

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

СЕМЬДЕСЯТ ПЯТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ГУАП
(18–22 апреля 2022 г.)

Часть 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сборник докладов



Санкт-Петербург
2022

УДК 001
ББК 72
С30

С30 Семьдесят пятая Международная студенческая научная конференция ГУАП (18–22 апреля 2022 г.): сб. докл.: в 4 ч. Ч. 1: Технические науки. – СПб.: ГУАП, 2022. – 344 с.
ISBN 978-5-8088-1738-8 (Ч. 1)
ISBN 978-5-8088-1737-1

Представлены доклады Семьдесят пятой Международной студенческой научной конференции ГУАП, прошедшей в апреле 2022 г.

Научные работы студентов ГУАП посвящены актуальным проблемам авиационного и аэрокосмического приборостроения, проблемам развития новых информационных технологий, радиотехники, электроники и связи, современным проблемам экономики, философии и права.

Под общей редакцией
доктора технических наук,
профессора *В. Ф. Шишлякова*

Редакционная коллегия конференции

Председатель редакционной коллегии:

В. Ф. Шишляков, доктор технических наук, профессор

Члены редакционной коллегии:

А. Р. Бестугин, доктор технических наук, профессор

А. В. Бобович, заместитель председателя совета УНИДС

А. С. Будагов, доктор экономических наук, доцент

Д. В. Ворновских, кандидат юридических наук, директор Ивангородского филиала ГУАП

К. В. Лосев, доктор экономических наук, профессор

Н. Н. Майоров, доктор технических наук, доцент

М. О. Самоловов, директор РИЦ

В. В. Скуратов, начальник Военного учебного центра при ГУАП

Т. Н. Татарникова, доктор технических наук, профессор

Е. А. Фролова, доктор технических наук, доцент

Н. А. Чернова, кандидат экономических наук

Ответственный секретарь редакционной коллегии *О. Ю. Багивева*

ISBN 978-5-8088-1738-8 (Ч. 1)
ISBN 978-5-8088-1737-1

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения, 2022

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Аэрокосмические измерительно-вычислительные комплексы

УДК 629.783

А. А. Аристов

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Введение

Перспективно использование группы малых космических аппаратов вместо классических спутников. Благодаря этому появляется возможность понизить стоимость проекта, использовать унифицированные конструкции для разных миссий, пополнять уже выведенные на орбиту созвездия.

Для управления таким созвездием необходимо использовать систему управления взаимной ориентацией микроспутников в группе. Для этого предполагается использовать систему относительной ориентации и навигации космического аппарата, работа которой основана на оптических методах.

Система «Курс»

Система «Курс» установлена на МКС. Представляет собой радиотехническую систему для осуществления взаимных измерений параметров движения для осуществления поиска, сближения, стыковки космических аппаратов. Имеет несколько модификаций. В составе системы находится также система технического зрения.

Система «Курс» состоит из следующих основных блоков:

- Аппаратура активного корабля. Это корабль, осуществляющий активное маневрирование.
- Аппаратура пассивного корабля. Это космическая станция, не совершающая активных маневров.

Характеристики системы «Курс» представлены в табл. 1 [1].

Таблица 1

Характеристики системы «Курс»

Параметр движения космического аппарата	Диапазон допустимых значений
Диапазон измерения дальности, м	от 0,2 до 500
Диапазон измерения скорости сближения, м/с	от -2 до +2
Диапазон измерения углов отклонения цели (мишени) от оси визирования (по Y и Z), град	от -5 до +5
Диапазон измерения углов взаимного крена (вокруг оси X) для дальности до 30 м, град	от -180 до +180
Диапазон измерения углов отклонения КА от оси визирования в системе координат стыковочного узла цели, град	от -5 до +5
Средняя квадратическая погрешность измерения дальности по уровню 3 σ должна быть не более:	

Параметр движения космического аппарата	Диапазон допустимых значений
– на дальности от 0,2 до 100 м, %	5
– на дальности от 100 до 500 м, м	3
Средняя квадратическая погрешность измерения скорости по уровню 3σ должна быть не более:	
– на дальности от 100 до 500 м ($v = \pm 1$ м/с), м/с	0,1
– на дальности от 20 до 100 м ($v = \pm 0,7$ м/с), м/с	0,05
– на дальности от 0,2 до 20 м ($v = \pm 0,2$ м/с), м/с	0,01
– за пределами указанных диапазонов (от текущего значения скорости), %	10
Средняя квадратическая погрешность измерения углов отклонения цели (мишени) от оси визирования по уровню 3σ должна быть не более, град	0,1
Средняя квадратическая погрешность измерения углов отклонения КА от оси визирования в системе координат стыковочного узла цели по уровню 3σ должна быть не более (на дальности от 0,2 до 30 м), град	0,3
Средняя квадратическая погрешность измерения углов взаимного крена по уровню 3σ должна быть не более (на дальности от 0,2 до 30 м), град	0,3
Частота выдачи информации в СУБК ПТК, Гц	5
Временная задержка выдачи информации, с	0,2

Алгоритм Efficient Perspective n Points

Для решения задачи относительной ориентации и навигации космических аппаратов в группе предлагается использовать метод Efficient Perspective n Points (EPnP). Этот алгоритм позволяет определить положение объекта с помощью оптических меток и одной камеры. Для осуществления измерений необходимо знать характеристики камеры и положение меток на втором объекте. В основе рассматриваемого метода лежит уравнение [2]:

$$sp = A[C | t]P_w, \quad (1)$$

где s – произвольное масштабирование проективного преобразования (не зависит от параметров камеры); p – координаты $[u, v]$ пикселя в плоскости изображения; A – внутренняя матрица камеры; C – вращение системы координат относительно мировой системы координат; t – перемещение системы координат относительно мировой системы координат; P_w – точка в пространстве, выраженная относительно мировой системы координат.

Внутренняя матрица камеры описывает параметры камеры и имеет следующую структуру [3]:

$$A = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где f_x, f_y – фокусные расстояния камеры по двум осям; c_x, c_y – основные точки (близки к центру изображения).

На ведомом спутнике предполагается разместить инфракрасные светодиоды. Для определения наблюдаемой грани возможно использовать уникальное расположение светодиодов, мигание светодиодов с различными периодами. По изображению можно определить координаты центров меток на изображении (в пикселях) и рассчитать положение тела в пространстве, решив систему уравнений [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} u_i \\ v_i \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} f_x \left(\frac{X_{c_i}}{Z_{c_i}} \cdot \frac{1+k_1r_i^2+k_2r_i^2+k_3r_i^2}{1+k_4r_i^2+k_5r_i^2+k_6r_i^2} + 2p_1 \frac{X_{c_i}Y_{c_i}}{Z_{c_i}^2} + p_2 \left(r_i^2 + 2 \left(\frac{X_{c_i}}{Z_{c_i}} \right)^2 \right) + s_1r_i^2 + s_2r_i^4 \right) + c_x \\ f_y \left(\frac{Y_{c_i}}{Z_{c_i}} \cdot \frac{1+k_1r_i^2+k_2r_i^2+k_3r_i^2}{1+k_4r_i^2+k_5r_i^2+k_6r_i^2} + p_1 \left(r_i^2 + 2 \left(\frac{Y_{c_i}}{Z_{c_i}} \right)^2 \right) + 2p_2 \frac{X_{c_i}Y_{c_i}}{Z_{c_i}^2} + s_3r_i^2 + s_4r_i^4 \right) + c_y \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{l} X_{c_i} \\ Y_{c_i} \\ Z_{c_i} \end{array} \right] = [C | t] \left[\begin{array}{l} X_{w_i} \\ Y_{w_i} \\ Z_{w_i} \\ 1 \end{array} \right] \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где i – номер метки (всего меток 3 или больше); X_w, Y_w, Z_w – координаты i -й метки в мировой системе координат; X_c, Y_c, Z_c – координаты i -й метки в связанной с камерой системе координат; $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ – коэффициенты радиальной дисторсии, зависящие от камеры; p_1, p_2 – зависящие от камеры коэффициенты тангенциальной дисторсии; s_1, s_2, s_3, s_4 – зависящие от камеры коэффициенты призматической дисторсии; r_i^2 – отношение квадрата расстояния между пикселем маркера на изображении и началом координат изображения и расстояния до маркера.

Дисторсия – это абберация оптических систем, при которой коэффициент линейного увеличения изменяется при удалении отражаемых предметов от оптической оси. Из-за дисторсии наблюдается искажение формы объекта на изображении, геометрические аномалии, искривления [4]. Явление дисторсии наблюдается по различным причинам, таким как погрешности линзы при изготовлении, механические повреждения, геометрические искажения линзы под влиянием иных внешних факторов (например, изменение температуры, влажности). Для компенсации возникающих ошибок вычисляются поправочные коэффициенты. Также возможно уточнение этих коэффициентов при проведении калибровки.

Преимущества алгоритма EPnP:

- Линейная сложность $O(n)$.
- Работоспособность при использовании лишь одной камеры.

Недостатки алгоритма EPnP:

- Необходимость дополнительной обработки и фильтрации результатов измерений.
- Необходимость определения параметров камеры с высокой точностью.

Использование этого алгоритма позволяет уменьшить нагрузку на бортовой вычислитель, что позволяет повысить быстродействие системы. Однако из-за необходимости фильтрации результатов измерений необходимо использовать программные или аппаратные средства для компенсации погрешностей, что приводит к повышению нагрузки на вычислитель. Таким образом, необходимо найти баланс между быстродействием системы и требуемой точностью результатов измерений.

Заключение

В статье рассмотрены системы относительной ориентации и навигации космического аппарата с использованием оптических методов. Существующие системы позволяют определять положение ведомого спутника на большом диапазоне расстояний, при значительных угловых скоростях и ускорениях. Системы, основанные на новых методах, позволяют достигнуть требуемых точностных характеристик и быстродействия при снижении нагрузки на бортовой вычислитель.

Библиографический список

1. Оптические системы помощи при стыковке космических аппаратов. URL: <http://ofo.ikiweb.ru/razrabotki/nk-stykovka.html> (дата обращения: 21.03.2022).
2. Skrypnik I., Lowe D. G. Scene modelling, recognition and tracking with invariant image features // International Symposium on Mixed and Augmented Reality. Arlington, VA. November 2004. P. 110–119.

3. Camera Calibration and 3D Reconstruction. URL: https://docs.opencv.org/3.4/d9/d0c/group_calib3d.html (дата обращения: 15.12.2021).

4. Волосов Д. С. Оптические aberrации объективов. Глава II // Фотографическая оптика. 2-е изд. М.: Искусство, 1978. С. 91–234.

УДК 629.782

Ж. А. Вихарева

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МАКЕТ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ФОРМАТА CANSAT С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЯЕМОГО СПУСКА

Введение

Соревнования CanSat созданы по инициативе Европейского космического агентства для популяризации темы авиации и космоса среди молодежи.

CanSat – это имитация реального спутника, помещенного в объем банки газированного напитка. Задача участников состоит в том, чтобы уместить в нее основные подсистемы спутника, такие как датчики, система энергопитания и связи в этот небольшой объем. Затем CanSat запускается на высоту нескольких сотен метров с помощью ракеты и отстреливается из нее. Только тогда начинается научная миссия: провести научный эксперимент и совершить безопасную посадку. Кроме базовой задачи участникам так же предоставляется возможность проявить креативность и расширить задачи миссии по их усмотрению.

Моделирование малого космического аппарата формата CanSat с контролируемой системой спуска

Помимо обязательной миссии любого соревновательного CanSat в виде измерения давления и температуры, предлагаемый макет малого летательного аппарата предназначен для управляемого падения в заданную точку, например, в точку старта.

После отстрела аппарата из ракеты при помощи специальных аэродинамических рулей меняет траекторию падения [1]. Интересной особенностью данной задачи можно отметить необходимость раскрыть парашют как можно позже. Большая же часть миссии должна протекать без его раскрытия, что не свойственно для большинства макетов CanSat.

Предполагается, что на ракете аппарат поднимется на высоту 1 км и при помощи аэродинамических рулей (рис. 1) скорректируется точка его приземления. При этом будут непрерывно проводиться измерения высоты, давления и температуры воздуха. Эти данные будут записываться на SD-карту, встроенную в CanSat.

Отклоняющая сила [2] одного аэродинамического руля рассчитывается по формуле:

$$F = C \cdot \frac{\rho V^2}{2} \cdot S \cdot \cos \alpha, \quad (1)$$

где C – аэродинамический коэффициент руля; ρ – плотность воздуха; V – скорость движения аппарата; S – площадь руля; α – угол между рулем и вектором набегающего потока воздуха.

Аэродинамический коэффициент руля можно найти только эмпирическим путем. CanSat в качестве испытаний будет спускаться несколько раз, таким образом можно вычислить аэродинамический коэффициент руля [2].

Система раскрытия парашюта (рис. 1): движущим элементом системы является серводвигатель SG90. Данная модель серводвигателя способна вытолкнуть парашют для приземления из кожуха менее чем за 1 секунду.

Алгоритм работы аппарата следующий (рис. 2). Перед стартом ракеты в память CanSat вносятся данные о положении стартовой площадки. На протяжении всего времени полета ракеты происходит фиксация изменения положения аппарата в пространстве [3].

После подъема на высоту и отстрела из ракеты запускается сбор данных о состоянии атмосферы: температура, давление и влажность. Параллельно с этим происходит высвобождение аэродинамических рулей, после чего с их помощью в автоматическом режиме CanSat возвращается к норме из точки запуска ракеты.

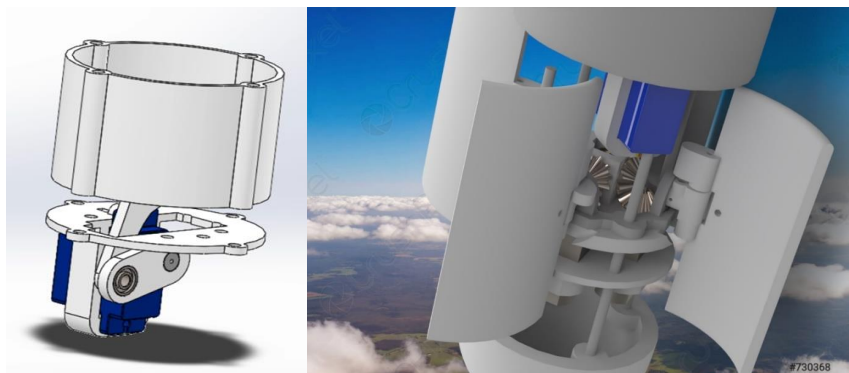


Рис. 1. Система раскрытия парашюта, система раскрытия и поворота аэродинамических рулей

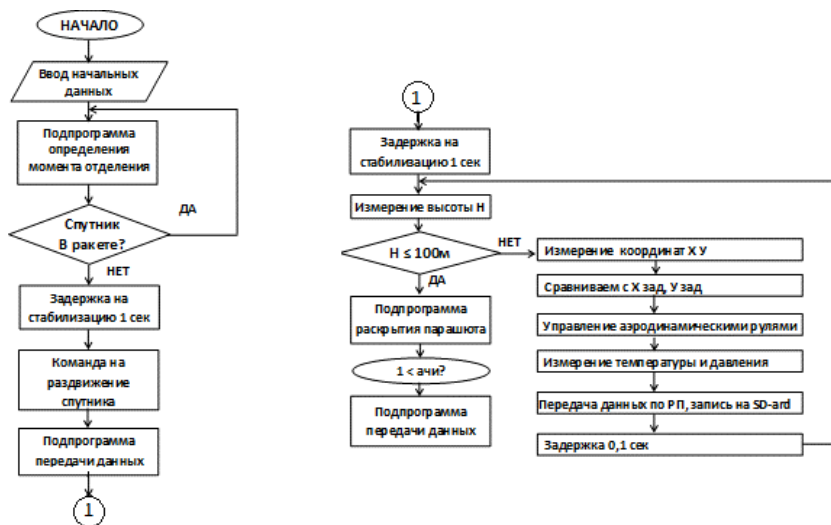


Рис. 2. Блок-схема, описывающая алгоритм работы аппарата

Вне зависимости от достижения цели на заданном расстоянии от земли срабатывает система раскрытия парашюта для сохранения летательного аппарата и полученных данных.

Заключение

По итогам проведенной работы сделано 3D-проектирование составных деталей корпуса аппарата в программном комплексе SolidWorks. Произведена компоновка места под полезную нагрузку. Разработан алгоритм работы малого космического аппарата CanSat и система раскрытия парашюта, которая поможет сохранить при спуске его целостность. Изготовлен макет, большая часть деталей которого распечатана на 3D-принтере.

Библиографический список

1. Карман Т. Аэродинамика. Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2001. С. 73.
2. Краснов Н. Ф. Аэродинамика. Ч. 1. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла: учебник. М.: Высшая школа, 1976. С. 271.
3. Краснов Н. Ф. Аэродинамика. Ч. 2. Методы аэродинамического расчета: учебник. М.: Высшая школа, 1980. С. 172.

УДК 621.001

П. В. Волокитин

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В СОСТАВЕ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Введение

В современной космической отрасли малые космические аппараты являются площадкой для различных научно-технических исследований, активно проводимых в различных областях науки и техники.

Однако есть ряд причин дальнейшего развития и разработки в этой области:

- технология технического зрения не имеет обширного применения в различных задачах этой отрасли;

- относительная доступность технологии в сравнении с большими спутниками;

- тенденция к миниатюризации новых и существующих технологий.

Целью работы является проведение конструкторско-техническую и экономическую подготовку проекта системы технического зрения, которую можно использовать в составе бортового оборудования для малых космических аппаратов.

Области применения технического зрения в задачах космического аппарата

Дистанционное зондирование земли. Компания Planet с 2014 г. осуществляет проект целью которого является ежедневное получение изображения поверхности земли в высоком разрешении. Для этого была создана группировка из 200 малых спутников Flock и SkySat. Спутники выполнены по стандарту 3U Cubesat, имеют плотную компоновку, которая позволила установить телескопический объектив для получения изображения и его обработки [1].

Конструирование. Российская компания BimAR System предлагает использовать технологию технического зрения для оптимизации различных задач в космическом пространстве. Камера распознает цифровые маркеры и разработанные алгоритмы позволяют определить их взаимное расположение в пространстве и расстояние между ними с высокой точностью. Компания проводит разработку такой системы для выполнения различных задач [2]:

- монтаж элементов космического аппарата;

- определение расстояния для ориентации и стыковки космических аппаратов.

Таблица 1

Технические характеристики системы «Видеометр»

Параметр	Значение
Диапазон измерения дальности, м	от 0,2 до 500
Диапазон измерения скорости сближения, м/с	от -2 до +2
Диапазон измерения углов отклонения цели (мишени) от оси визирования (по Y и Z), град	от -5 до +5
Диапазон измерения углов взаимного крена (вокруг оси X) для дальности до 30 м, град	от -180 до +180
Диапазон измерения углов отклонения КА от оси визирования в системе координат стыковочного узла цели, град	от -5 до +5

Выделяется ряд преимуществ данной системы:

- возможность использования недорогостоящих камер;
- заявленная точность изменений до 2 мм;
- возможность оперативного исправления ошибок.

Стыковка космических аппаратов. С 1986 г. стыковка космических аппаратов происходит посредством радиотехнической системы «Курс» с разными вспомогательными элементами. Одним из решений модернизации является система «Видеометр», предложенная отделом оптико-физических исследований Института космических исследований. Принцип работы заключается в распознавании определенных мишеней на корпусе КА с помощью изображения с видеокамеры, установленной на активном элементе [3]. Ниже представлены заявленные характеристики системы (табл. 1).

Результаты анализа

1. Формат CubeSat имеет преимущество с экономической точки зрения.
2. Техническое зрение применимо к разным задачам.
3. Задача сближения и стыковки МКА мало изучено.

Основные этапы применения технического зрения в задаче сближения и стыковки

1. Оптический метод взаимной ориентации при сближении МКА.
2. Фокус работы на этапе сближения МКА.
3. Определение точностных характеристик и методов их оптимизации.

Использование технологии стыковки существующих КА.

В ходе анализа различных систем технического зрения были определены некоторые технические критерии, необходимых для дальнейшей разработки:

- Расстояние между КА до 30 м.
- Орбита запуска 400–450 км (МКС).
- Погрешность определения мишени 2 мм.
- Диапазон изменения скорости сближения ± 2 м/с.

Дальнейшие этапы реализации системы

1. Разработка состава и структуры инженерно-вычислительного комплекса.
2. Математическое и компьютерное моделирование сближения космических аппаратов.
3. Расчет экономической обоснованности проекта.

Заключение

По итогам проведенного анализа ясно, что система требует тщательной проработки и проведения экспериментальной части разработки для ее полноценной реализации.

Библиографический список

1. Flock – Spaceflight101. URL: <https://spaceflight101.com/flock/> (дата обращения: 11.04.2022).
2. BIMAR SYSTEM – контроль и управление. URL: <https://bimar.pro> (дата обращения: 28.04.2022).
3. Оптические системы помощи при стыковке космических аппаратов. URL: <http://ofo.ikiweb.ru/razrabotki/nk-stykovka.html> (дата обращения: 16.04.2022).

УДК 621.001

А. О. Дробинина

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ И ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

Введение

Космическая отрасль имеет масштабное значение в истории человечества. Неотъемлемой частью космической промышленности являются малые космические аппараты (МКА). Они положили начало в ее освоении, и по сей день область их применения стремительно развивается, благодаря технологическому прогрессу. Для высококачественной функциональности искусственного спутника важно учитывать задачу его ориентации и траекторного управления. И исследование этого вопроса рассмотрено в этой работе, а именно анализ существующих силовых установок с характеристиками, позволяющими реализовать перспективный проект силовой установки, который возможно было бы использовать в бортовом составе оборудования для космического аппарата малых размеров.

Силовая установка и ее типы

Для начала разберемся что такое силовая установка: она подразумевает под собой энергетический комплекс, формирующий механическую энергию посредством взаимодействия двигательной установки и ее вспомогательного оснащения [1].

И вот ряд задач силовой установки для МКА:

- ориентация относительно других космических аппаратов (КА) или объектов солнечной системы, например, необходима для поддержания одинакового расстояния связи нескольких спутников относительно друг друга или же поддержания нужного положения относительно солнца для зарядки солнечных батарей;
- построение точной траектории полета по пути заданной миссии;
- маневрирование в случаях дополнительной корректировки из-за непредвиденных ситуаций и др.

Для высокого кпд работы малого космического аппарата необходим подбор ДУ с наиболее подходящими параметрами, которые отличались бы не только необходимой мощностью, но и малыми габаритами, массой и экономически выгодными характеристиками. В целом эти параметры должны учитывать большое количество разнообразных и часто противоречивых требований.

В настоящее время существует несколько типов двигательных установок для космических аппаратов. Из-за большого разнообразия конструктивных особенностей двигательных установок для малых космических аппаратов, не существует их *определенной* классификации, но их можно условно разделить на три группы:

- двигатели на химическом топливе;
- двигатели на сжатом газе;
- электрические двигатели.

Типы силовых установок: химический двигатель

Химический ракетный двигатель – это ракетный двигатель, в котором используется химическое топливо для создания тяги. И на сегодняшний день является наиболее освоенным и применяемым типом двигателей для КА [2].

Подразделяют на жидкостные ракетные двигатели (ЖРД), ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ), гибридные ракетные двигатели (ГРД).

Сравним их между собой в табл. 1.

Характеристики химических двигателей в зависимости от их типа

Тип двигателя	ЖРД	РДТТ	ГРД
Удельный импульс	От 4500 м/с и выше	От 2000 до 3000 м/с	Теоретически более высокий импульс, посредством добавления в топливо порошка химически активных металлов (большой импульс в случае накопления большого количества окислителя)
Конструкция	Возможна	Невозможна (Горение практически невозможно приостановить)	Возможна
Стоимость			
Дозаправка			
Руление			
Экологичность			
Управляемость (регулирование тяги, остановка и перезапуск двигателя)			

Типы силовых установок: двигатель на сжатом газе

Одним из самых простых ракетных двигателей малой тяги являются двигатели на сжатом газе, рабочим телом которых является соответственно газ, поступающий под высоким давлением из баллонов или получаемый испарением жидких или твердых веществ.

Применяется не только для двигателей малых тяговых мощностей, но также и для систем ориентации, управления пространственным положением КА, так как в этих системах не требуется большая мощность двигательной установки [3].

Рассмотрим достоинства и недостатки данного вида ракетного двигателя в табл. 2.

Таблица 2

Достоинства и недостатки двигателей на сжатом газе

Достоинства	Недостатки
Простая конструкция, которая позволяет проектировать относительно небольшие КА	Невысокая экономичность (проявляется только в условиях использования больших значений суммарного импульса тяги)
Высокое быстродействие	Максимальная тяга двигателя холодного газа зависит от давления в резервуаре для хранения
Высокая стабильность для малых значений тяги и единичных импульсов тяги	Не производит высокую тягу, в сравнении с горючими ракетными двигателями
Относительно высокая надежность	Есть возможность появления утечки топлива, так как невозможно создать стопроцентно герметичную систему с клапанами
Возможный длительный срок эксплуатации в связи с неагрессивностью и стабильностью применяемых рабочих тел	

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Достоинства	Недостатки
Простая эксплуатация (менее подвержена отказам, чем традиционный ракетный двигатель)	
Малая стоимость изготовления	
Используются одни из самых безопасных видов топлива	

Типы силовых установок: электрический двигатель

Электрический двигатель (ЭД) работает за счет электрической энергии, которая направлена в кинетическую энергию частиц, т. е. тяга создается ускорением электрическим или же магнитным полем заряженных частиц или плазмы [4]. По механизму ускорения подразделяется на три механизма:

- Тепловой.
- Электростатический.
- Электромагнитный.

По принципу действия – на четыре класса двигателей:

– Электротермические (электронагревные, электродуговые, индукционные). Тепловая энергия газа превращается в линейное движение этих молекул в сопле двигателя, создавая тягу.

– Электростатические (ионные и коллоидные). Ускорение достигается за счет силы Кулона с использованием статического электрического поля в направлении ускорения.

– Электромагнитные/плазменные (холловские и магнитоплазмотермические). Ускорение достигается за счет силы Лоренца или эффекта электромагнитных полей, с несопадающим направлением ускорения и электрического.

– Импульсные плазменные (абляционные и лазерные). Используется кинетическая энергия газа, которая образована при испарении твердого тела в электрическом разряде.

Ионные и холловские отличаются относительно высокими характеристиками удельного импульса и КПД. На малых космических аппаратах в основном используются плазменные, электротермические и импульсные плазменные двигатели.

При меньших показателях тяги (в сравнении с другими типами двигателей) ЭД способен к разгону космического аппарата до больших скоростей при тех же массовых характеристиках топлива. Двигатели перспективны благодаря этой способности и высокому КПД эксплуатации рабочего вещества. Ниже в табл. 3 подробнее рассмотрены преимущества, а также недостатки электрических двигателей [5].

Таблица 3

Преимущества и недостатки ЭД

Преимущества	Недостатки
Высокий показатель удельного импульса, верхний предел которого практически не ограничен	Высокий уровень потребления электроэнергии
Возможность регулирования в широких пределах выходных характеристик	Сложность конструкции
Приемлемые значения массы и габаритов	Большая стоимость некоторых видов топлива
Возможность малой величины единичного импульса тяги	Малоизучены и большинство находятся только в процессе разработки
Высокая точность дозирования импульсов	
Возможность поддержания точной орбиты и выполнение особо точной ориентации	
Малый расход топлива (рабочего тела)	
Возможность длительной эксплуатации	

Результат сравнительного анализа

Проведя сравнительный анализ характеристик силовых установок для МКА, наиболее перспективным оказался электроракетный тип двигателя, так как его внедрение может решить актуальную на сегодняшний день задачу: увеличения срока активного существования с надежностью и точностью высокого уровня.

Библиографический список

1. Силовая установка // Большая советская энциклопедия / А. М. Прохоров. 3-е издание. Большая советская энциклопедия, 1976. Т. 23. С. 368–640 с.
2. Модуль 3. Двигательные установки космических аппаратов, их классификация. Маршевые жидкостные ракетные двигатели КА // tdla.ssau. URL: <http://tdla.ssau.ru/uop/vvedrd/module3.pdf> (дата обращения: 14.03.2022).
3. Модуль 4 Двигательные установки реактивных систем управления космических аппаратов. // tdla.ssau. URL: <http://tdla.ssau.ru/uop/vvedrd/module4.pdf> (дата обращения: 20.03.2022).
4. Модуль 5. Электроракетные двигательные установки космических аппаратов. // tdla.ssau. URL: <http://tdla.ssau.ru/uop/vvedrd/module3.pdf> (дата обращения: 20.03.2022).
5. Кульков В. М., Обухов В. А., Егоров Ю. Г., Белик А. А., Крайнов А. М. Сравнительная оценка эффективности применения перспективных типов электроракетных двигателей в составе малых космических аппаратов [Научная статья из журнала] // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева (национального исследовательского университета). 2012.

УДК 629.782

Н. О. Еременко

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОНТРОЛИРУЕМОГО ПАДЕНИЯ СПУТНИКА ФОРМАТА CANSAT

Введение

Контроль падения аппарата позволит приземлить его в заданной области, что актуально для его дальнейшего поиска и большей безопасности приземления.

В данной статье будет приведено теоретическое решение проблемы управления аппаратом в полете. Для этого данная проблема разбита на две подзадачи: навигацию и ориентацию.

Силы, действующие на аппарат

Сперва определим, каким образом возможно влиять на падение аппарата.

Для ориентации используются аэродинамические рули в основании аппарата. Возьмем их количество равным четырем, поскольку управление именно таким рулем проще всего в реализации.

Создаваемая рулем сила F определяется по формуле [1]:

$$F = c \alpha \frac{\rho V^2}{572T} S, \quad (1)$$

где S – площадь руля; V – скорость набегающего потока; ρ – давление набегающего потока; T – его температура; c – коэффициент аэродинамической силы. Определять его следует экспериментально; α – угол атаки руля.

До некоторого угла атаки коэффициент аэродинамической силы возрастает линейно, а после прирост коэффициента начинает резко снижаться вплоть до критического угла атаки $\alpha_{кр}$, при котором наблюдается срыв потока. Данное значение $\alpha_{кр}$ учтем в программе ориентации как предельное.

Тогда угловое ускорение, приобретаемое аппаратом, определяется как следующая функция:

$$\varepsilon(\alpha) = c \alpha \frac{\rho V^2}{572T} S n \frac{r}{J}, \quad (2)$$

где n – количество рулей, участвующих в повороте (2 для рысканья и тангажа, 4 для крена); r – расстояние от руля до центра масс для рысканья и тангажа, от руля до продольной оси для крена; J – момент инерции вокруг соответствующей оси.

Навигация

Навигация производится путем интегрирования угловых скоростей в каждой из плоскостей [2]:

$$\varphi(t) = \int_0^t \omega dt, \quad (3)$$

где t – время с момента запуска; ω – угловая скорость; φ – текущий угол ориентации аппарата в соответствующей плоскости, получаемый с ДУС.

Для ориентации требуется знать направление к цели φ_t и расстояние S_t до нее, что определяется посредством GPS и компаса. Курс к цели определяется как:

$$\Delta\varphi_x = \varphi_x - \varphi_t, \quad (4)$$

где φ_x – крен.

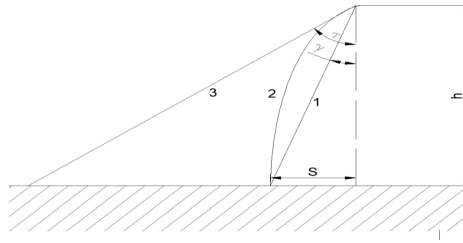


Рис. 1. Расчетная траектория падения

Аппарат не может лететь к цели по прямой (1); предпочтительная для него траектория (2) есть кривая. Соответственно, аппарат должен быть ориентирован по касательной (3) к этой кривой, имеющей угол к вертикали, определяемый по формуле:

$$\tau = k \cdot \operatorname{atg}\left(\frac{S_t}{h}\right), \quad (5)$$

где k – некий коэффициент, $k > 1$; h – высота аппарата, определяемая барометрическим путем как: [3]

$$h = \frac{RT}{Mg} \ln\left(\frac{P_0}{P}\right), \quad (6)$$

где M – молярная масса воздуха; g – ускорение свободного падения; P_0 – давление на уровне моря; P – статическое давление.

Ориентация

Спроецируем τ на плоскости рысканья и тангажа аппарата – $\Delta\varphi_y$ и $\Delta\varphi_z$ соответственно:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_y &= \tau \cdot \cos(\Delta\varphi_x), \\ \Delta\varphi_z &= \tau \cdot \sin(\Delta\varphi_x). \end{aligned} \quad (7)$$

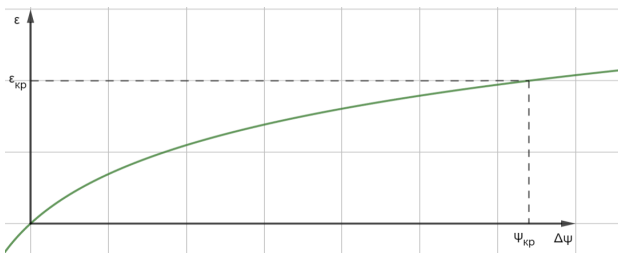


Рис. 2. Схематическое изображение зависимости угловой скорости от целевого угла

Для плавного управления и недопущения потери устойчивости угловое ускорение, создаваемое рулем, зависит от угла поворота или угловой скорости в случае вращения нелинейно:

$$\begin{aligned} \varepsilon_\tau(\Delta\varphi_\tau) &= b \cdot \ln(a \cdot \Delta\varphi + 1) \cdot \operatorname{sgn}(\Delta\varphi), \\ \varepsilon_x(\Delta\varphi_x) &= b' \cdot \ln(a' \cdot \omega_x + 1) \cdot \operatorname{sgn}(\omega_x), \end{aligned} \quad (8)$$

где ε_τ – угловое ускорение рысканья или тангажа; $\Delta\varphi_l$ – угол поворота по рысканью или тангажу; a, a', b, b' – некие коэффициенты, которыми настраивается зависимость углового ускорения от угла курса $\Delta\varphi$ или угловой скорости крена ω_x . Подбираются таким образом, чтобы угловое ускорение не превышало некое критическое значение $\varepsilon_{кр}$, определяемое как:

$$\varepsilon_{кр} = \varepsilon(\alpha_{кр}). \quad (9)$$

Определим угол поворота руля:

$$\alpha(\varepsilon) = 572 \frac{TJ\varepsilon}{\rho V^2 c S n r}. \quad (10)$$

Учтем, что противоположные рули поворачиваются на противоположный угол:

$$\begin{aligned} \alpha_{y1} &= -\alpha_{y2}, \\ \alpha_{z1} &= -\alpha_{z2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Учтем, что вращение вокруг продольной оси и поворот происходят одновременно:

$$\bar{\alpha} = \bar{\alpha}_\tau + \bar{\alpha}_x. \quad (12)$$

Алгоритм управления можно описать так:

1. Считать с ДУС угловую скорость.
2. Проинтегрировать угловую скорость (3).
4. Определить направление к цели (4).
5. Определить курс к цели (5) (6).
6. Определить проекции на оси аппарата (7).
7. Определить целевую угловую скорость (8).
8. Определить углы поворота рулей (10) (11) (12).

Заключение

В статье приведено теоретическое решение задачи контролируемого падения аппарата. Для его практического применения требуется определить аэродинамические коэффициенты аппарата и его оперения, момент инерции, подобрать коэффициенты для построения требуемой траектории спуска и зависимости угловой скорости аппарата от требуемого угла поворота или угловой скорости в случае его вращения вокруг оси; а также написать соответствующее программное обеспечение для конкретного аппарата.

Библиографический список

1. Аронин Г. С. Практическая аэродинамика. М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1962.
2. Соловьев В. И., Шабалов П. Г. Инерциальные навигационные системы. М.: Издательство СГАУ, 2011.
3. Кучерявый А. А. Авионика: учеб. пособие. М.: Лань, 2016.

УДК 629.782

В. А. Ильченко

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ МАКЕТА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ФОРМАТА CANSAT

Введение

В 1999 г. в США прошел первый конкурс CanSat, ставший с тех пор очень популярным за рубежом. Название конкурса говорит о том, что должны сделать его участники. Это макет настоящего спутника, заключенный в обычной банке из-под газировки. Своего рода, спутник в банке (satellite in a can).

Участники конкурса должны уместить все основные системы спутника, такие как система электропитания и передачи телеметрической информации, а также полезную нагрузку, в 350 грамм.

После отделения от ракеты или аэростата CanSat должен провести измерения, передать их на станцию приема, также созданную конкурсантами, и приземлиться на парашюте.

Разрабатываемый спутник предназначен для исследования параметров атмосферы, а также отработки системы спасения и энергопитания.

Измерение параметров атмосферы является обязательной составляющей любого CanSat, участвующего в соревнованиях, поэтому ее отработка очень важна.

Цели и задачи проекта

Целью является разработка и изготовление печатной платы для системы управления макетом малого космического аппарата формата CanSat.

Задачи, поставленные для выполнения:

- подбор необходимого электронного оборудования;
- расчет энергозатрат при работе всех систем спутника;
- проектирование и изготовление печатной платы.

Состав макета и выбор аппаратуры

CanSat включает в себя три платы:

- плата микроконтроллера;
- плата датчиков;
- плата приемопередатчика.

А также батарею питания. Все вышеперечисленные элементы располагаются на специально проектируемых печатных платах.

Соединение плат между собой осуществляется проводами (кабелями), которые изготавливаются непосредственно участниками соревнования.

Микроконтроллер – основа разрабатываемого устройства, от которого полностью зависит его работа. В результате была выбрана система Arduino Nano.

Это небольшая, полнофункциональная отладочная плата, адаптированная для работы с макетными платами, построенная на базе микроконтроллера ATmega328 (Arduino Nano 3.x) или Atmega168 (Arduino Nano 2.x).

Плюсы:

- простота использования;
- наличие большого количества доступных библиотек и программ;
- исчерпывающий функционал.

Минусы:

- размеры платы больше отдельно взятого микроконтроллера;
- ограниченный функционал микроконтроллера.

В рамках проекта, спутник должен проводить измерения следующих параметров:

- давление;
- влажность;
- температура внутри и снаружи;
- ускорение;
- ориентация в пространстве;
- скорость.

Для осуществления всех необходимых измерений были выбраны следующие компоненты:

- цифровой датчик температуры – DS18B20 [1];
- модуль с гироскопом, акселерометром и термометром на базе микросхемы MPU-6050 – GY-521 [2];
- радиомодуль – HC-12 [3];
- высокоточный метеодатчик – BME280 [4].
- сервопривод – MGS-90 [5].
- модуль памяти – SD card module [6].
- плата – Arduino nano [7].

Токопотребление всех компонентов указано в табл. 1.

Таблица 1

Токи потребления компонентов

Компонент	DS18B20	GY-521	HC-12	BME280	MGS-90	SD card module	Arduino nano
Ток	1,5 mA	3,9 mA	100 mA	3,9 mA	150 mA	80 mA	20 mA

Таким образом, общее токопотребление $I = 359,3$ мА.

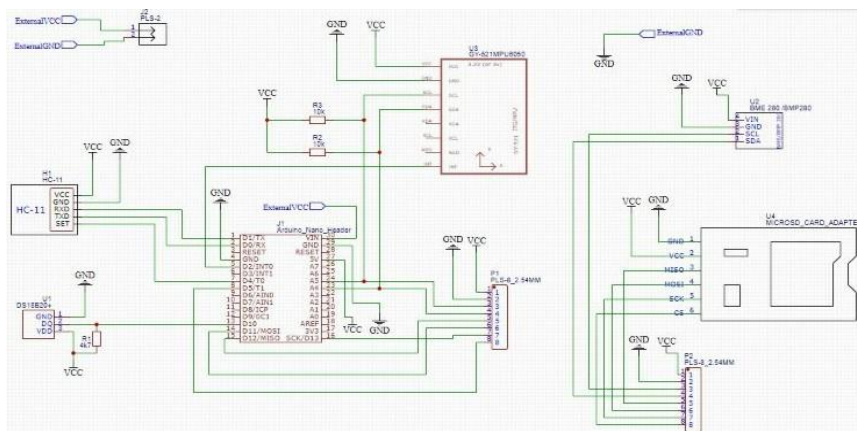


Рис. 1. Принципиальная схема платы управления

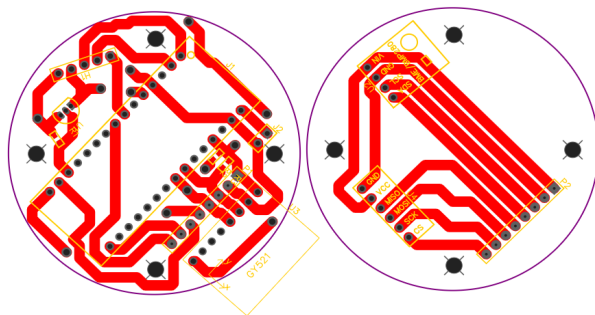


Рис. 2. Трассировка платы управления

Заключение

В ходе работы была выбрана подходящая аппаратура, разработана и изготовлена демонстрационная версия печатной платы. В дальнейшем предстоит выбрать элемент питания и собрать опытный образец.

Библиографический список

1. All Datasheet. URL: <https://html.alldatasheet.com/htmlpdf/58557/DALLAS/DS18B20/4459/24/DS18B20.html> (дата обращения: 10.01.2022).
2. Haoyu Electronics. URL: <http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/GY-521/mpu6050.pdf> (дата обращения: 15.02.2022).
3. Elecrow. URL: <https://www.elecrow.com/download/HC-12.pdf> (дата обращения: 17.02.2022).
4. Ae-Bst. URL: https://ae-bst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BME280-DS002.pdf (дата обращения: 11.03.2022).
5. All Datasheet. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/895340/MACOM/MGS901.html> (дата обращения: 14.03.2022).
6. Iarduino. URL: <https://iarduino.ru/shop/Expansion-payments/sd-card-module-dlya-arduino.html> (дата обращения: 19.03.2022).
7. Arduino. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (дата обращения: 21.03.2022).

УДК 629.053

Е. С. Крючков

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО МАКЕТА РОБОТИЗИРОВАННОЙ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Введение

Сложно представить жизнь человека будущего без использования роботов, которые везли бы на себе то, что он сам не смог унести. Уже сейчас роботы становятся частью жизни людей, так что совсем скоро, человечество сможет использовать их для упрощения повседневных дел.

Для решения поставленной задачи, а именно создание платы управления демонстрационного макета роботизированной грузовой платформы, необходимо было разобраться в следующих вопросах: способ передачи данных между управляющим устройством и платформой, метод измерения координаты телескопической системы роботизированной платформы, подбор элементов и компонентов.

Выбор способа передачи данных

Во время решения этой задачи было рассмотрено четыре способа передачи данных, а именно: Bluetooth, Wi-Fi, проводная передача и радиопередача. Рассмотрим достоинства и недостатки каждого способа для того, чтобы определиться с оптимальным.

Bluetooth

Основным достоинством данного способа передачи данных является универсальность и большое разнообразие модулей, адаптированных под разные задачи, также к достоинствам данного способа стоит отнести невысокую стоимость модулей. Однако расстояние, на которых может работать платформа крайне мало и ограничивается парой метров в условиях непосредственной эксплуатации, данный факт делает невозможным передачу этим способом. Стоит сказать, что есть Bluetooth-устройства, которые могут передавать данные на большие расстояния, однако их стоимость высока, к тому же они появляются на рынке только сейчас, и говорить об их долговечности надо с осторожностью. Также к недостаткам отнесем высокое энергопотребление таких устройств. Таким образом, передача по Bluetooth не подходит.

Wi-Fi

Несомненным плюсом данного способа является высокая скорость передачи данных, а также работа на расстояниях, которые удовлетворяют поставленным задачам. Однако высокое энергопотребление таких модулей создает сложности при автономном использовании платформы, так как резко сокращается время работы без подзарядки устройства. Это условие создаст сложности при дальнейшей разработке и программировании платформы.

Проводная передача

Как и в прошлом случае мы имеем высокую скорость передачи данных, а также расстояние, на которых может работать наша платформа, ограничивается лишь длиной провода. Однако именно из-за этого провода автономность устройства полностью нивелируется, что делает невозможным использование данного способа.

Радиопередача

Главным недостатком данного способа является низкая передача данных (не более нескольких килобайт в секунду), однако сразу оговоримся, что этой скорости вполне хватит для передачи сигналов управления платформой, так что это никак не скажется на работе нашей системы. Ну а к достоинствам способа можно отнести высокую дальность и низкое энергопотребление, что даст возможность автономного использования разрабатываемой платформы [1].

Таким образом, способом передачи данных для нашей платформы будет являться радиопередача.

Выбор метода измерения координаты телескопической системы роботизированной платформы

Главными условиями, по которым выбирался метод были: низкое энергопотребление, относительно высокая точность определения и простота монтажа такой системы в роботизированную платформу. Были рассмотрены следующие методы измерения: резистивный, метод измерения посредством дальномера, использования счетчика оборотов и метод, основанный на применении датчиков Холла.

Резистивный метод

Данный метод основывается на установлении зависимости между протекающим током через телескопические трубки и измеряемой длиной. Таким образом, нет необходимости в использовании дополнительных устройств для измерения. Однако эксплуатация такого метода повлечет за собой увеличение трат энергии, а также создаст неточность измерения при такой реализации метода. Таким образом этот метод не подходит для применения в платформе [2].

Метод измерения посредством дальномера

Неоспоримым достоинством такого способа является высокая точность, благодаря непосредственному измерению. Однако сложность монтажа дальномера, а также высокая стоимость таких устройств делает невозможным его использование в платформе.

Использование счетчика оборотов для измерения

Данный метод основывается на измерении расстояния через косвенное измерение числа оборотов, что дает нам возможность простого математического описания процесса. Однако, стоит отметить, что при таком измерении погрешность становится большой, в шаг резьбы вала. Этот недостаток ставит под вопрос использование данного метода в проекте.

Измерение координаты, посредством датчиков Холла

Данный метод основывается на измерении угла поворота резьбового вала посредством измерения напряженности магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом. Главным недостатком такого метода служит сложный математический аппарат, однако простота монтажа, низкое потребление энергии и относительно-высокая точность делает данный метод измерения самым подходящим для измерения координаты телескопической системы роботизированной платформы [3].

Подбор электронных элементов и компонентов

Для выполнения поставленной задачи необходимо осуществить подбор надежных, недорогих и при этом доступных электронных компонентов.

В качестве основного вычислительного и управляющего устройства роботизированной грузовой платформы было решено выбрать микроконтроллер STM32F103C8T6, который полностью удовлетворяет всем требуемым характеристикам, а именно высоким быстродействию, большим количеством разнообразных интерфейсов, цифровых портов вывода и АЦП. Однако гораздо сложнее в программировании, чем Arduino или Amega 8. Сигналы с микроконтроллера будут поступать на пульт управления посредством беспроводного передатчика XD-RF-5V. Для управления работой двигателей устройства было решено использовать драйвер L293D. В качестве устройства, определяющее координаты телескопической системы, было решено использовать датчики Холла OH49E – небольшое универсальное линейное устройство на эффекте Холла, работающее от магнитного поля постоянного магнита или электромагнита. Выходное напряжение задается напряжением питания и изменяется пропорционально силе магнитного поля. Интегральная схема отличается низким выходным шумом, что делает ненужным использование внешней фильтрации. Он также включает в себя прецизионные резисторы для обеспечения повышенной температурной стабильности и точности.

Создание платы

Плата была создана в программе EasyEDA(Standart) 6.5.1. – кроссплатформенная веб-ориентированная среда автоматизации проектирования электроники, включающая в себя редактор принципиальных схем, редактор топологии печатных плат, SPICE-симулятор, облачное хранилище данных, систему управления проектами, а также средства заказа изготовления печатных плат [4].

На рис. 1 показана принципиальная схема платы управления демонстрационного макета робо-

тизированной грузовой платформы.

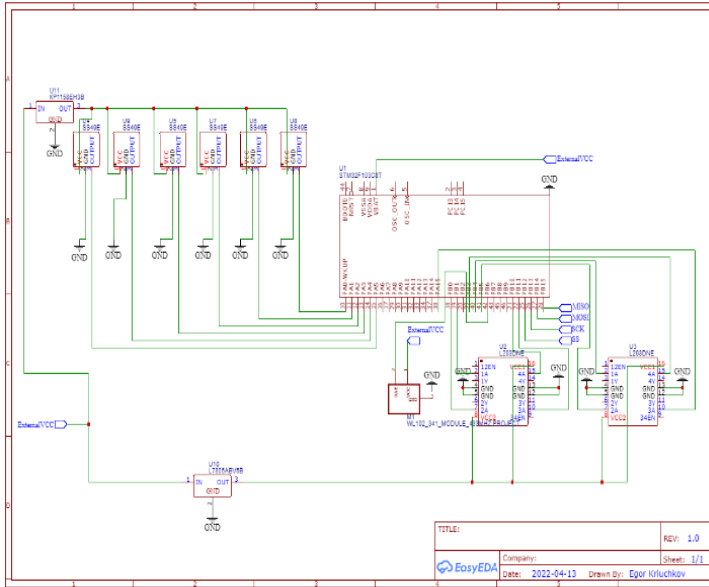


Рис. 1. Принципиальная схема платы управления демонстрационного макета роботизированной грузовой платформы

На рис. 2 и 3 показаны трассировка платы и ее 3D-модель.

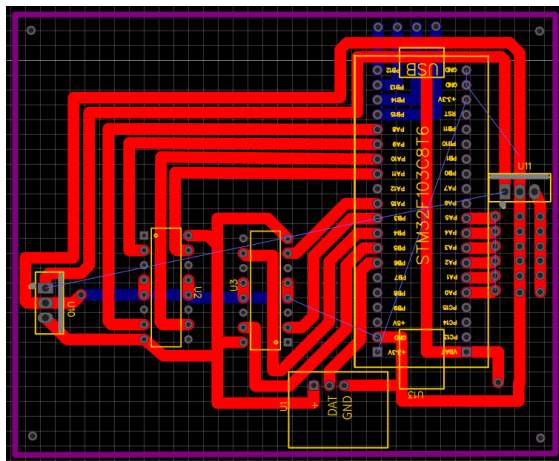


Рис. 2. Трассировка платы управления демонстрационного макета роботизированной грузовой платформы

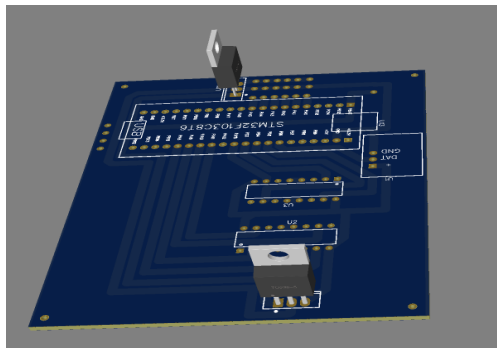


Рис. 3. 3D-модель платы управления демонстрационного макета роботизированной грузовой платформы

Изготовление

Плата изготавливалась путем фрезеровки медного листа. Для фрезеровки использовался ЧПУ-станок CNC-3018. Для фрезеровки был создан G-код для сверления и фрезеровки в программе SorbusCAM. Управление станком производилось посредством программы Candle, в нее же загружалась и карта высот для закрепленного медного листа [5].

Фотография изготовленной платы представлена на рис. 4.

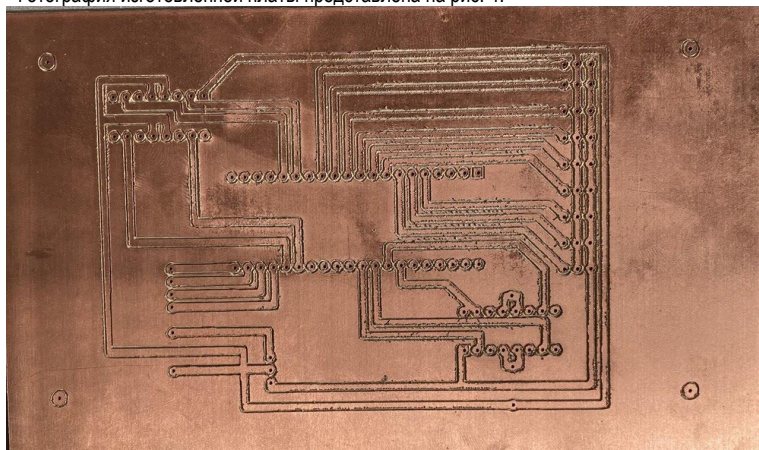


Рис. 4. Фото изготовленной платы управления демонстрационного макета роботизированной грузовой платформы

Заключение

Таким образом, создана плата управления демонстрационного макета роботизированной грузовой платформы, которая в последствии будет встроена непосредственно в корпус этого устройства для управления телескопической системой, определения координат телескопической системы, а также передачи данных с платформы на пульт управления и наоборот

Библиографический список

1. Аникин Алексей. Обзор современных технологий беспроводной передачи данных в частотных диапазонах ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) и 434/868 МГц. URL: <https://wireless-e.ru/standarty/short-range-rf/> (дата обращения: 07.04.2022).
2. Уэнн Даррен. Резистивные методы измерения тока для точного контроля в электронных схемах. URL: <https://kit-e.ru/circuit/rezistivnyye-metody-izmereniya-toka-dlya-tochnogo-kontrolya-v-elektronnyh-shemah/> (дата обращения: 11.04.2022).
3. Дмитрий Макаров. Датчики Холла: принцип работы, типы, применение, как проверить. URL: <https://www.asutpp.ru/chto-takoe-datchik-holla.html> (дата обращения: 25.03.2022).
4. EasyEDA. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/EasyEDA> (дата обращения: 13.04.2022).
5. Мой рецепт фрезеровки печатной платы на CNC 3018. ч. 3 (работа в CopperCam) URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5de5259ef7e01b20cf9516bf/moi-recept-frezerovki-pechatnoi-platy-na-cnc-3018-ch3-rabota-v-coppercam-5f4366ae65c06627761993a3> (дата обращения: 29.03.2022).

УДК 629.027

К. Д. Лобашева

студент кафедры аэрокосмического приборостроения и вычислительная техника

В. В. Перлюк – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАССИ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПОДЪЕМА ПО СТУПЕНЬКАМ

Введение

С развитием робототехники, мы получили массу устройств, значительно упрощающих нашу жизнь. На многих современных производствах, складских помещений и технических помещений людей заменяют роботизированные грузовые платформы. Но сегодня для применения подобных роботов часто приходится модернизировать помещения из-за невозможности преодолевать этими роботами препятствия. Инженеры предлагают различные решения этого вопроса, вплоть до использования вместо колесных и гусеничных шасси полноценные механические ноги. Это решение сложно в реализации, а управление таким устройством становится в разы труднее. Также данное решение влечет за собой ряд других ограничений для всей конструкции, в частности уменьшается время работы и масса возможной полезной нагрузки. Предложенное в данной статье решение задачи подъема робота по ступенькам является более простым, как в изготовлении, так и в эксплуатации.

Техническое решение

Предлагается в качестве подъемного механизма использовать пару винт-гайка для линейного перемещения по вертикальной оси, а также телескопическую систему трубок в качестве направляющих [1].

Через переходник-муфту винт крепится к ротору электродвигателя.

Гайка зафиксирована в подвижной части системы.

При работе двигателя через редуктор его вращающий момент передается на винт. Вращаясь, винт заставляя гайку перемещаться по его оси.

Таким образом, осуществляется изменение высоты шасси роботизированной платформы, что позволяет поднять колеса платформы на уровень ступеньки или другого подобного препятствия и таким образом его преодолеть.

Силовая установка

В качестве силовой установки разрабатываемого устройства используется следующий коллекторный электродвигатель R140-08500, его характеристики [2]:

- Диапазон рабочего напряжения: 2,4–9 В.
- Напряжение питания номинальное: 5 В.
- Мощность: 1,23 Вт.
- Ток остановки: 3,95 А.
- Число оборотов под нагрузкой: 11240 об/мин.
- Ток под нагрузкой: 1,03А.
- Момент под нагрузкой: 3 гс×см.

Определение значения перемещения

Одна из основных задач, возникших в процессе проектирования: определение значения перемещения. Для корректной работы разрабатываемого модуля необходимо знать, на какое расстояние совершено перемещение по оси устройства. В процессе конструирования рассматривались следующие варианты измерения:

1. Резистивный. На одну из пар телескопических трубок подается напряжение: положительный контакт подключен к одной трубке, ноль подключен к другой. При линейном перемещении меняется

площадь контакта и, как следствие сопротивление проводника. Измеряя это изменение, можно сделать вывод о размере совершенного перемещения [3].

2. Использование дальномера. При применении дальномера, направленного на подвижную часть устройства, можно определить размер совершенного перемещения с высокой точностью.

3. Использование счетчика оборотов. При установке у вала двигателя счетчика оборотов, например, оптического и измерении числа совершенных оборотов путем косвенного измерения можно установить значение совершенного перемещения.

4. Программный метод. Проведя математическое исследование режимов работы двигателя, можно установить зависимость между подаваемым на него напряжением, временем его подачи и значениями совершенного перемещения.

5. Использование датчика Холла и постоянного неодимового магнита. Датчик Холла – полупроводниковое устройство, реагирующее на изменение напряженности магнитного поля. При монтаже магнита во вращающуюся муфту и установке одного и более датчиков Холла его вблизи, возможно измерить угол поворота винта и, как следствие, получить высокоточные данные о размере проведенного перемещения (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение методов

Название	Преимущества	Недостатки
Резистивный	Простота Отсутствие необходимости в дополнительных элементах конструкции	Низкая точность Изменчивые характеристики с увеличением сроков эксплуатации Влияние различных внешних условий
Использование дальномера	Высокая точность измерения	Высокая стоимость Зависимость от чистоты воздуха
Использование счетчика оборотов	Простота математического аппарата	Точность измерения равна шагу резьбы пары винт-гайка
Анализ потребляемой мощности	Отсутствие дополнительных энергозатрат	Сложный математический аппарат Отсутствие обратной связи
Применение датчика Холла	Высокая точность измерения Дешевизна	Зависимость от электромагнитных характеристик среды (решается незначительным усложнением мат. аппарата или конструкции)

В результате выполнения работы был выбран датчик Холла, так как он высокоточный, дешевый в исполнении, а его недостаток воздействия электромагнитных характеристик среды можно исправить путем помещения элементов конструкции в металлический корпус или применением дополнительных математических расчетов. Для остальных методов трудно или невозможно устранить их недостатки.

Заключение

В ходе работы был разработан и изготовлен демонстрационный макет подъемного модуля роботизированной грузовой платформы. Разработаны общие принципы работы подъемного модуля и изготовлен пробный образец.

На данный момент это неполноценная грузовая роботизированная платформа, но в планах усовершенствовать, разработать и полностью собрать полноценное функционирующее устройство.

Библиографический список

1. Роботостроительство – делаем базовую платформу для будущего робота. URL: <https://habr.com/ru/post/397415/> (дата обращения: 12.04.2022).
2. ЭЛТОМ. URL: <https://eltompro.ru/description/19580/?lightbox> (дата обращения: 10.04.2022).
3. Studbooks. URL: <https://studbooks.net> (дата обращения: 11.04.2022).

УДК 656.025.6

М. А. Алексеев

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. А. Андронов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЙ УЗЕЛ ПУЛКОВО****Введение**

К сожалению, в настоящее время Санкт-Петербург отстает в инфраструктурном развитии от Москвы на десятилетия. Пока в столице вводят в строй сразу с десяток станций метро, петербуржцы ожидают появления хотя бы парочки новых, а еще лучше – оснащения имеющихся транспортно-пересадочными узлами, которые давно существуют в передовых мегаполисах.

Совсем недавно, 22 октября 2021 г. вице-губернатор Игорь Албин провел совещание, на котором были рассмотрены вопросы формирования и реализации транспортно-пересадочных узлов в Санкт-Петербурге. В совещании приняли участие председатель Комитета по транспорту Александр Воробьев, председатель Комитета по инвестициям Ирина Бабюк, заместитель председателя Комитета по градостроительству и архитектуре Александр Тетерин, генеральный директор АНО «Дирекция по развитию транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области» Кирилл Поляков.

На сегодняшний день власти Санкт-Петербурга подготовили и согласовали перечень 60 ТПУ. В этот перечень вошли и территории, на которых возможно формирование транспортно-пересадочных узлов при перспективном развитии, и территории, где фактически они существуют, но необходима их оптимизация. Одним из таких согласованных транспортно-пересадочных узлов для модернизации стал транспортно-пересадочный узел Пулково.

Характеристика транспортно-пересадочного узла «Пулково»

«Транспортно-пересадочный узел (далее – ТПУ) – комплекс объектов недвижимого имущества, включающий в себя земельный участок либо несколько земельных участков с расположенными на них, над или под ними объектами транспортной инфраструктуры, а также другими объектами, предназначенными для обеспечения безопасного и комфортного обслуживания пассажиров в местах их пересадки с одного вида транспорта на другой» [1].

Классификация ТПУ и основные требования к ТПУ. В соответствии с Законом Санкт-Петербурга от 14 февраля 2014 г. № 23-9 «О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга».

«ТПУ первого уровня – ТПУ, обслуживающий пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой в отношении международных, междугородних, пригородных и городских маршрутов транспорта, включающий в том числе вокзалы, станции внешнего транспорта, станции скоростного внеуличного транспорта и остановочные пункты городского пассажирского транспорта;

ТПУ второго уровня – ТПУ, обслуживающий пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой в отношении междугородних, пригородных и городских маршрутов транспорта, включающий в том числе вокзалы, станции внешнего транспорта, станции скоростного внеуличного транспорта, остановочные пункты городского пассажирского транспорта, перехватывающие парковки;

ТПУ третьего уровня – ТПУ, обслуживающий пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой в отношении маршрутов различных видов городского транспорта, включающий в том числе станции скоростного внеуличного транспорта, остановочные пункты городского пассажирского транспорта, парковки» [2].

Пулково является ТПУ 1-го уровня (схема представлена ниже на рис. 1). На данный момент в состав ТПУ Пулково входят: терминалы аэропорта, автобусные остановки, парковки и стоянки такси. В

перспективе: терминал «Аэроэкспресс» станции легкорельсового транспорта (далее – ЛРТ), станция метро и перехватывающий паркинг.



Рис. 1. ТПУ Пулково

Цели организации ТПУ:

- повышение уровня безопасности;
- сокращение потерь времени пассажиров аэропорта при поездках в/из центральных районов Санкт-Петербурга;
- повышение комфортабельности перевозок городским пассажирским транспортом;
- повышение провозной способности городского пассажирского транспорта в соответствии с развитием аэропорта;
- повышение привлекательности Санкт-Петербурга для туристов из других регионов России и зарубежных стран, путешествующих авиатранспортом.

Важно отметить то, что ТПУ выполняют не только транспортную, но и инфраструктурную функцию. За счет коммерческих помещений на их территории создаются рабочие места, места отдыха и досуга для горожан.

Планы по улучшению ТПУ Пулково

На международном экономическом форуме в Петербурге было подписано соглашение о дальнейшем развитии аэропорта. К 2025 г. на территории аэропорта «Пулково» планируется обновление с целью увеличения пропускной способности аэропорта и повышения качества услуг для пассажиров. «Пулково» ожидает появление нового терминала, создание пешеходной зоны и ангаров для стоянок самолетов. Помимо этого, в планы также входит модернизация привокзальной территории, которая станет транспортным хабом. Новый транспортно-пересадочный узел будет объединять в себе аэропорт, железнодорожную и автобусную станции, трамвай и будущую станцию метро. Строительство дополнительного терминала позволит увеличить пропускную способность аэропорта до 40 млн пассажиров в год.

«Несмотря на пандемию, за прошедшие 7 месяцев 2021 г. пассажиропоток аэропорта «Пулково» составил 9,3 млн пассажиров. При этом на региональных направлениях было обслужено на 59% больше пассажиров, чем за этот же период в 2019 г., что составило более 6,2 млн пассажиров. А в топ самых популярных направлений по России вошли такие города, как Москва, Сочи и Калининград. Что

касается международных линий, то наиболее популярными стали рейсы в Стамбул, Анталию, Ларнаку и Ереван» [3].

Количество жителей города растет с каждым годом (в том числе благодаря переезжающим на постоянное место жительства людям), в связи с этим, самой большой проблемой всех ТПУ (включая Пулково), является модернизация и усовершенствование устаревших развязок, терминалов, стоянок и различных подъездных путей.

«Председатель Комитета по транспорту Кирилл Поляков обратил внимание не только на техническую составляющую проекта модернизации, но также сделал акцент на дизайнерских проработках. «Очень важна архитектурная концепция. Необходимо определиться с идеологией нового терминала и разработать визуальный проект внешнего и внутреннего дизайна. Человеку во время ожидания своего рейса должно быть комфортно там находиться и иметь возможность интересно провести это время» – заявил он» [3].

Глава Октябрьской железной дороги Виктор Голомолзин сообщил о перспективе появления в Пулково транспортного узла, соединяющего несколько железнодорожных путей Петербурга. В случае реализации в аэропорт из центра города или пригорода можно будет добраться по железной дороге за 15–20 минут.

Так получилось, что аэропорт Пулково удачно расположен относительно ряда магистралей Октябрьской железной дороги. Здесь пересечение двух проектируемых диаметральных маршрутов пригородного и внутригородского пассажирского сообщения обеспечивает стык логистических интересов Петербурга и Ленобласти. Соединение железнодорожных путей в единый транспортный узел упорядочит движение в сторону центральной части города, до «Лакhta Центра», по Варшавской линии, а также к Петергофу, Стрельне, Гатчине и Ораниенбауму, через которые пролегает Балтийская линия.

«Предполагаемая трассировка новой дороги вполне возможно пройдет по существующей железнодорожной линии от Витебского вокзала, в районе съезда со скоростной дороги М-11 «Москва – Санкт-Петербург» уйдет под землю, пересечет Пулковское шоссе над землей, а на перегоне от шоссе до аэропорта снова уйдет в тоннель. Подземная остановка может появиться в зоне терминала Пулково, а далее линия пройдет под землей аэропорта и соединится с существующей платформой «Лигово»» [4]. Такой вариант развития событий представлен на рис. 2.

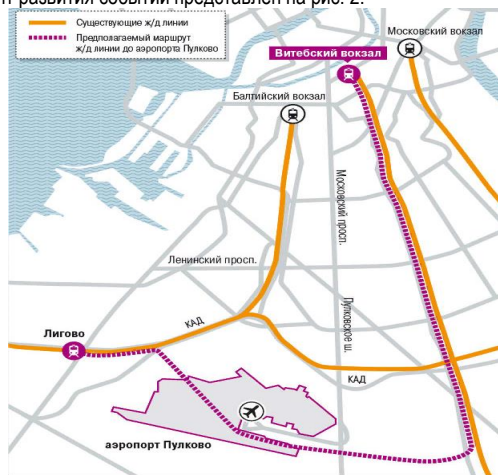


Рис. 2. Железнодорожное сообщение с аэропортом Пулково

Новый маршрут будет задействовать существующие пути от Витебского вокзала в центре города. Дополнительно может быть построено около 15 км железной дороги, которая по большей части будет состоять из тоннелей и мостов, что значительно удорожает проект.

В транзитном сообщении задействован не только пассажир до аэропорта, но и фоновый поток пригородных железнодорожных линий. Например, если стоимость проезда на аэроэкспрессе в Москве составляет 500 руб., то конкурентоспособный тариф в Петербурге мог бы быть не выше 250 руб. В рамках данного проекта речь шла о стандартном пригородном тарифе, который не превысит 100 руб., т. е. об окупаемости говорить не приходится.

Каждый год идут обсуждения данного проекта, например, строительство железнодорожной линии до Пулково в 2018 г. оценивалось в 18,8 млрд руб., при этом город готов был выплатить капитальный грант в размере 10 млрд руб. Однако на сегодняшний день, даже с учетом частичного использования существующих путей, которым потребуются модернизация, по оценке главы «Infoline-Аналитики» Михаила Бурмистрова, стоимость составит не менее 25 млрд руб.

Заключение

Таким образом, транспортно-пересадочные узлы являются важнейшим элементом транспортной инфраструктуры. Высокий рост населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области дал мощный толчок для развития системы транспортно-пересадочных узлов.

“Потребность в мобильности у жителей современных мегаполисов постоянно растет, отражая их желание участвовать в различных видах деятельности для удовлетворения их физиологических, психологических и экономических нужд” [5]. «Осуществление деятельности в разных местах мегаполиса формирует сложные маршруты передвижения и модели использования жителями нескольких средств транспорта» [6].

Реализация задуманного проекта должна повысить комфорт жизни горожан и придать импульс развитию районов, удаленных от центра Петербурга. Именно такую задачу перед администрациями российских мегаполисов ставит федеральная транспортная стратегия.

Библиографический список

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 06.02.2022).
2. Закон Санкт-Петербурга от 14.02.2014 г. № 23-9 «О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга».
3. Официальный сайт администрации Санкт-Петербурга. URL: <http://gov.spb.ru/> (дата обращения: 08.12.2021).
4. Российская ежедневная общественно-политическая газета «Коммерсантъ». Статья «Пулково поставят на рельсы». URL: <https://www.kommersant.r4u/doc/4004833> (дата обращения: 09.02.2022).
5. Turnquist M., Blume S., Evaluating potential effectiveness of headway control strategies for transit systems. *Transportation Research Record*, 1980.
6. Завьялова Н. Б., Сидорчук Р. Р., Лопатинская И. В. [и др.] Управление качеством транспортного обслуживания в мегаполисе. // *Маркетинг и маркетинговые исследования*. 2016. № 1. С. 36–50.

УДК 656.087

С. А. Богданова

студент кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ЭВАКУАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Введение

Ежегодно происходит увеличение количества легковых автомобилей в Российской Федерации, которые требуют постоянного технического обслуживания и ремонта, соответственно, растет потребность в вызове эвакуатора. Нормативно-правовые акты обеспечивают регулирование существующих методов эвакуации, отношения между водителем транспортного средства и сотрудниками служб эвакуации, условия обеспечения ответственности, порядок приема и выдачи транспортного средства.

Нормативно-правовые акты, регулирующие эвакуацию легковых транспортных средств в Санкт-Петербурге

Закон Санкт-Петербурга от 28 декабря 2012 г. № 751-128 (с изменениями на 10 марта 2020 г.) определяет порядок перемещения задержанных транспортных средств на специализированную стоянку, их хранения, оплаты стоимости перемещения и хранения, возврата задержанных транспортных средств в Санкт-Петербурге (с изменениями на 10 марта 2020 г.), а также такие понятия, как транспортное средство и специализированная стоянка [1].

КоАП РФ статья 27.13 «Задержание транспортного средства» от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 16.04.2022) определяет порядок задержания, перемещения, хранения и возврат транспортного средства со специализированной стоянки. Предписывает пункты, которые в обязательном порядке должны быть отмечены в протоколе при задержании транспортного средства, описывает обязанности лица, привлеченного к административной ответственности, оплату стоимости перемещения и хранения транспортного средства. В документе зафиксированы возможные причины задержания и перемещения ТС на спецстоянку. Данная статья определяет категорию транспортных средств, на которые не распространяется действие статьи 27.13 КоАП РФ [2].

Постановление Правительства РФ п.п. 2.1.1 и 2.1.1(1) части 12 от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 31.12.2020) «О Правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения») [3] (далее – ПДД) определяет перечень документов, которые обязан иметь при себе водитель легкового автомобиля:

- протокол о задержании ТС с разрешением на его возврат;
- паспорт;
- документы на право управления машиной – водительское удостоверение, СТС, полис ОСАГО;
- доверенность, если машину забирает представитель.

ПДД определяет правила остановки и стоянки транспортных средств знаками 3.27 (рис. 1) и 3.38 (рис. 2), соответственно. А также с помощью знаков 3.29 «Стоянка запрещена по нечетным числам месяца» (рис. 3) и 3.30 «Стоянка запрещена по четным числам месяца» (рис. 4).



Рис. 1. Знак 3.27
«Остановка
запрещена»



Рис. 2. Знак 3.28
«Стоянка
запрещена»



Рис. 3. Знак 3.29 «Стоянка
запрещена по нечетным
числам месяца»



Рис. 4. Знак 3.30 «Стоянка
запрещена по четным
числам месяца»

Действие данных знаков распространяется только на ту сторону дороги, на которой они расположены. Эвакуация в зоне действия знаков 3.27, 3.28, 3.29 и 3.30 осуществляется, если там установлен знак 8.24 «Работает эвакуатор» (рис. 5).

При запрете остановки или стоянки ТС в определенный период устанавливается знак «Время действия» (рис. 6).

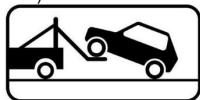


Рис. 5. Знак 8.24 «Работает эвакуатор»

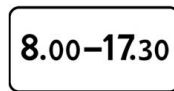


Рис. 6. Знак 8.5.7 «Время действия»

Знак 8.5.7 указывает дни недели и время суток, в течение которых действует знак.

Следующими документами определяющие основания для перемещения транспортного средства на спецстоянку являются:

- «Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации» от 18.12.2001 № 174-ФЗ (ред. от 09.03.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 17.03.2022) ст. 81, в случаях, когда транспортное средство выступает в качестве вещественного доказательства [4];

- пункт 4 части 1 ст. 80 ФЗ-229, если на транспортное средство наложен арест с необходимостью изъятия у владельца [5].

Правительством Санкт-Петербурга устанавливается:

- порядок учета всех задержанных транспортных средств на специализированной стоянке;
- требования к фотофиксации, срок хранения снимков и условия их предоставления;
- порядок определения уполномоченной организации, а также заключения, изменения и расторжения договора;

- требования к уполномоченным организациям и специализированным стоянкам;

- порядок оплаты стоимости перемещения и хранения задержанных транспортных средств.

Распоряжением Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 15.11.2021 № 112-р «Об установлении тарифов на перемещение и хранение задержанных транспортных средств на территории Санкт-Петербурга на 2022 год» [6] устанавливает тарифы на перемещение и тарифы за один полный час хранения одного задержанного транспортного средства на территории Санкт-Петербурга, дифференцированные по категориям транспортных средств.

Так, для категорий А, А1, М, В, В1, С1, D1 и самоходных машин категорий АI, АII, В тариф на перемещение составляет 3004,0 руб., а тариф за один полный час хранения для тех же категорий составляет 58,0 руб.

Существует статья 21 Федерального закона № 143-ФЗ от 08.06.2015 «О безопасности дорожного движения» [7], в которой указывается, что эвакуация транспортных средств для нужд коммунальных служб можно осуществлять в тех случаях, если присутствуют дорожные знаки с надписью: «Работает эвакуатор». Установка данных табличек под знаками «Остановка (или стоянка) запрещена» контролируется администрацией ГИБДД, которая также имеет свои нормативные ограничения на расстановку предписывающих или запрещающих знаков.

В связи с этим вытекает проблема – эвакуация транспортных средств с городских улиц при том, что они припаркованы согласно правилам ПДД. Действия сотрудников коммунальных служб по перемещению или отправке транспортного средства на спецстоянку могут квалифицироваться, как угон, согласно статье 166 УК РФ [8].

Проблемами являются нанесение неверной разметки в зоне платной парковки, противоречие дорожных знаков друг другу, необходимость в повторном установлении дорожных знаков, например, при выезде со двора.

Основными направлениями совершенствования методов эвакуации пассажирского транспорта являются:

- избежание повреждений при погрузке, транспортировке и выгрузке ТС;

- уровень квалификации работников эвакуатора;

- необходимость водителя ТС делать фото и видеорегистрацию погрузки и выгрузки автомоби-

ля;

- недостаток автопарка для эвакуации;
- недостаточность оснований (фотофиксация внешнего вида, либо двое понятых) для определения, что повреждения ТС произошли по вине сотрудников службы эвакуации;
- нет законодательного права поднимать ТС на время очистки улиц;
- неконтролируемое качество работы и состояния техники частных эвакуационных служб;
- возможные случаи угона или мошенничества;
- непунктуальность водителей эвакуаторов и изменение цены эвакуации при транспортировке (отсутствие четко сформированной тарифной сетки);
- противоречие дорожных знаков друг другу;
- незнание или инфантильность владельца транспортного средства о документах, которые необходимо составлять с службами эвакуации и какие из них необходимо оставлять себе;
- инфантильность автовладельца при проверке документов у работников служб эвакуации;
- необходимость сбора документов и уточнение деталей водителем транспортного средства при возмещении стоимости со стороны страховщика, если работа эвакуатора укладывается в понятие «страховой случай».

Большое количество проблем, связанных с эвакуацией и оказанием технической помощи обусловлены качеством обучения и повышением квалификации сотрудников эвакуационных служб и диспетчерского аппарата. Поэтому существует потребность в разработке и внедрении специализированных обучающих программ дополнительного профессионального образования по направлению для формирования компетенций сотрудников компаний в сфере ассистанс.

В процессе изучения и анализа документов было обнаружено, что деятельность специализированных дорожных служб на территории Санкт-Петербурга по уборке городских улиц не подкреплена нормативно-правовой базой, которая бы регулировала поднятие и перемещение транспортных средств службами. Следовательно, существует необходимость в урегулировании действий при проведении данных работ сотрудниками специализированных дорожных служб.

Противоречие дорожных знаков друг другу или их недостаток, а также неверная разметка на платных парковках являются проблемами для автомобилистов, так как это приводит водителей к нарушению ПДД. Следовательно, необходимо дублирование дорожных знаков и нанесение верных разметок на парковках, где это необходимо, а также установить дорожные знаки, которые бы не противоречили друг другу.

Деятельность и состояние автопарка частных эвакуационных служб, а также технической помощи не контролируется, что приводит к оказанию некачественных услуг, случаям угона или мошенничества, нанесению повреждений эвакуируемому транспортному средству, а также другим участникам транспортного процесса.

Большинство водителей, особенно те, кто впервые сталкивается с эвакуацией, не осведомлены какие документы необходимо оставлять у себя после эвакуации и те, которые следует проверять у сотрудников эвакуационных служб во избежание угона транспортного средства и мошенничества. Водители не знают на какие моменты при проверке документов стоит обратить внимание, поэтому существует потребность в информировании водителей транспортных средств для исключения совершения незаконных действий.

Заключение

По итогам проведенного исследования были изучены и проанализированы нормативно-правовые акты, регулирующие деятельность служб технической помощи и эвакуации на территории Санкт-Петербурга. Выявлены направления совершенствования методов эвакуации пассажирского транспорта и способы их решения.

Библиографический список

1. О порядке перемещения задержанных транспортных средств на специализированную стоянку, их хранения, оплаты расходов на их перемещение и хранение, возврата задержанных транспортных средств в Санкт-Петербурге: закон Санкт-Петербурга от 28.12.2012 № 751-128 [ред. от 10 марта 2020 г.] // Законодательное собрание Санкт-Петербурга. 2012. № 343-54.

2. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: Федер. закон от 30 дек. 2001 г. № 195-ФЗ: принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.: одобрен Советом Федерации 26 дек. 2001 г. [ред. от 1 июля 2021 г.] // Собрание законодательства Российской Федерации. 2002. № 1. Ст. 27.13.

3. О Правилах дорожного движения: постановление Правительства Рос. Федерации от 23.10.1993 № 1090 [ред. от 31.12.2020] // Собрание законодательства Российской Федерации. 1993. Ст. 12.

4. Уголовный кодекс Российской Федерации: Федер. закон от 18 декабря 2001 г. № 174-ФЗ: принят Гос. Думой 22 нояб. 2001 г.: одобрен Советом Федерации 5 дек. 2001 г. [ред. от 25 марта 2022 г.] // Официальный интернет-портал правовой информации: гос. система правовой информации. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102073942> (дата обращения: 14.04.2022).

5. Об исполнительном производстве: Федер. закон от 02 окт. 2007 г. № 229-ФЗ: принят Гос. Думой 14 сент. 2007 г.: одобрен Советом Федерации 19 сент. 2007 г. [ред. от 30.12.2021 г.] // Собрание законодательства Российской Федерации. 2007. № 7-П. Ст. 80.

6. Об установлении тарифов на перемещение и хранение задержанных транспортных средств на территории Санкт-Петербурга на 2022 г.: распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 15.11.2021 № 112-р // Законодательное собрание Санкт-Петербурга. 2021. № 113.

7. О безопасности дорожного движения: Федер. закон от 08 июня 2015 г. № 143-ФЗ: принят Гос. Думой 22 мая 2015 г.: одобрен Советом Федерации 3 июня 2015 г. // Официальный интернет портал правовой информации: гос. Система правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201506080021?index=0&rangeSize=1> (дата обращения: 08.06.2015).

8. Уголовный кодекс Российской Федерации: Федер. закон от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ: принят Гос. Думой 24 мая 1996 г.: одобрен Советом Федерации 5 июня 1996 г. [ред. от 25 марта 2022 г.] // Официальный интернет-портал правовой информации: гос. система правовой информации. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody&nd=102041891> (дата обращения: 14.04.2022).

УДК 656.025.4

Е. В. Денисенко

студент кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВОГО ПОРТА «ЛАВНА»

Введение

Значение морских портов для развития экономики страны чрезвычайно велико. Морские порты являются стратегически важными объектами государства, это и определяет необходимость улучшения методов и форм управления их развитием на основе современных подходов.

Интерес государства к Северному морскому пути растет, Российская Федерация намерена развивать возможности и освоение Севморпути, так как он является наикратчайшим морским путем между европейской частью России и Дальним Востоком, поэтому сейчас активно ведется строительство портовой инфраструктуры.

Как известно, развитие и совершенствование Мурманского транспортного узла имеет не только региональное, но и общенациональное значение, поэтому на западном берегу Кольского залива строится высокотехнологичный морской терминал – Угольный перевалочный комплекс «Лавна».

Данный порт станет логистическим хабом для Северного морского пути и даст возможность открыть экспортные поставки в страны азиатского континента.

Основная часть

Процесс строительства над терминалом «Лавна» начался весной в 2018 г. Три основных преимущества «Лавны» – это глубоководный порт, незамерзающий, с прямым выходом к нейтральным водам [1].

По оценкам экспертов, порт может быть задействован в транзитных и экспортно-импортных перевозках по Северному морскому пути, что позволит достичь поставленной Президентом РФ цели по достижению уровня в 80 млн т перевезенных грузов к 2024 г. География отправок не станет ограничиваться лишь только Европой – в планах перевозку угля планируют реализовать в Турцию, Африку и даже в Индию. Так же планируется, что порту добавят контейнерный терминал, который будет обслуживать Северный морской путь (рис. 1).



Рис. 1. Проект порта «Лавна»

1. Характеристики груза

Проектируемый порт для осуществления работы нуждается в новом крановом и перегрузочном оборудовании.

Компания *Sennebogen* – одна из ведущих в мире производителей портового и морского кранового оборудования. Оборудование *Sennebogen* охватывает широкий спектр кранов, перегружателей, погрузчиков и другой техники [2].

Транспортировка в порт включает в себя 2 вида специальной техники: гусеничный перегружатель Sennebogen типа 825R и колесного крана с телескопической стрелой Sennebogen типа 643M (рис. 2–3).

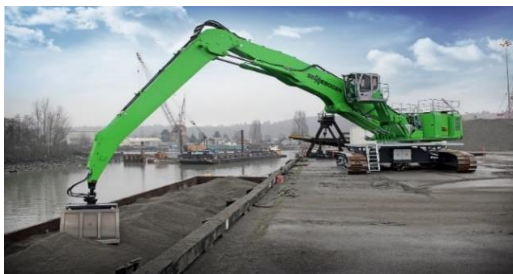


Рис. 2. Гусеничный перегружатель Sennebogen 825R



Рис. 3. Колесный кран с телескопической стрелой 643E

2. Определение маршрутов перевозок и тарифного расстояния (рис. 4).

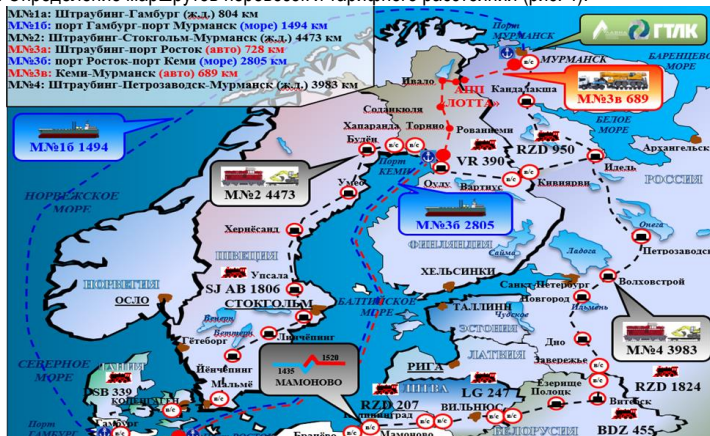


Рис. 4. Определение маршрутов и тарифного расстояния

Маршрут № 1: прямое смешанное железнодорожно-морское сообщение

Тарифное расстояние. Железнодорожный транспорт: Штраубинг – Гамбург (804 км).

Тарифное расстояние. Морской транспорт: порт Гамбург – порт Мурманск (2805 км).

Маршрут № 2: железнодорожный транспорт

Тарифное расстояние. Штраубинг – Стокгольм – Мурманск (4473 км).

Маршрут № 3: автомобильный транспорт

Тарифное расстояние. Автомобильный транспорт: Штраубинг – Росток (728 км).

Тарифное расстояние. Морской транспорт: порт Росток – порт Кеми (2805 км).

Тарифное расстояние. Автомобильный транспорт: Кеми – Мурманск (689 км).

Общее расстояние: 4 222 км.

Маршрут № 4: железнодорожный транспорт

Тарифное расстояние. Штраубинг – Петрозаводск – Мурманск (3983 км).

3. Подвижной состав для перевозки

Обычно на железнодорожном транспорте для перевозки специальной техники используют фринтинг – платформу с торцевыми металлическими бортами для крупнотоннажных контейнеров и колесной техники.

В данном случае для транспортировки техники железнодорожным транспортом выбрана платформа модели 13-935 (рис. 5).

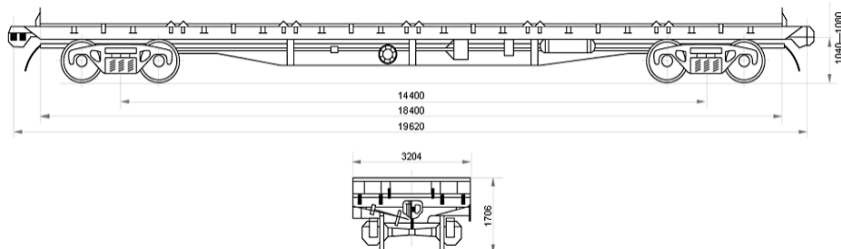


Рис. 5. Платформа 13-935

Универсальная длиннобазовая четырехосная платформа модели 13-935 имеет грузоподъемность 73 т, площадь 54 м².

Анализ технических характеристик платформы показывает, что по грузоподъемности и грузовой вместимости на 8 данных платформах можно перевезти 16 гусеничных перегружателей Sennebogen типа 825R и на 22 платформах 44 – колесных крана с телескопической стрелой Sennebogen типа 643M при размещении 2 единицы техники на платформе.

Итого для перевозки понадобится 60 единиц техники.

Морским транспортом перевозка будет осуществляться судном типа Po-Po Kugelbake (рис. 6).



Рис. 6. Ролкер Kugelbake

Ролкеры широко применяются для морской перевозки автомобилей и другой колесной техники, которая способна заехать на грузовую палубу с причала самостоятельно.

На автомобильном транспорте транспортировку перегружателей и кранов осуществляют на трале типа НАФО (рис. 7).



Рис. 7. Трал НАФО Н 60-4

Трал для перевозки спецтехники представляет из себя низкую платформу, на которую заезжает спецтехника для транспортировки.

Перевозка тралом необходима для тяжелой спецтехники, которая самостоятельно не может развивать высокую скорость или при самостоятельном перемещении эта спецтехника может повредить дорожное покрытие.

4. Технология и способы перевозки техники на различных видах транспорта

Сразу можно отметить, что перевозка специальной техники всегда связана с множеством сложностей, а именно в нестандартных размерах, формах и в большом весе, поэтому все эти характеристики создают большую нагрузку для платформы, поэтому ей важно обеспечить должную устойчивость, чтобы исключить смещение, падение груза или падение самой платформы.

Для перевозки техники применяются низкорамные платформы.

Конструкция платформ дает возможность перевозить любую спецтехнику, имеющую вес до 80 т.

Также существует возможность размещения на одной платформе на одной, а нескольких единиц такой техники. Обычно краны перевозят на четырехосной платформе, на которую кран въезжает собственным ходом по наклонному настилу, устроенному с торцевой части платформы.

Устанавливают его строго по оси платформы и, чтобы была исключена возможность его перемещения во время транспортирования.

Если кран по своим размерам вписывается в железнодорожный габарит без демонтажа стрелы, его устанавливают на железнодорожной платформе в положении, аналогичном транспортному положению при перемещении собственным ходом, сменное рабочее оборудование устанавливают рядом на козлах или деревянных подставках.

Чтобы перевезти спецтехнику по автомагистралям обычно задействуют трал.

Трал выглядит как особого вида прицеп или полуприцеп, предназначенный для перевозки негабаритной или тяжелой спецтехники. В данный момент именно тралам отдают предпочтение, выбирая автотранспорт для перевозки спецтехники на дальние расстояния. Чтобы загрузить спецтехнику на такой трал, часто требуется привлечь дополнительное оборудование.

Перевозка кранов на трале выполняется только в собранном виде. При этом вес спецтехники может варьироваться от 30 до 50 т, а масса противовеса доходит до 30 т.

Перевозка техники на морском транспорте осуществляется на судах типа Ро-Ро. Особенность этого вида судов заключается в горизонтальной загрузке/разгрузке через откидывающийся нос или (как правило) корму; такая конструкция называется «аппарель» либо «рампа».

5. Расчет провозных плат за перевозки

Расчет стоимости перевозки на железнодорожном транспорте проводился согласно тарифам, прописанным в Международном транзитном тарифе по железным дорогам иностранных государств и Прейскуранте 10-01 при перевозке по железным дорогам РФ [3, 4].

Расчет стоимости перевозки на автомобильном транспорте осуществлялся согласно тарифным ставкам, по программе «searates.com», а при перевозке морским транспортом по электронному ресурсу «Международный фрахтовый брокер», а также на основе – базовой ставки фрахта, ставки за стоянку, стоимости хода судна, стоимости ПРР, расходов на оформление документации, портовых сборов, и различных видов надбавок. [5, 6].

Определение времени на транспортировку техники определяется исходя из протяженности маршрута и скорости перевозки (на железнодорожном транспорте – 600 км/сутки, на автомобильном – 60 км/ч, на морском – 14 узлов), а также на продолжительность перевозки влияет время на ПРР и время на оформление документов.

6. Определение оптимального маршрута перевозки

Определение оптимального маршрута перевозки целесообразно проводить сравнением расчетных показателей провозных платежей. Результаты анализа всех маршрутов по стоимостным показателям представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные показатели стоимостных характеристик маршрутов

№ маршрута	Вид транспорта	Количество подвижного состава, вид	Стоимость, руб
№ 1 (ж/д+море)	Штраубинг-Гамбург	40 пл. 13-935	945937,2
	Гамбург-Мурманск	Ролкер Kugelbake	
№ 2 (ж/д)	Штраубинг-Стокгольм-Мурманск	40 пл. 13-935	998174,32
№ 3 (авто, море, авто)	Штраубинг-Росток	Трал HAFO H 60-4	139949158
	Росток-Кеми	Ролкер Kugelbake	
	Кеми-Мурманск	Трал HAFO H 60-4	
№ 4 (ж/д)	Штраубинг-Петрозаводск-Мурманск	40 пл. 13-935	781080,1

Анализ таблицы показывает, что наиболее дорогостоящей перевозкой является перевозка по маршруту № 3.

Самым дешевым является маршрут № 4 Штраубинг – Петрозаводск – Мурманск.

Самым быстрым и относительно дешевым маршрутом является смешенная перевозка маршрута № 1.

Заключение

В данной статье были описаны основные транспортные характеристики перевозимой техники, определены маршруты перевозки.

Также был подобран специализированный железнодорожный, автомобильный и морской транспорт. Дано описание способов выполнения перевозки груза. Определен наиболее выгодный маршрут.

Библиографический список

1. Строительство порта «Лавна». URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/105490/> (дата обращения: 12.05.2022).
2. Компания Sennebogen. URL: <https://www.sennebogen.com/> (дата обращения: 14.05.2022).

3. Международный железнодорожный транзитный тариф (МТТ). URL: <https://base.garant.ru/12176661/#>. (дата обращения: 15.05.2022).
4. Прейскурант № 10-01. Тарифы на перевозку грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами (Тарифное руководство № 1). Части 1,2. М.: ПФ «Красный Пролетарий», 2003 (с изменениями на 31.01.2017).
5. Расстояние и время. Сирайтес. URL: <https://www.searates.com/ru/services/distances-time/> (дата обращения: 15.05.2022).
6. Международный фрахтовый брокер – сервисы для транспортных компаний, ставки фрахта, трекинг контейнеров, контейнерные перевозки. URL: <https://www.searates.com> (дата обращения: 18.05.2022).

УДК 656.025.4

П. Н. Ерофеевская

студент кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголок – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ ДОРОЖНОГО БИТУМА ИЗ ЯРОСЛАВЛЯ (РОССИЯ) В СОФИЮ (БОЛГАРИЯ)

Введение

Нефтеперерабатывающая промышленность занимает особое место в индустрии России. На сегодняшний день природные энергетические ресурсы оказывают значительное влияние на экономическое положение страны и на темпы ее развития.

Битум в свою очередь является продуктом, который требуется дорожно-строительным организациям и предприятиям с целью изготовления асфальта максимально быстро и оперативно. Ввиду этого его транспортировка достаточно востребована.

Болгария в настоящее время уделяет особое внимание развитию и формированию первоклассной автодорожной инфраструктуры. В основном ориентируясь на реконструкцию автомобильных дорог и расширение строительства транспортной дорожной сети. На текущий период страна не обладает достаточными ресурсами и не владеет альтернативными поставщиками нефти, поэтому разработка предложений по организации перевозки битумных ресурсов в Болгарию представляется весьма актуальной.

Транспортные характеристики битума

С точки зрения химического вещества битум можно трактовать как – вязущая черная субстанция, состоящая из смеси углеводородов, получаемая в результате естественных отложений или в виде остатков нефтеперерабатывающей промышленности.

Вязкие дорожные нефтяные битумы являются горючими веществами с температурой вспышки выше 220 °С и минимальной температурой самовоспламенения 368 °С. Поэтому, битум считается опасным грузом и относится к 9-му классу транспортной опасности [1, 2].

На специализированных транспортных средствах должна быть нанесена следующая информация: знак опасности груза (9 класс, подкласс 9.1), номер ООН (3257), номер аварийной карточки (99), классификационный трафарет – «Битум» или «Вязкие нефтепродукты», дополнительные манипуляционные знаки, такие как «Вещество, перевозимое при повышенной температуре» и «Вещество, опасное для окружающей среды».

При перевозке в тарно-бочковой упаковке, на транспортной таре должны быть нанесены манипуляционные знаки, такие как: «Груз следует защищать от солнечных лучей», «Необходимость защиты груза от воздействия влаги», «Правильное вертикальное положение груза», «Максимальная нагрузка при штабелировании, допустимая для размещения на транспортной упаковке», рис. 1 [3, 4].



Рис. 1. Расположение маркировки на транспортном средстве и транспортной таре при перевозке битума

При работе с дорожным битумом в вязком горячем состоянии необходимо обеспечить работников средствами индивидуальной защиты, такими как комбинезоны, перчатки, защитой головы и лица и др., а также необходимо устранить контакт материала с водой, так как при соприкосновении он начнет бурно реагировать, что может привести к взрыву.

Технология погрузочно-разгрузочных работ

Выполнение погрузочно-разгрузочных работ осуществляется в зависимости от способа транспортирования материала. При перевозке битума в бочках, предварительно уложенных на паллет, ПРП проводятся максимально осторожно и на специально оборудованных площадках с использованием вилочных погрузчиков или тележек, а при загрузке на судно применяется кран с вилочным захватом, либо с помощью подвески для поддонов. При перевозке битума наливом с использованием специализированного подвижного состава следует с материалом обращаться очень аккуратно и под особым контролем. Слив из цистерн осуществляется через нижний сливной клапан по трубопроводам, а из бункерного полувагона – путем опрокидывания бункеров в резервуар. Налив на всех видах транспорта осуществляется идентично, с помощью насосной установки расплавленный горячий битум перекачивается по трубопроводам в транспортное средство.

Помимо основной документации, необходимой при транспортировании на различных видах транспорта, каждая партия дорожного битума должна сопровождаться следующими сопроводительными документами:

- паспортом и сертификатом качества;
- паспортом безопасности;
- аварийной карточкой на перевозку опасного груза;
- сертификатом происхождения товара;
- лицензией или разрешением на перевозку опасного груза.

Транспортировка осуществляется с нефтеперерабатывающего завода ПАО «Славнефть-ЯНОС», расположенного в городе Ярославль, в холдинговую компанию «GLOBAL BUILD», расположенную в городе София (Республика Болгария). Годовой грузооборот на транспортировку составляет 1440 т дорожного битума.

Маршруты перевозки

Маршруты представлены тремя мультимодальными перевозками (рис. 2).

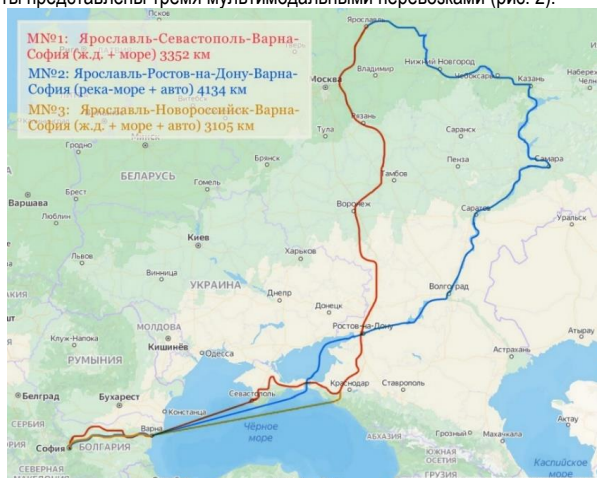


Рис. 2. Схема маршрутов перевозки дорожного битума

Маршрут № 1:

1а) Ярославль – порт Севастополь железнодорожным транспортом (2326 км);

1б) Порт Севастополь – порт Варна морским транспортом (494 км);

1в) Порт Варна – София железнодорожным транспортом (532 км).

Общая протяженность маршрута составляет 3352 км.

Маршрут № 2:

2а) Порт Ярославль – порт Ростов-на-Дону речным транспортом (2602 км);

2б) Порт Ростов-на-Дону – порт Варна морским транспортом (1090 км);

2в) Порт Варна – София автомобильным транспортом (442 км).

Общая протяженность маршрута составляет 4134 км.

Маршрут № 3:

3а) Ярославль – порт Новороссийск железнодорожным транспортом (1833 км);

3б) Порт Новороссийск – порт Варна морским транспортом (830 км);

3в) Порт Варна – София автомобильным транспортом (442 км).

Общая протяженность маршрута составляет 3105 км.

Транспорт для перевозки дорожного битума

При осуществлении перевозки по маршруту № 1 будет использована четырехосная цистерна модели 15-1566-07 для перевозки вязких нефтепродуктов и битума грузоподъемностью 65 т, объемом 120 м³ в количестве 24 единиц в год или 2 единиц в месяц, а также российское морское грузовое судно типа Ro-Ro «CONRO TRADER», принимающее на себя 35 железнодорожных цистерн и имеющее осадку 4,25 м, рис. 3.



Рис. 3. Транспорт для перевозки дорожного битума по маршруту № 1

При осуществлении перевозки по маршруту № 2 битум предварительно расформировывается в стальные бочки модели 1А1 объемом 200 л [5] и укладывается на FIN-паллет, общее количество сформированных пакетов будет составлять 120 единиц в год. Для транспортирования будет использовано российское сухогрузное судно «Русич» класса река-море с осадкой 4,34/3,60 м и седельный тягач IVECO Stralis с тентованным полуприцепом KRONE SDP 27 объемом 92 м³ и грузоподъемностью 32,81 т. Потребное количество полуприцепов 45 единиц в год – это 9 месяцев по 4 автомобиля и 3 месяца по 3 автомобиля, рис. 4.



Рис. 4. Транспорт для перевозки дорожного битума по маршруту № 2

При осуществлении перевозки по маршруту № 3 будет использован четырехосный вагон бункерного типа для нефтебитума модели 17-494 грузоподъемностью 45 т, объемом 46 м³ в количестве 32 единиц в год или 8 месяцев по 2 вагона и 4 месяца по 4 вагона, а также российское танкерное судно «ВФ Танкер ИМО2» осадкой 4,2 м и седельный тягач IVECO Stralis с полуприцепом битумовозом марки ППЦБ-33 грузоподъемностью 33 т, объемом 33 м³, рис. 5.



Рис. 5. Транспорт для перевозки дорожного битума по маршруту № 3

Количество необходимого подвижного состава рассчитано с учетом плотности битума, она составляет 980 кг/м³ или 0,98 т/м³.

Расчет провозных платежей

Расчет стоимости перевозки на железнодорожном транспорте проводился согласно тарифам, прописанным в Прейскуранте № 10-01, МТТ и СМГС. При перевозке нефтепродуктов в цистернах используются схемы И14 и В7, а при перевозке в вагонах бункерного типа – схемы И3, В10. [6, 7, 8].

Расчет стоимости перевозки на автомобильном транспорте осуществлялся согласно тарифным ставкам по программе «searates.com», а при перевозке морским транспортом по электронному ресурсу «Международный фрахтовый брокер», а также на основе – базовой ставки фрахта, ставки за стоянку, стоимости хода судна, стоимости ПРР, расходов на оформление документации, портовых сборов, и различных видов надбавок. [9, 10].

Определение времени на транспортирование определяется исходя из протяженности маршрута и скорости перевозки (на железнодорожном транспорте – 600 км/сутки, на автомобильном – 50 км/ч, на морском-речном варьируется в пределах 11–14 узлов), а также на продолжительность перевозки влияет время на ПРР и время на переоформление документов.

Выбор оптимального маршрута перевозки

Выбор наиболее оптимального маршрута определяется на основании стоимостных и временных показателей, а также по показателю R_n .

Данные показатели по маршрутам R_n определяются по формуле [11]:

$$R_n = E_n / C, \quad (1)$$

где R_n – коэффициент отношения стоимости перевозки к стоимости груза; E_n – суммарная годовая стоимость перевозки на n маршруте, руб.; C – годовая стоимость перевезенного груза, руб.

Стоимость 1 т дорожного битума марки БНД 100/130 составляет 13490 руб. Тогда общая годовая стоимость будет равна $1440 \times 13490 = 19425600$ руб. Результаты анализа всех маршрутов по стоимостным и временным показателям представлены в табл. 1.

Сравнение результатов перевозки по маршрутам

№ маршрута	Подробности маршрута	Вид подвижного состава, количество	Расстояние, км	Время перевозки, сутки	Стоимость, руб./год	Отношение стоимости перевозки к стоимости груза, %
1	2	3	4	5	6	7
№ 1 (ж/д, море, ж/д)	№1а Ярославль – порт Севастополь	4-осная цистерна модели 15-1566-07, 4	3352	6,89	16135643,6	0,83
	№1б порт Севастополь – порт Варна	Судно-паром «CONRO TRADER», 1				
	№1в Варна – София	4-осная цистерна модели 15-1566-07, 2				
№ 2 (река-море, авто)	№2а Порт Ярославль – порт Ростов-на-Дону	Сухогрузное судно «Русич», 1	4134	8,81/ 8,76	20025920,1	1,03
	№2б порт Ростов-на-Дону – порт Варна	Сухогрузное судно «Русич», 1				
	№2в порт Варна – София	Тентованный полуприцеп KRONE SDP 27 + Седелный тягач IVECO Stralis, 4/3				
№ 3 (ж/д, море, авто)	№3а Ярославль – порт Новороссийск	4-осный вагон бункерного типа модели 17-494, 2/4	3105	5,96/ 5,50	78506108,0	4,04
	№3б порт Новороссийск – порт Варна	Судно «ВФ Танкер IMO2», 1				
	№3в порт Варна – София	Битумовоз ППЦМ-33 + Седелный тягач IVECO Stralis, 4				

Проанализировав показатели в таблице выше, можно сделать следующие выводы:

– Маршрут № 3 с участием железнодорожного, морского и автомобильного транспорта требует больших экономических затрат по сравнению с двумя другими. Это обусловлено использованием специализированного битумного полувагона и цистерны-битумовоза. Таким образом, выбор этого маршрута нерационален.

– Маршрут № 2 почти в четыре раза меньше по стоимости по сравнению с Маршрутом № 3, но минус его в том, что он является самым длительным среди двух других. Это обусловлено значительным использованием морского-речного транспорта на большей части маршрута, с учетом того, что по воде судно перемещается достаточно долго.

– Маршрут № 1 – маршрут мультимодальной перевозки является самым оптимальным как по стоимости, так и по времени. Так как большая часть маршрута выполняется железнодорожным транспортом, а при перевозке по морю ж/д цистерна вместе с грузом перемещается на пароме, это значительно снижает время на погрузо-разгрузочные работы не требует совершения дополнительных маневров, например, как с бочками и перегрузкой битума наливом с одного на другой вид транспорта.

Заключение

В данной статье были описаны основные транспортные характеристики дорожного битума, степень опасности груза и маркировка, алгоритм выполнения погрузочно-разгрузочных работ, условия безопасности при транспортировке, необходимая документация и определены объемы перевозок. Также был подобран специализированный железнодорожный, автомобильный, морской и речной транспорт.

Главной задачей стояло – организовать перевозку дорожного битума из Ярославля в Софию (Болгария) с годовым объемом поставки 1440 т. В качестве маршрутов было рассмотрено три мультимодальные перевозки, в результате был выбран оптимальный – Маршрут № 1 (Ярославль – Севастополь – Варна – София), осуществляемый с помощью железнодорожной четырехосной цистерны модели 15-1566-07 для перевозки вязких нефтепродуктов и битума в количестве двух штук в месяц и грузовым судном-паромом «CONRO TRADER». Годовая стоимость составила 16135643,6 рублей, а время на транспортировку одной партии 6,89 суток.

Библиографический список

1. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. Группа Б43 Межгосударственный стандарт. МКС 75.140. ОКП 02 5612 Дата введения 1990-01-01.
2. ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация и маркировка. Группа Т00 Межгосударственный стандарт. МКС 01.040.13. ОКСТУ 0079 Дата введения 1990-01-01.
3. ГОСТ 14192-96. Маркировка грузов. Группа Д79 Межгосударственный стандарт. МКС 55.200. ОКСТУ 0079 Дата введения 1990-01-01.
4. ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. Группа Б09 Межгосударственный стандарт. МКС 75.080. ОКСТУ 0208 Дата введения 1986-01-01.
5. ГОСТ 13950-91 Бочки стальные сварные и закатные с гофрами на корпусе. Межгосударственный стандарт. Группа Д82. Технические условия. ОКП 14 1511, ОКП 14 1512, ОКП 14 1513, ОКП 14 1521, ОКП 14 1522, ОКП 14 1524 Дата введения 1993-01-01.
6. Прейскурант № 10-01. Тарифы на перевозку грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами (Тарифное руководство № 1). Части 1,2. М.: ПФ «Красный Пролетарий», 2003. (с изменениями на 31 января 2017 года).
7. Международный железнодорожный транзитный тариф (МТТ). URL: <https://base.garant.ru/12176661/#> (дата обращения: 28.04.2022).
8. Соглашение о Международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1901924> (дата обращения: 28.04.2022).
9. Расстояние и время. Сирайтес. URL: <https://www.searates.com/ru/services/distances-time/> (дата обращения: 15.05.2022).
10. Международный фрахтовый брокер – сервисы для транспортных компаний, ставки фрахта, трекинг контейнеров, контейнерные перевозки. URL: <https://www.searates.com> (дата обращения: 18.05.2022).
11. Уголков С. В. Особенности организации перевозки живой рыбы // Системный анализ и логистика. Вып. № 3 (21). СПб.: ГУАП., 2019. С. 45–53. ISSN 2077-5687.

УДК 656.055.9

Н. С. Иванова

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – доцент, кандидат военных наук – научный руководитель

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ДОРОГАХ И ПЕРЕКРЕСТКАХ

Введение

Перекресток – это не только пересечение улиц. Это большое общее пространство, где люди так или иначе взаимодействуют друг с другом в течение дня. Даже один человек может выступать в разных ролях на одном перекрестке: переходить его по светофору, проезжать на велосипеде, идти с коляской, покупать что-то в магазине, расположенном рядом, или проезжать по нему на своей машине.

Зоны, где дороги пересекаются друг с другом, считаются одними из наиболее опасных участков, проезд которых требует от автовладельцев особого внимания.

Основные причины аварий на перекрестках

Около 70% всех аварий в стране относятся в основном к мелким дорожно-транспортным происшествиям, при которых, обычно причиняется незначительный и небольшой вред только самим автомобилям [1]. Но, к сожалению, в других 30% случаев все же страдают и гибнут люди. В первую очередь это связано с несоблюдением водителями и пешеходами правил дорожного движения, хотя в последние годы динамика правонарушений в сфере дорожного движения начала падать.

Трудность в грамотном определении приоритета в движении, когда водители не могут сориентироваться, кто именно должен проехать первым. Результат – столкновение автотранспортных средств. При этом авария на перекрестке опасна еще и тем, что таковая способна принять глобальный масштаб, поскольку другие водители могут не успеть затормозить, что приведет к катастрофе.

Сами перекрестки делятся на нерегулируемые, а также регулируемые. Таким образом, в одном случае движение со светофором, а в другом с регулировщиком.

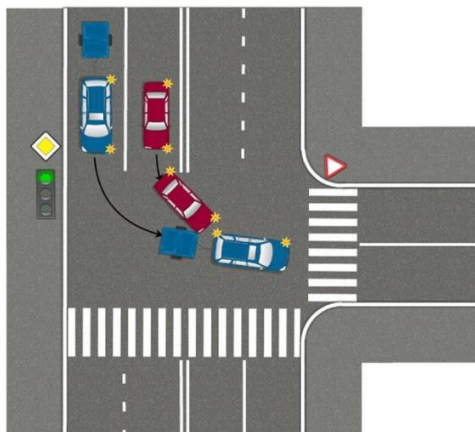


Рис. 1. ДТП на перекрестке при обгоне

В качестве причин аварий, случающихся на перекрестках, можно выделить:

- игнорирование приоритета в движении, если пересекаются главная и второстепенная дороги, или есть соответствующие знаки;
- проезд одного из участников на красный или желтый сигналы светофора;

- высокая скорость вопреки правилам;
- обгон там, где он запрещен, или в зоне слияния равнозначных дорог;
- спорная ситуация при завершении маневра одним из авто на пересечении главного и второстепенного направления [2].

Предложения для улучшения дорожной инфраструктуры

Рассмотрим предложения для исправления дорожной инфраструктуры, по снижению опасности на дорогах и по созданию условий для комфортного передвижения на автомашинах.

1. Более грамотное круговое движение. По данным органов ГИБДД около 10 процентов всех аварий в стране связано именно с несоблюдением правил дорожного движения при проезде машины кругового движения. в связи с тем, что за последние годы уже несколько раз менялись правила проезда кругового движения, многие водители стали просто путаться при проезде такого перекрестка с круговым движением [3]. Из-за этой самой путаницы пострадало не мало водителей. Несмотря на хорошее знание многими водителями правил дорожного движения большая их часть просто-напросто теряются при виде такого движения.

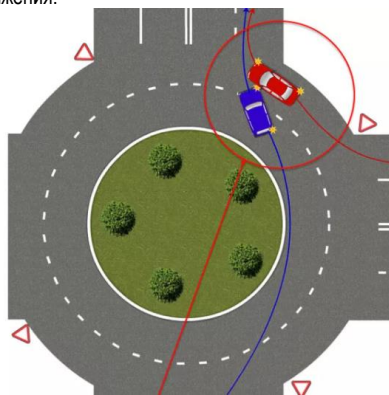


Рис. 2. ДТП на круговом движении

2. Развитие на шоссе станции техобслуживания и базы отдыха. Вдоль всех крупных автомагистралей нужно строить крупные базы отдыха со станциями технического обслуживания автотранспортных средств. Если необходим перерыв в движении или машина нуждается в техническом обслуживании, чтобы не искать крупный населенный пункт отмеченный на карте, необходимы такие зоны. на ближайшей базе отдыха, где есть такой специализированный автосервис широкого профиля. Подобные станции на автошоссе не только помогают, но и способствуют самой безопасности, на дорогах будет меньшее число машин в неисправном состоянии, и к тому же они уменьшают еще и количество аварий связанных с усталостью водителей [4].

3. Улучшение качества разметки и информативности дорожных знаков. Существуют ситуации, когда дорожная разметка и дорожный знак противоречат друг другу. Дело в том, что организации, которые устанавливают дорожные знаки чаще всего никак не связаны с теми компаниями, которые наносят дорожную разметку. Именно по этой причине встречаются на дороге противоречивые дорожные знаки и несоответствующие им разметки. Подобная ситуация часто приводит к серьезным авариям на дорогах.

4. Увеличение ограничения скорости. По мнению зарубежных специалистов и опыту других стран можно сделать определенный вывод, что увеличение ограничения скорости ни как не приведет к сильному всплеску аварийности на дорогах. Решая, как сделать дороги безопасными, можно ограничивать скоростной режим не только используя разметку и ограничительные знаки. Российские нормативы строительства автодорог предусматривают ширину полос 3,5 и даже 3,75 м. Такие

параметры оставляют водителям пространство для маневрирования внутри полосы, формируют обманчивое чувство безопасности. Если сократить ширину полос движения, то при быстрой езде водители потеряют чувство комфорта и подсознательно будут снижать скорость [5].

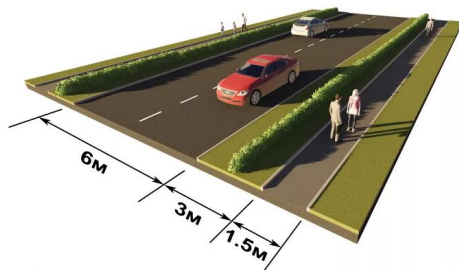


Рис. 3. Ширина автодорог

5. Улучшение качества образования подготовки водителей. Какие бы не были дороги доля всех случающихся аварий связана прежде всего с неопытностью и невнимательностью водителей, пешеходов. В первую очередь, для улучшения дорожной ситуации на дорогах необходимо изменить качество подготовки водителей. Нужно не только вернуть подготовку водителей под государственный контроль, но и увеличить количество часов на их подготовку. Выпуская на дорогу более подготовленных водителей мы тем самым уменьшаем риск, что новичок в чрезвычайной ситуации на дороге может не справиться с управлением автомашины. Главная цель при подготовке водителя, это закрепление теории на той же практике.

6. Грамотная организация пешеходных переходов. Организация данного элемента проезжей части выполняет важную роль в безопасности дорог. Не стоит размещать парковочные места, которые снижают видимость водителей при движении. Главная задача перехода – показать на нем человека. Не имеет смысла размещать десятки дорожных знаков или разноцветную зебру, чтобы обратить внимание на полосы. Именно люди должны быть основным объектом – для этого понадобится достаточный обзор и специальные выступы. Островки безопасности необходимы для разделения длинного пути на две части. В таком случае человек может сосредоточить внимание исключительно на одном направлении транспорта. Ему не нужно прогнозировать, как может резко измениться безопасностью на дороге. Более того, благодаря островкам радиус поворота на перекрестках становится меньше, снижается скорость движения транспортных средств, поскольку происходит смещение полосы [6].



Рис. 4. Перекресток и островки безопасности

7. Современные IT-технологии. В случае аварии или преступления на улице умные устройства могут мгновенно уведомить об этом службы немедленного реагирования. Аналитические данные могут помочь выявлять перекрестки или другие участки дорог с высоким уровнем ДТП или потенциальной опасностью для транспорта и пешеходов. Это может быть полезно для принятия решения о том, как лучше регулировать движение в том или ином месте города: с помощью дорожных знаков, например «Уступи дорогу», «Стоп» или «Пешеходный переход», или светофора.

Заключение

Безопасность дорожного движения является одной из наиболее важных проблем автомобильного транспорта. Анализ аварийности на автомобильном транспорте показывает, что значительная часть ДТП происходит в городах.

Перекрестки считаются очень важной частью дороги. Начинающие водители в первую очередь при обучении в автошколе начинают изучать правила безопасного пересечения перекрестка.

Разработанные мероприятия должны быть максимально эффективны, соответствовать финансовым и техническим возможностям, сократить простой автомобилей, снизить количество вредных выбросов в атмосферу при помощи it-технологий, максимально исключить возможность совершения ДТП и обеспечить безопасность пешеходов. Также снизится количество конфликтных точек.

Библиографический список

1. Кременец Ю. А., Печерский М. П., Афанасьев М. Б. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2015. 279 с.
2. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. В. Организация дорожного движения. М.: Транспорт, 2019.
3. Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ (ред. от 01.12.2007) «О безопасности дорожного движения» (принят ГД ФС РФ от 15.11.1995).
4. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 – 2024 годы. Российская газета.
5. Безопасность движения на перекрестке. URL: <https://bilet-y-pdd.com/blog/obuchenie-vozhdeniyu/dvizheniya-na-perekryostke/> (дата обращения: 03.12.2021).
6. Общие правила поведения участников дорожного движения. URL: <https://culture.tularegion.ru/information/pravila-bezopasnogo-povedeniya-na-doroge/>. (дата обращения: 06.12.2021).

УДК 655.581

Д. В. Калакутская

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В ОБЛАСТИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ РОССИЙСКОГО ИНДЕКСА НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ И БАЗЫ ДАННЫХ SCOPUS

Введение

В статье представлен анализ публикационной активности в области процессов управления в логистической системе на основе российского индекса научного цитирования и базы данных Scopus. Данная область является актуальной в применении так как деятельность любого объекта транспортной инфраструктуры тесно связано с необходимостью транспортировки. На сегодняшний день процесс транспортировки осложняется: низкой скоростью логистического цикла; долгим документооборотом и наличием в нем ошибок. Организовать все перемещения, сведя затраты к минимуму – в этом и заключается основная задача транспортной логистики. На сегодняшний день наблюдается использование на предприятиях разобщенной системы передачи информации между участниками логистических цепочек. Что приводит к росту трансформационно-транзакционных издержек, а также к увеличению логистического цикла.

Этапы работы в программе VOSviewer

Шаг 1. Выбор типа данных. На данном этапе нужно определить тип данных создание карты на основе библиографических данных. Этот параметр применяется при создании соавторства, совпадения ключевых слов, цитирования библиографической связи или карты совместного цитирования на основе библиографических данных (рис. 1).

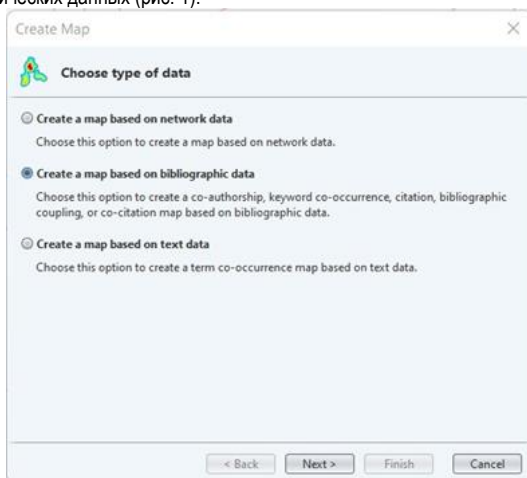


Рис. 1. Выбор типа данных

Шаг 2. Выбор источника данных. Выбираем пункт считывание данных из файлов: Web of science, Scopus, Dimensions и PubMed

Шаг 3. Выбор файлов. На данном этапе загружаются файлы из Scopus в разрешении csv.

Шаг 4. Выбор типа анализа и метод подсчета. На данном этапе выбирается тип анализа – соавторство, единица анализа – по авторам, метод подсчета – полный (рис. 2).

Create Map

Choose type of analysis and counting method

Type of analysis: Co-authorship
 Co-occurrence
 Citation
 Bibliographic coupling
 Co-citation

Unit of analysis:
 Authors
 Organizations
 Countries

Counting method: Full counting
 Fractional counting

VOSviewer thesaurus file (optional):

Ignore documents with a large number of authors
 Maximum number of authors per document:

< Back Next > Finish Cancel

Рис. 2. Выбор типа анализа и метод подсчета

Шаг 5. Выбор пороговых значений. На данном этапе устанавливается минимальное количество документов авторов – 1.

Шаг 6. Выбор количества авторов. На данном этапе для каждого автора рассчитывается общая сила связей соавторства с другими авторами, выбираются авторы с наибольшей общей силой ссылок.

Шаг 7. Проверка выбранных авторов. На данном этапе формируется список авторов, который можно сохранить в виде документ формата .txt (рис. 3).

Create Map

Verify selected authors

Selected	Author	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	chernyak a.v.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	chuchalin a.g.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	ibaraki k.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	kalmanova e.n.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	kim t.g.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	kostinov m.p.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	kryukova n.o.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	kuropatkina t.a.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	maehara h.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	medvedev o.s.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	pozdneyakova d.d.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	ryabokon a.m.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	shogenova l.v.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	svitich o.a.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	tuet t.t.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	varfolomeev s.d.	1	0	16
<input checked="" type="checkbox"/>	varukhodtseva k.a.	1	0	16

< Back Next > Finish Cancel

Рис. 3. Проверка выбранных авторов

Шаг 8. Результат создания карты по выбранным характеристикам (рис. 4, 5).

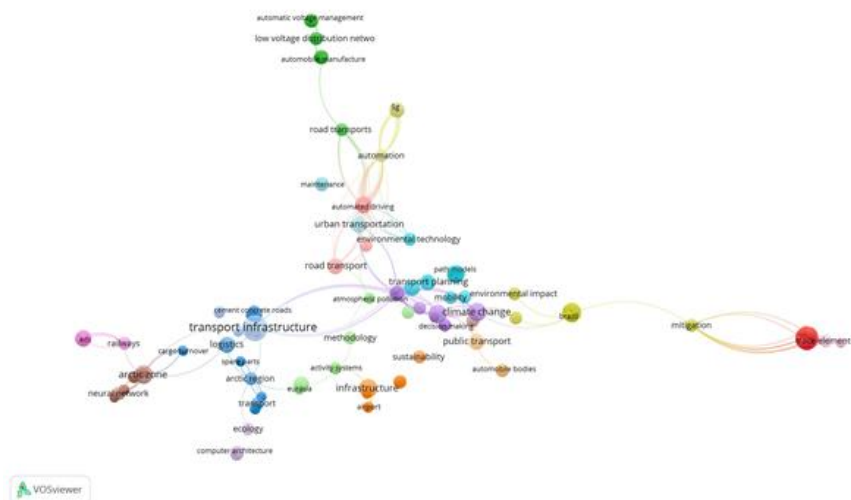


Рис. 4. Визуализация сети для наукометрической картины по ключевым словам

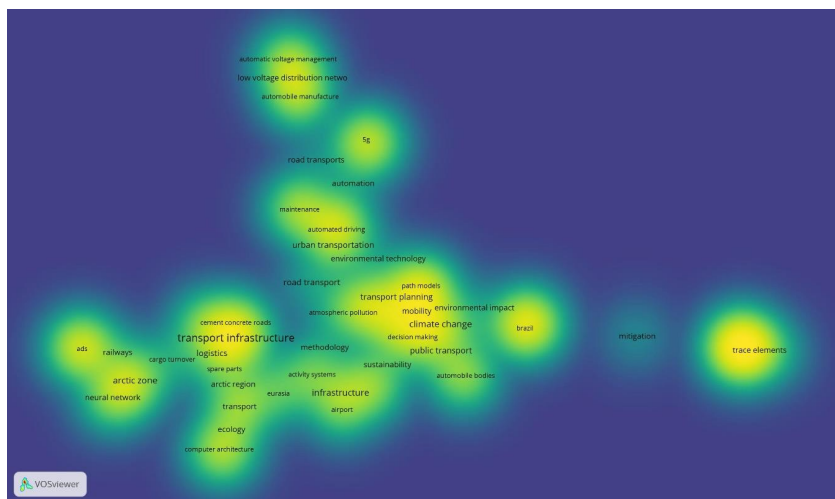


Рис. 5. Визуализация плотности наукометрической картины по ключевым словам

Наукометрические картины по ключевым словам и по авторам

Авторами статьи использовано 643 ключевых слова, из них наиболее часто встречаются такие как: transport infrastructure – 8 раз, количество ссылок – 61, climate change – 4 раза, ссылок – 82,

transportation infrastructure – 4 раза, ссылок – 55, наименее часто встречается слово – transport models (рис. 6, 7).

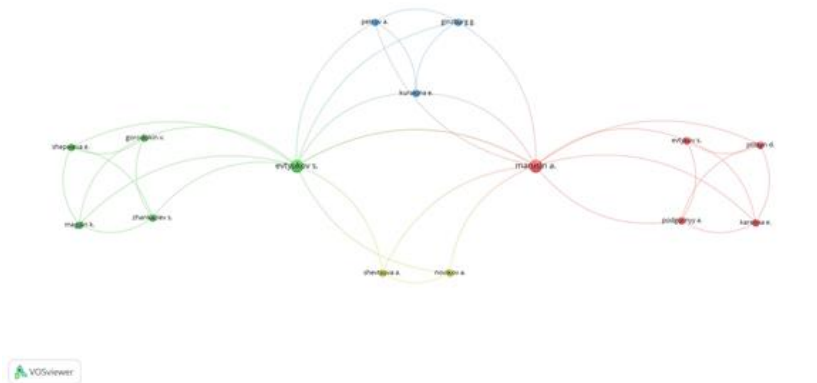


Рис. 6. Визуализация сети для наукометрической картины по авторам

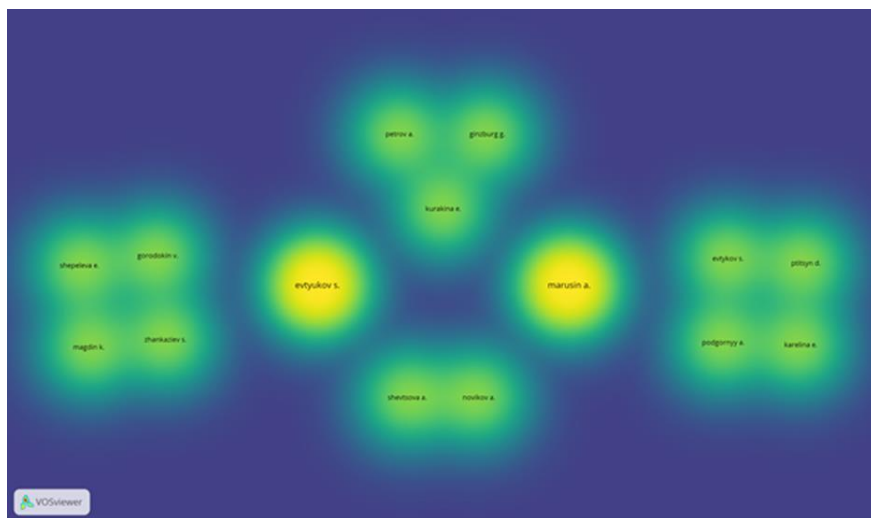


Рис. 7. Визуализация плотности для наукометрической картины по авторам

В данной наукометрической картине наибольшее количество статей у авторов Евтюхов С., Марусин А. – по 3 статьи, на них ссылаются по 11 раз, далее следуют авторы Филиппова Н., Власов В., у которых по 2 статьи и 9 ссылок, у авторов Басков В., Игнатов А., Исаева Е., Трофименко Ю. по 2 статьи и по 7 ссылок далее следуют авторы, у которых по 1 статье.

Выполнение наукометрического анализа BIBLIOMETRIX

Шаг 1. Основная информация о файле (табл. 1).

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Для выполнения задания, необходимо создать новый проект на сайте <https://login.rstudio.cloud/>, где с помощью Biblioshiny можно провести анализ данных.

Таблица 1

Основная информация о файле

Description	Results
MAIN INFORMATION ABOUT DATA	
Timespan	2018:2021
Sources (Journals, Books, etc)	411
Documents	863
Average years from publication	0,267
Average citations per documents	0,1101
Average citations per year per doc	0,05118
References	57229
DOCUMENT TYPES	
article	457
book	27
book chapter	60
conference paper	241
conference review	4
editorial	8
note	1
review	65
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	4388
Author's Keywords (DE)	3544
AUTHORS	
Authors	3030
Author Appearances	3373
Authors of single-authored documents	91
Authors of multi-authored documents	2939
AUTHORS COLLABORATION	
Single-authored documents	101
Documents per Author	0,285
Authors per Document	3,51
Co-Authors per Documents	3,91
Collaboration Index	3,86

Основная информация о файле содержит такие сведения, как например среднее цитирование, в данном случае оно равно 0,11.

Шаг 2. Ежегодная научная продукция. На данном этапе можно проследить скорость роста количества статей по теме исследования. В 2018 г. – 38, в 2019 г. – 36, в 2020 г. – 44, в 2021 г. – 745, следовательно, количество статей выросло с 2018 по 2021 г. в 20 раз (рис. 8).

Annual Scientific Production

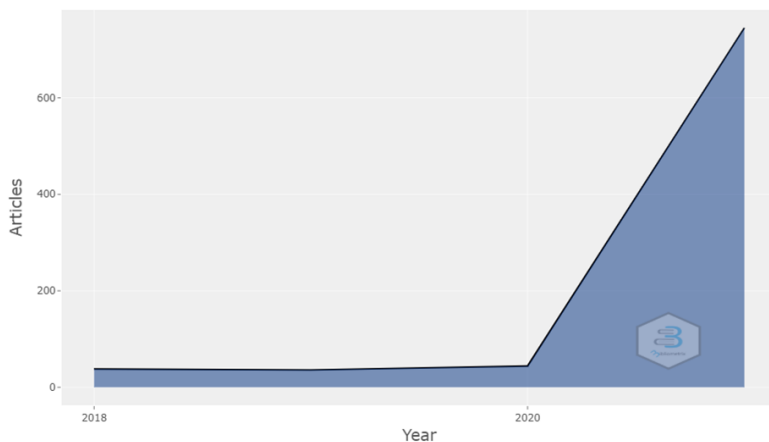


Рис. 8. Ежегодная научная продукция

Шаг 3. Среднее количество цитирований статей в год. На данном этапе определяется среднее количество цитирований статей в год. В связи с тем, что пик приходится на 2021 год, можно сделать вывод о том, что к 2021 г. среднее цитирование увеличилось (рис. 9).

Average Article Citations per Year

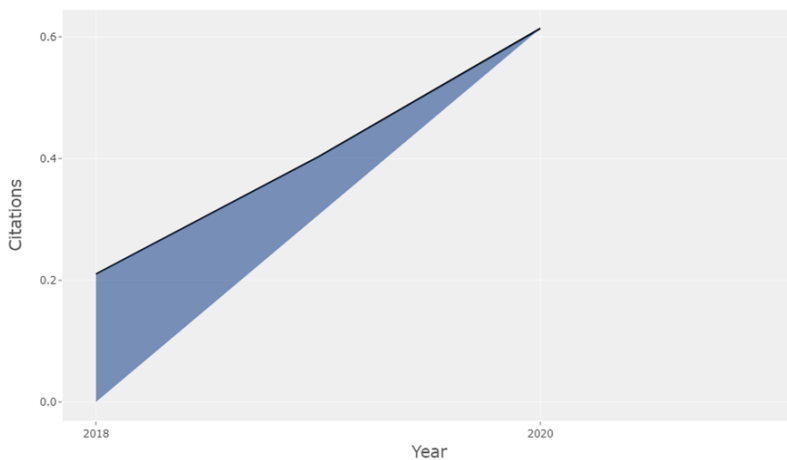


Рис. 9. Среднее количество цитирований статей в год

Шаг 4. Определение Индекса Хирша. Для данного файла Индекс Хирша у всех авторов одинаковый и равен 1. Результаты проведенной работы могут свидетельствовать о том, что данная тема является новой, пока еще мало изученной учеными (рис. 10).

Element	h_index	g_index	m_index	TC	NP	PY_start
ABERNETHY S	1	1	1.000	2	1	2021
ALTKORN B	1	1	0.500	1	1	2020
AMAN JJC	1	1	1.000	1	1	2021
ANTONIOU C	1	1	1.000	2	1	2021
ARCIDIACONO D	1	1	0.333	2	1	2019
ASCE COMMITTEE ON ADAPTATION TO A CHANGING CLIMATE ASCECAC	1	1	0.250	9	1	2018
AYYUB BM	1	1	0.250	9	1	2018
CANADELL JG	1	1	1.000	2	1	2021
CARONELLO M	1	1	1.000	2	1	2021
CHILVERS J	1	1	0.250	15	1	2018
CIECHANOWSKA M	1	1	0.500	1	1	2020
DAMON MATTHEWS H	1	1	1.000	2	1	2021
DAVIS SJ	1	1	1.000	2	1	2021
DE RICHTER R	1	1	1.000	2	1	2021
DUDA A	1	1	0.500	1	1	2020
DUGGAN M	1	1	0.333	2	1	2019
ELSHETAWY Y	1	1	1.000	1	1	2021
EZZAT AMIN R	1	1	1.000	2	1	2021
FOSCH-VILLARONGA E	1	1	0.333	15	1	2019
FRON S	1	1	1.000	2	1	2021
FUSS S	1	1	1.000	2	1	2021
HEYER AJ	1	1	1.000	2	1	2021
HONG C	1	1	1.000	2	1	2021
JACKSON RB	1	1	1.000	2	1	2021
JAGER HI	1	1	0.500	2	1	2020
JONES CD	1	1	1.000	2	1	2021
KATRAKAZAS C	1	1	1.000	2	1	2021
KRASODOMSKI M	1	1	0.500	1	1	2020
KRASODOMSKI W	1	1	0.500	1	1	2020
KUPTSOV M	1	1	0.333	1	1	2019
KUTCHEROV V	1	1	1.000	1	1	2021
LAH O	1	1	1.000	1	1	2021
LANGE S	1	1	0.500	5	1	2020
LIN Y	1	1	1.000	2	1	2021
LOBO CL	1	1	1.000	1	1	2021
MATSUMOTO K	1	1	1.000	1	1	2021
MCMANAMAY RA	1	1	0.500	2	1	2020
MORITA K	1	1	1.000	1	1	2021
NEVZOROVA T	1	1	1.000	1	1	2021
NOORT CV	1	1	1.000	1	1	2021
NURSE A	1	1	0.500	5	1	2020
O'CONNOR FM	1	1	1.000	2	1	2021
OBERGASSEL W	1	1	1.000	1	1	2021
OBLAKH	1	1	1.000	1	1	2021

Рис. 10. Определение Индекса Хирша

Ранжирование публикаций по значимости в рейтингах

Ранжирование публикаций по значимости в рейтингах. Квартиль (Q) – степень престижности, популярности журнала в базе данных Scopus. Всего их 4 – Q1, Q2, Q3 и Q4. При этом Q1 – самый высокий квартиль, Q4 – самый низкий. В Scopus квартилями обладают журналы, которые индексируются в нем 3 года и более.

Квартиль Q1:

1. Transportation.
2. EURO Journal on Transportation and Logistics.
3. Research in Transportation Business and Management.
4. Journal of Air Transport Management.

Квартиль Q2:

1. Transportation Research Procedia.
2. Journal of Advanced Transportation.

Квартиль Q3:

1. Zhongguo Gonglu Xuebao/China Journal of Highway and Transport.
2. Open Transportation Journal.
3. Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxil/ Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology

Квартиль Q4:

1. International Journal of Transport Development and Integration

Было произведено ранжирование публикаций по значимости в рейтингах с помощью информационной системы <https://www.scimagojr.com/>. Наиболее высокими квартилями Q1 обладают журналы: Transportation, EURO Journal on Transportation and Logistics, Research in Transportation Business and

Management, Journal of Air Transport Management. Наиболее низким квартилем Q4 обладает журнал: International Journal of Transport Development and Integration (табл. 2 – 5, рис. 11 – 14).

Таблица 2

Квартиль Q1. Журнал «Transportation»

Type	SJR	H index	Total Docs. (2020)	Total Docs. (3 years)	Total Refs. (2020)	Total Cites (3 years)	Citable Docs. (3 years)	Cites/Doc. (2 years)	Ref./Doc. (2020)
journal	0,577	46	438	667	17331	2071	648	2,93	39,57

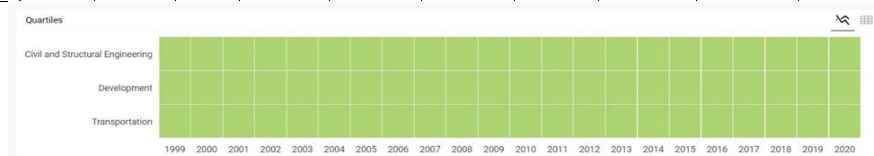


Рис. 11. Информация о журнале «Transportation»

Таблица 3

Квартиль Q2. Журнал «Journal of Advanced Transportation»

Type	SJR	H index	Total Docs. (2020)	Total Docs. (3 years)	Total Refs. (2020)	Total Cites (3 years)	Citable Docs. (3 years)	Cites/Doc. (2 years)	Ref./Doc. (2020)
journal	0,577	46	438	667	17331	2071	648	2,93	39,57

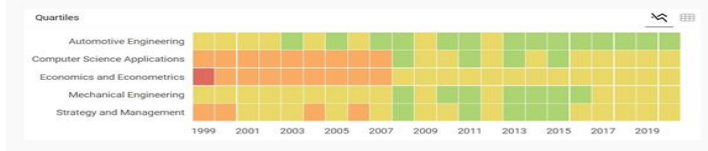


Рис. 12. Информация о журнале «Journal of Advanced Transportation»

Таблица 4

Квартиль Q3. Журнал «Open Transportation Journal»

Type	SJR	H index	Total Docs. (2020)	Total Docs. (3 years)	Total Refs. (2020)	Total Cites (3 years)	Citable Docs. (3 years)	Cites/Doc. (2 years)	Ref./Doc. (2020)
journal	0,293	9	27	64	910	84	62	1,35	33,70

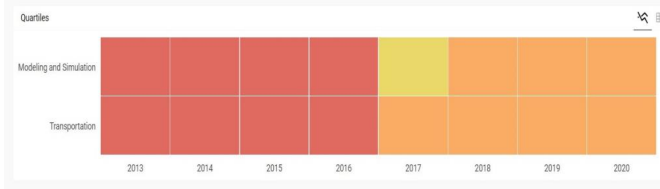


Рис. 13. Информация о журнале «Open Transportation Journal»

Квартиль Q4. Журнал «International Journal of Transport Development and Integration»

Type	SJR	H index	Total Docs. (2020)	Total Docs. (3 years)	Total Refs. (2020)	Total Cites (3 years)	Citable Docs. (3 years)	Cites/Doc. (2 years)	Ref./Doc. (2020)
journal	0,195	7	24	116	446	78	116	0,70	18,58

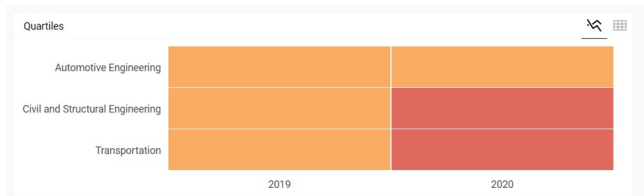


Рис. 14. Информация о журнале «International Journal of Transport Development and Integration»

На основании проведенного исследования была определена публикационная активность, представленная в Scopus, в области процессов управления в логистической системе. На основании сформированных запросов была построена аналитика по ключевым словам и по авторам.

Исходя из полученной публикационной активности видно, что несмотря на малоизученность темы число публикаций в 2020 г. возросло по сравнению с 2019 г. – это говорит о тенденции увеличения интереса к тематике руководства данными. Небольшое число найденных работ и в то же время актуальность темы в мире свидетельствуют о том, что теория не успевает за практикой, равно как и то, что данная область крайне перспективна для дальнейших исследований.

Библиографический список

1. RStudio Cloud. URL: <https://login.rstudio.cloud/> (дата обращения: 03.05.2021).
2. Scimago Journal & Country Rank. URL: <https://www.scimagojr.com/> (дата обращения: 03.05.2021).
3. Scopus Preview. URL: <https://www.scopus.com/> (дата обращения: 03.05.2021).
4. Российский индекс научного цитирования: научная электронная библиотека. URL: https://www.elibrary.ru/project_risc.asp? (дата обращения: 03.05.2021).

УДК 656.086

Н. А. Ларионов

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ НА ИССЛЕДУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ: УЛИЦА ПОГРАНИЧНИКА ГАРЬКАВОГО И ПЕТЕРГОФСКОЕ ШОССЕ

Введение

Транспорт (от лат. *transporto* – переносу, перемещая, перевозжу) – одна из важнейших и крупнейших отраслей общественного производства, огромная сфера приложения человеческого труда и потребления материальных ресурсов, гигантская динамическая система.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, автомобилизация наряду с безусловно положительным влиянием на экономику и социальное развитие государств несет в себе и отрицательные последствия, связанные с большим числом дорожно-транспортных происшествий (ДТП), погибших и раненых, огромным материальным ущербом, негативным влиянием на экологическое состояние городской среды, загромождением улиц стоящими автомобилями [1].

Существующая организация дорожного движения на исследуемом перекрестке: улица Пограничника Гарькавого

Схема существующей организации дорожного движения на пересечении Петергофского шоссе и ул. Пограничника Гарькавого представлена на рис. 1.

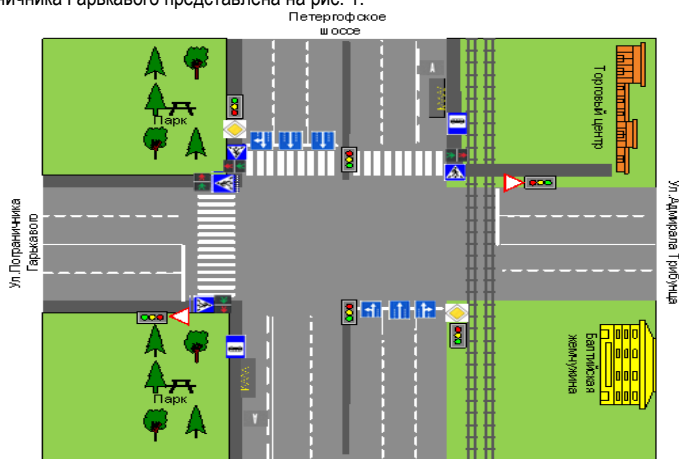


Рис. 1. Существующая схема ОДД на исследуемом перекрестке

Непосредственно на данном пересечении дорог Петергофское шоссе имеет ширину проезжей части 19 м, по три полосы в каждом направлении, ширина каждой полосы – 3 м, разделительная полоса шириной 1 м. Крайняя правая полоса в обоих направлениях, на выезде с перекрестка, выделена для движения маршрутного транспорта, также здесь расположены оборудованные остановки.

Рассматривая перекресток по направлению движения от Санкт-Петербурга в сторону Петергофа, направо расположена улица Адмирала Трибуца, налево улица Пограничника Гарькавого. Ширина проезжей части на этих улицах – 14 м, эти дороги имеют по две полосы в каждом направлении, ширина каждой полосы – 3,5 м.

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Состояние дорожного покрытия, ограждений, дорожной разметки и дорожных знаков в норме. Также справа от шоссе имеется выделенная трамвайная линия, движение трамваев по ней подчиняется сигналам основных светофоров перекрестка. Слева от Петергофского шоссе расположен городской парк, справа – возведенный бизнес-центр и торговый комплекс «Балтийская жемчужина».

Интенсивность транспортных и пешеходных потоков

Замеры интенсивности транспортных и пешеходных потоков и их состав проводились 04.04.2022, в понедельник. Интервал времени: утро – с 08.00 до 09.00; день – с 13.00 до 14.00; вечер – с 18.00 до 19.00. На основании полученных данных были выведены средние величины интенсивности транспортных потоков, результаты замеров представлены в табл. 1.

На городских улицах различаются не только плотность движения, но и его состав. Из представленной таблицы видно, что транспорт идет через перекресток достаточно разнородный. Основная часть – это легковые автомобили, также достаточно автобусов и грузовых автомобилей.

Для большей наглядности предоставим эту информацию на схеме (рис. 2), здесь интенсивность транспортных потоков представлена в приведенных к легковому автомобилю единицах [2].

Таблица 1

Интенсивность транспортных потоков на исследуемом перекрестке

Петергофское шоссе в сторону Петергофа				
1 полоса		2 полоса	3 полоса	
направо	прямо	прямо	прямо	налево
Фактические, ед/ч				
147 Л	57 Л	578 Л	134 Л	261 Л
1 Г	13 Г	16 Г	–	2Г
6 А	30 А	–	–	3А
Приведенные, ед/ч				
165	179	618	134	275
Ул. Пограничника Гарькавого				
1 полоса		–	2 полоса	
направо	прямо	–	прямо	налево
Фактические, ед/ч				
120 Л	178 Л	–	136 Л	123 Л
1 Г	1 Г	–	–	4 Г
Приведенные, ед/ч				
123	181	–	136	133
Петергофское шоссе в сторону Санкт-Петербурга				
1 полоса		2 полоса	3 полоса	
направо	прямо	прямо	прямо	налево
Фактические, ед/ч				
216 Л	176 Л	580Л	613 Л	42 Л
5 Г	5 Г	14Г	0 Г	4Г
–	31 А	–	–	–
Приведенные, ед/ч				
229	281	615	613	52
Ул. Адмирала Трибуца				
1 полоса		–	2 полоса	
направо	прямо	–	прямо	налево

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Фактические, ед/ч				
284 Л	192 Л	–	170 Л	118 Л
5 Г	2 Г	–	4 Г	4 Г
Приведенные, ед/ч				
296	197	–	180	136

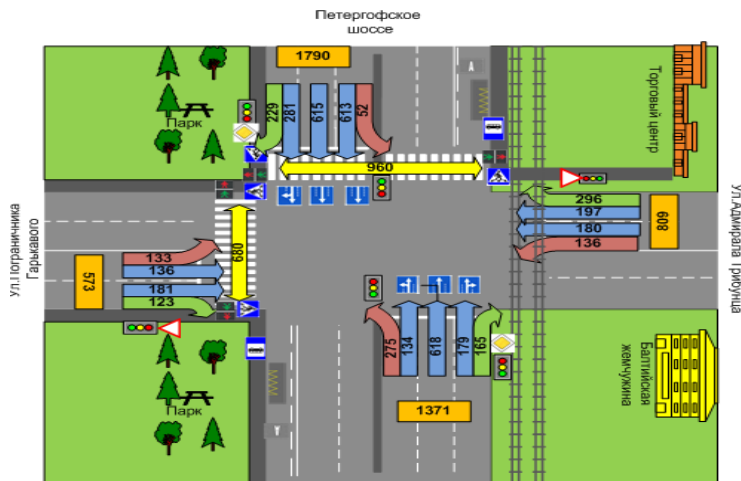


Рис. 2. Схема интенсивности транспортных и пешеходных потоков

Обратим внимание на некоторые особенности в схеме. При замерах интенсивности в реальных условиях, неожиданно было замечено, что со стороны Петергофа, с левой полосы, не смотря на знак 5.15.2 «Направление движения по полосе», где движение по левой полосе может быть только прямо, некоторые автомобили, совершали поворот налево на ул. Адмирала Трибуца. С правой стороны дороги перед перекрестком расположена табличка с предписанием о том, что необходимо повернуть на ул. Пограничника Гарькавого, там совершить разворот, далее прямо на ул. Адмирала Трибуца. Тем не менее, некоторые водители игнорируют эти требования, что еще больше осложняет ситуацию на данном перекрестке.

Мероприятия по снижению аварийности на исследуемом объекте

Уменьшению тяжести конфликтных ситуаций в основном способствует уменьшение разности скоростей в местах соприкосания транспорт-транспорт, транспорт-пешеходы.

Можно выделить три мероприятия по снижению конфликтных ситуаций на уличной сети без коренной реконструкции:

- уменьшение числа переходов через улицы пешеходами и умелое применение заграждений (вынуждает пешеходов переходить улицы в более безопасных местах);
- улучшение условий перехода – уменьшение движения, улучшение видимости;
- снижение тяжести конфликтных ситуаций путем ограничения скоростей движения автотранспорта.

Для предотвращения столкновений и образования затора на самом кольце необходимо вводить приоритет для движения по Петергофскому шоссе, перед въездами установить знаки 2.1 "Главная дорога", с табличкой 8.13 направление главной дороги а по направлению от ул. Пограничника Гарькавого в сторону ул. Адмирала Трибуца и обратно, знаки 2.4 «Уступи дорогу» с табличкой 8.13 направление главной дороги Необходимо подчеркнуть, что развязки кругового типа обязательно должны быть обо-

значены на всех въездах знаком 4.3 "Круговое движение". Знак 1.5 "Пересечение с трамвайной линией" устанавливают перед пересечением дороги с трамвайными путями вне перекрестка. Знаки 6.10.1 "Указатель направлений" применяют для указания направления движения к населенным пунктам и другим объектам. (ГОСТ Р 52289-2004). Исходя из этого, в данном проекте предлагается устройство кольцевого пересечения на исследуемом перекрестке (рис. 3) [3].

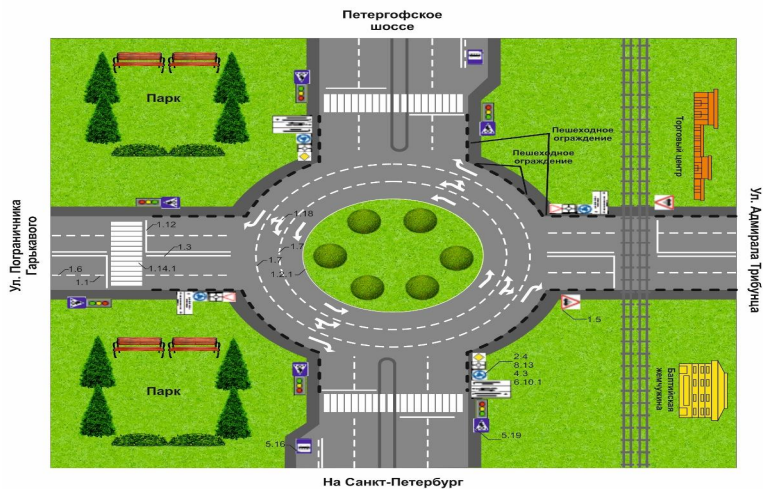


Рис. 3. Устройство кольцевого пересечения на исследуемом перекрестке

На основе уже проведенных исследований интенсивности транспортных потоков в условиях существующей организации дорожного движения, можно предположить, что после проведения мероприятий по устройству кольцевого пересечения на данном перекрестке, интенсивность транспортных потоков в ближайшие 5 лет будет распределяться следующим образом рис. 4 [4].

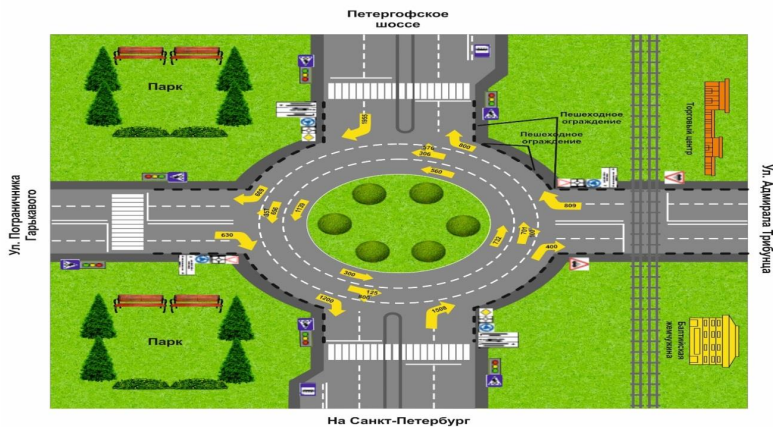


Рис. 5. Перспективная интенсивность транспортных потоков на кольцевом пересечении

Заключение

По итогам проведенного исследования, можно предположить, что после проведения мероприятий по устройству кольцевого пересечения на исследуемом перекрестке, тяжесть конфликтных ситуаций снизится в несколько раз.

Библиографический список

1. ФЦП «Повышение безопасности дорожного движения 2013 – 2020 гг.» от 8 октября 2013 г.
2. Косоланов А. В., Жданов В. Л., Зуев Д. В. Методические указания «Организация и безопасность движения на автомобильном транспорте» Кемерово. 2001.
3. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения.
4. Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог «Транспорт». 1980.

УДК 656.022.9

О. С. Молчанова

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ, ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ ЕВРОПЫ И АЗИИ

Введение

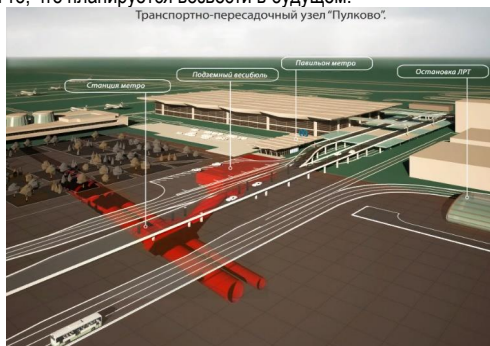
Транспортная проблема является одной из важнейших проблем мегаполисов и крупных городов, которая с их ростом и развитием приобретает все более острый градостроительный, социальный и экономический характер. Создание транспортно-пересадочных узлов и организация их эффективного функционирования является актуальной задачей для крупных городов не только России, но также большинства развитых стран евразийского и американского континентов.

Характеристика транспортно-пересадочных узлов, основные задачи и классификация

«Транспортно-пересадочный узел (далее – ТПУ) – комплекс объектов недвижимого имущества, включающий в себя земельный участок либо несколько земельных участков с расположенными на них, над или под ними объектами транспортной инфраструктуры, а также другими объектами, предназначенными для обеспечения безопасного и комфортного обслуживания пассажиров в местах их пересадок с одного вида транспорта на другой» [1].

«ТПУ первого уровня – ТПУ, обслуживающий пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой в отношении международных, междугородних, пригородных и городских маршрутов транспорта, включающий в том числе вокзалы, станции внешнего транспорта, станции скоростного внеуличного транспорта и остановочные пункты городского пассажирского транспорта» [2].

На рис. 1 изображен проект ТПУ 1 уровня – «Пулково», перечислены состав на данный момент и то, что планируется возвести в будущем.



Транспортно-пересадочный узел «Пулково».

Состав данного ТПУ:

- терминалы аэропорта;
- автобусные остановки.

В перспективе:

- терминал «Аэроэкспресса»;
- станция метро;
- перехватывающая парковка;
- станция легкорельсового транспорта (ЛРТ).

Рис. 1. «Пулково» – ТПУ 1 уровня

«ТПУ второго уровня – ТПУ, обслуживающий пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой в отношении междугородних, пригородных и городских маршрутов транспорта, включающий в том числе вокзалы, станции внешнего транспорта, станции скоростного внеуличного транспорта, остановочные пункты городского пассажирского транспорта, перехватывающие парковки» [2].

Ниже на рис. 2 изображен ТПУ 2 уровня – «Купчино». Состав данного ТПУ: станция метро, железнодорожная станция, остановки трамваев, троллейбусов, автобусов.



В перспективе: строительство автовокзала, пешеходной галереи и конечной станции ЛРТ до Пулкового и г. Южный, многоуровневый паркинг.

Рис. 2. «Купчино» – ТПУ 2 уровня

«ТПУ третьего уровня – ТПУ, обслуживающий пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой в отношении маршрутов различных видов городского транспорта, включающий в том числе станции скоростного внеуличного транспорта, остановочные пункты городского пассажирского транспорта, парковки» [2].

В качестве примера на рис. 3 представлен ТПУ 3 уровня – «Сенная площадь». Состав данного ТПУ: станции метро, остановки трамвая и автобусов. В перспективе реконструкция существующих и строительство двух подземных пешеходных переходов, перенос остановок трамвая и автобусов, реконструкция Сенной площади.

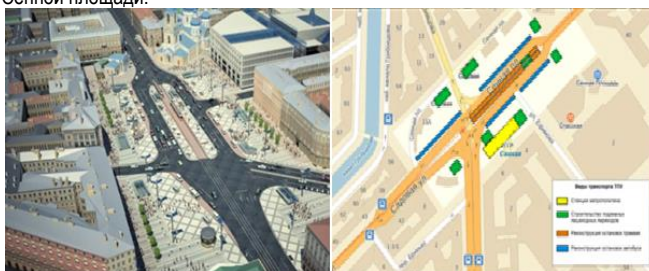


Рис. 3. «Сенная площадь» – ТПУ 3 уровня

Основные задачи ТПУ: создание инфраструктуры для обеспечения потребностей перевозчиков и пассажиров смежных видов транспорта в соответствии с современными требованиями; обеспечение комплексной безопасности населения на транспорте; создание удобной улично-дорожной сети; организация оптимальной схемы движения пассажиров различных видов транспорта и посетителей в рамках ТПУ; организация беспрепятственного перемещения маломобильных групп; упорядочивание пешеходных и транспортных потоков; уменьшение времени, затраченного пассажирами на пересадку с одного вида транспорта на другой; оптимизация мест остановки общественного транспорта.

Предпосылки для создания ТПУ: высокая интенсивность транспортных и пешеходных потоков, удовлетворительная оснащенность мест накопления транспорта, наличие пробок, аварийность.

Транспортно-пересадочный узел определяет эффективность транспортного комплекса на рассматриваемом участке и влияет на оценку развития всех видов транспорта общего пользования. Транспортно-пересадочные узлы являются основными элементами городской интермодальной транспортной системы. С целью определения уровня значимости транспортно-пересадочных узлов следует вычислить универсальный показатель – ранг узла по формуле [3].

$$R = L \cdot k_L + P \cdot k_P + G \cdot k_G + M \cdot k_M + U \cdot k_U + S \cdot k_S + T \cdot k_T + C \cdot k_C,$$

где L – уровень связей; P – суточный пассажирооборот; G – количество групп видов транспорта; M – количество маршрутов и регулярность движения наземного общественного транспорта; U – количество линий городского внеуличного общественного транспорта; S – количество направлений и регулярность движения пригородного транспорта; T – суточный поток индивидуального транспорта в узле; C – принадлежность узла к общественно-деловому центру города; $k_L, k_P, k_G, k_M, k_U, k_S, k_C, k_T$ – коэффициенты приведения.

При максимальных значениях всех показателей ранг узла равен 10.

Особенности развития зарубежных транспортно-пересадочных узлов

Во многих странах Европы и Америки вместо привычных традиционных вокзалов возводятся сложные многофункциональные комплексы. Помимо необходимых объектов транспортной инфраструктуры, обязательно должны присутствовать места отдыха пассажиров, магазины, кафе и другое.

Примером реализации данного принципа служит район в штате Орегон (США). Транспортная инфраструктура вблизи станции метрополитена максимально адаптирована для пешеходов: все офисные помещения, жилые дома, гостиницы расположены максимально близко друг к другу, что сокращает время передвижения. Крупнейшим вокзалом в Европе является Центральный вокзал Берлина (рис. 4). Еще одним примером нестандартного транспортно-пересадочного узла является терминал в Италии, получивший название «здание-мост» Afragol station. На его территории уместились исследовательский центр, выставочный комплекс, спортивные площадки.



- Пятиуровневые железнодорожные пути спроектированы в многоэтажном здании, общей площадью 175 тыс. км².
- На территории всего комплекса располагается магазины, кафе, имеются места авто- и велопарковок, зоны отдыха.
- Осуществляются услуги по аренде автомобильного транспорта, парикмахерских услуг, продаже туристических путевок.

Рис. 4. Крупнейший транспортно-пересадочный узел Берлина

Особенности развития и функционирования отечественных ТПУ

В Москве перед планированием ТПУ проводят глубокое изучение характеристик района, загруженности дорожной сети, потребностей населения. В зависимости от полученных аналитических данных выбираются необходимые объекты транспортной инфраструктуры, характерные для определенного района, в котором размещается транспортно-пересадочный узел. Так, для спальных районов, целесообразно размещение социальных объектов, для центральных районов города – размещение гостиниц, мест проведения досуга.

К 2022 г. в Москве планируется построить 34 транспортно-пересадочных узла (ТПУ), а всего в течение нескольких лет в столице должно появиться 55 таких объектов – они будут возникать по мере открытия станций метро [4]. Для Москвы это принципиально новая типология, ведь речь идет не о привычных вокзалах и парковках, а о многофункциональных инфраструктурных объектах.

Например, в составе ТПУ «Рязанская» – крупнейшего транспортного хаба столицы, который свяжет станцию МЦК «Нижегородская», станцию метро «Нижегородская улица», пригородные платформы и остановки наземного транспорта – предусмотрен многоярусный ландшафтный парк. Рядом

расположится высотное здание с офисами и апартаментами. Под площадью Павелецкого вокзала, появится трехуровневый торговый центр. В нем разместятся рестораны, кафе и парковка, а на поверхности – ландшафтный парк с фонтаном.

В Санкт-Петербурге в настоящее время ведется активное планирование и строительство ТПУ. На Петербургском международном экономическом форуме (ПМЭФ 2021) был представлен проект строительства 61 нового транспортно-пересадочного узла в Петербурге. Основными задачами создания транспортно-пересадочных узлов является повышение доступности всех видов общественного транспорта как в городе, так и на границе с Ленинградской областью.

Государственной программой Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» для первоочередного строительства были отобраны девять ТПУ у станций метро «Гражданский проспект», «Улица Дыбенко», «Старая Деревня», «Проспект Большевиков», «Купчино», «Парнас», «Рыбацкое», «Проспект Ветеранов» и «Шуваловский проспект» [5].

В связи с прогнозируемым увеличением пассажирского потока к 2030 г. планируется создание высокоразвитых логистических узлов, которые будут включать помимо функциональных вокзальных комплексов с поездами и автобусами, осуществляющими перевозку пассажиров, эффективное устройство транспортной развязки с возможностью быстрого и безопасного доступа к кольцевой автомобильной дороге, перехватывающие парковки, пешеходные галереи, объекты для проведения культурно-досугового отдыха и внедрение инновационных информационных систем с целью повышения качества обслуживания.

Заключение

Таким образом, ТПУ могут снизить загруженность дорожной сети мегаполиса, а также так называемые эффекты «маятниковой миграции» и «образования пустоты» (незадействованные территории внутри сложившейся инфраструктуры). Также предполагается, что возводимые комплексы должны будут обеспечиваться необходимыми перехватывающими парковками. Кроме того, эти ТПУ могут выполнять общественно-деловую функцию. Например, здесь могут быть размещены офисные пространства и гостиницы.

Библиографический список

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
2. Закон Санкт-Петербурга от 14.02.2014 № 23-9 «О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга».
3. Азаренкова З. В. Планировочная организация транспортно-пересадочных узлов // Мир Транспорта. 2012. С. 313.
4. Реализация проектов строительства транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) в городе Москве // Департамент городского имущества города Москвы. URL: <http://p3week.ru/images/2017/20.pdf> (дата обращения: 23.01.2022).
5. Официальный сайт администрации Санкт-Петербурга. URL: <http://gov.spb.ru> (дата обращения: 24.01.2022).

УДК 004.032.26

М. С. Прокофьева

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. А. Андронов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СРЕДЕ ANYLOGIC

Введение

Так как в современном мире, важно умение находить адаптивные решения, при минимальных временных затратах, крупные корпорации все больше обращают внимание на различные методы с применением искусственного интеллекта (ИИ): обучение с подкреплением, искусственные нейронные сети (ИНС) и т. д.

Данные технологии противопоставляются самому часто используемому методу на основе оптимизации, который, как правило, заключается в нахождении экстремального (минимального или максимального) значения целевой функции. Споры о том, какие способы (на основе ИИ или оптимизации) показывают лучшие результаты ведутся до сих пор. Не смотря на огромное количество проведенных исследований, где явный перевес в пользу методов на основе ИИ, все равно существуют условности, которые могут повлиять на выбор, главная из которых – обучение ИИ.

В зависимости оттого насколько сложно, времязатратно и убыточно организовать обучение ИИ, будет ставиться вопрос о замене на более удобный и простой в реализации – метод оптимизации.

Рассматриваемая тема представляет интерес и для изучения транспортных систем, так как она способна предложить более эффективный вариант решения проблемы задания длительности фаз светофорного регулирования.

В качестве примера будет использоваться имитационная модель (ИМ) реального Т-образного перекрестка, который имеет проблемы с регулированием светофорных фаз (рис. 1).

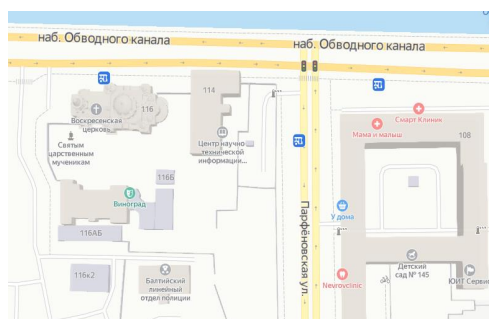


Рис. 1. Перекресток наб. Обводного канала – ул. Парфеновская

Следовательно, целью данной статьи является проведение сравнительного анализа результатов ИМ, между методами с применением ИИ, которые будут включать в себя принципы адаптивного регулирования (обратная зависимость между выбором длительности светофорных фаз и, изменяемой по времени, интенсивностью движения), и оптимизации.

Построение модели

Логика дорожного движения и перекрестка моделируется с помощью стандартных блоков в AnyLogic Road Traffic Library (RTL) или библиотеки дорожного движения. Геометрия дорог и перекрест-

ков моделируется с помощью пространственных разметок из RTL (рис. 2). «W» – обозначен участок дороги до перекрестка, соответствует направлению «запад», название данного участка в модели: roadW; «E» – рассматривается участок дороги после перекрестка, соответствует направлению «восток», название данного участка в модели: roadE; «S» – позиционируется участок дороги, соответствует направлению «юг», название данного участка в модели: roadS.



Рис. 2. Итоговая ИМ перекрестка [1]

Задание интенсивности движения

Автомобили добавляются в систему с помощью шести блоков CARSOURCE (рис. 3). Три элемента SCHEDULE используются для определения скорости прибытия (рис. 4): rateSchedSE_SW – для направления юг/восток (S/E) и юг/запад (S/W); rateSchedES_WS – для направления восток/юг (E/S) и запад/юг (W/S); rateSchedEW_WE – для направления восток/запад (E/W) и запад/восток (W/E) [1].

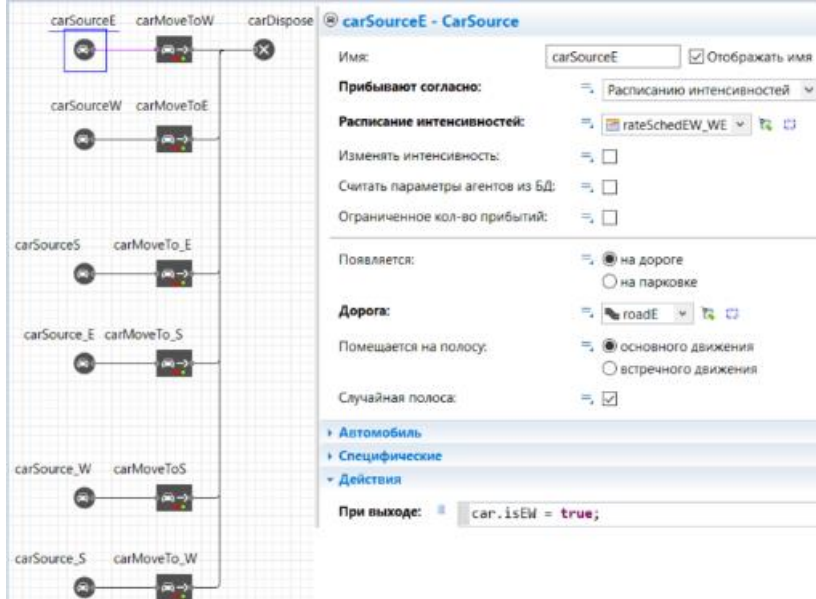


Рис. 3. Блок-схема логики дорожного движения

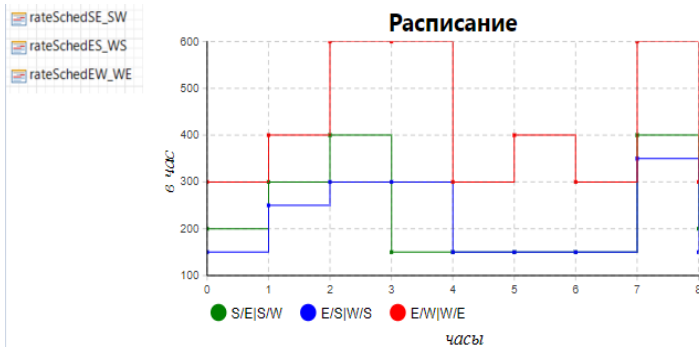


Рис. 4. Расписание скорости прибытий

Моделирование начинается в 8:00 и заканчивается через 8 часов в 16:00. Автомобили, которые добавляются в блок-схему, представляют собой настраиваемый тип агента под названием Car. В этом пользовательском типе агента есть две переменные с именами isNS и birthminutes. Параметр isEW – логическое значение, которое принимает значение true, если автомобиль движется в направлении восток/запад или запад/восток, иначе false. Значение этой переменной устанавливается после сборки автомобиля и при выходе из блока CARSOURCE, в котором он был создан. Код (car.isEW = true или car.isEW = false).

Другая переменная в типе агента Car, birthminutes, записывает время (в минутах), в течение которого создается агент автомобиля. Код (time(TimeUnits.MINUTE)) устанавливается в качестве начального значения переменной.

В блок-схеме также есть четыре блока CARMOVETO, которые предписывают прибывающим автомобилям установить пункт назначения как конец встречной дороги (рис. 5).

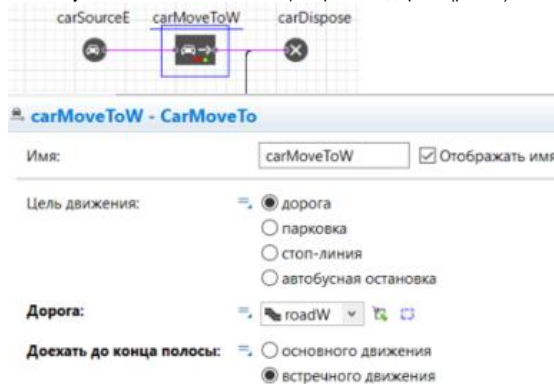


Рис. 5. Демонстрация работы блока carMoveTo

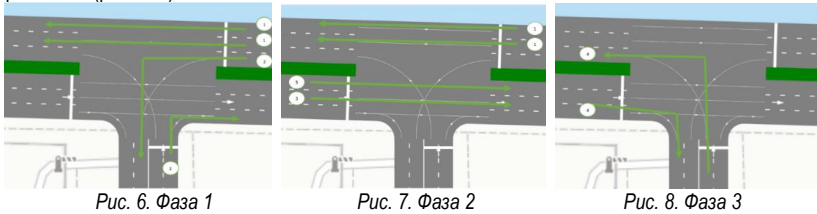
Параметры для задания светофорных циклов

Настройка регулирования движения осуществляется путем внедрения светофорного регулирования. В данном случае используется светосигнальная установка с классическим распределением цветов: красный, зеленый, мигающий желтый. Общий цикл работы светофора $T_c = 125$ с., подсчет был составлен по табл. 1 (с учетом желтых фаз $t_{ж} = 3$).

Время работы фаз

№ фазы, с.	Т фазы, с.
1	30
2	51
3	44
125	

Всего, для рассматриваемой светосигнальной установки, используется 4 группы сигналов. Во избежание путаницы требуется составить схему пофазного разъезда по каждому маршрутному направлению (рис. 6–8).



Далее, в соответствии с рис. 6 – 8, формируется светосигнальная установка в Anylogic за это отвечает блок TRAFFICLIGHT. Этот блок контролирует восемь соединительных полос вокруг перекрестка и имеет шесть фазы (пронумерованные от 0 до 5, как показано на рис. 9). Первая фаза (№ 0) дает право проезда автомобилям в направлении восток/запад, восток/юг и юг/восток. За этим следует (в фазе № 1) короткая желтая фаза. Затем на третьем этапе (№ 2) право проезда предоставляется автомобилям в направлении запад/восток и восток/запад. Фаза (№ 3) – еще одна короткая желтая фаза. После нее идет (№ 4) фаза, которая разрешает проезд в направлении запад/юг и юг/запад. После чего идет последняя желтая фаза (№ 5), как только эта она заканчивается, светофор возвращается к началу.

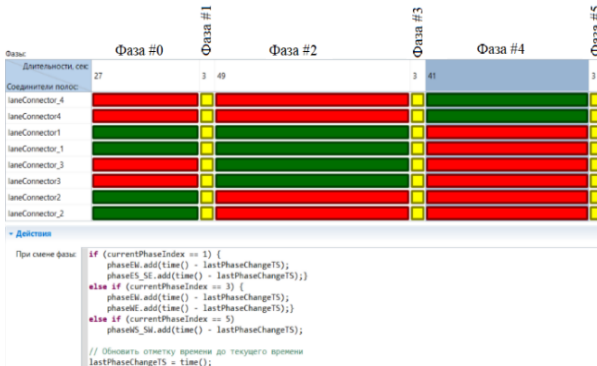


Рис. 9. Блок светофора и код для обновления наборов данных длины фазы зеленого в поле «При изменении фазы»

Чтобы измерить, как долго каждое направление имеет зеленый свет, добавляются четыре набора данных: phaseEW, phaseES-SE, phaseWE, phaseWS-SW. Переменная с именем

lastPhaseChangeTS записывает метку времени, когда свет в последний раз менял фазы. Всякий раз, когда происходит изменение фазы, индекс новой фазы используется для определения того, следует ли добавить продолжительность последней фазы в один из наборов данных.

Продолжительность вычисляется путем взятия текущего модельного времени и вычитания из него значения переменной lastPhaseChangeTS. Если новый индекс равен 1, то последняя фаза была с индексом 0 (т. е. автомобили E/W, E/S и S/E получили право проезда); следовательно, продолжительность должна быть добавлена к PhaseLensEW и phaseES_SE. Та же логика применяется, если новый индекс равен 3 (но со значением, добавляемым к PhaseLensEW и PhaseLensEW), и т. д. Независимо от нового индекса переменная lastPhaseChangeTS всегда обновляется и устанавливается на текущее модельное время (рис. 9).

Анализ базовой модели

Ключевой показатель эффективности перекрестка определяется как среднее время пребывания автомобиля в системе. Это отслеживалось с помощью набора данных с именем tisDS. Когда автомобиль выезжает из системы (через блок CARDISPOSE), к набору данных добавляется время пребывания автомобиля в модели. Это значение рассчитывается как разница между текущим модельным временем и значением переменной «birthminutes» автомобиля (рис. 10).

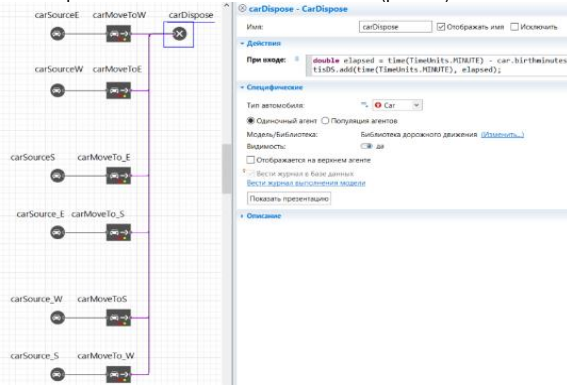


Рис. 10. Блок CarDispose

Следует запустить модель для определения среднего времени автомобилей в системе (до применения обучения с подкреплением и оптимизации) [1].

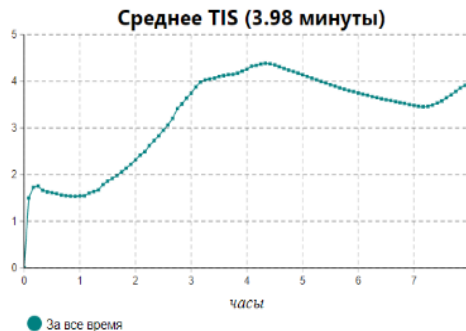


Рис. 11. График среднего времени автомобилей в системе

Результаты, показанные на рис. 11 простого эксперимента, наглядно показали необходимость в уменьшении среднего времени автомобиля в системе.

Алгоритм построения оптимизационного эксперимента

Построения оптимизационного эксперимента, в программе Anylogic, выполняется на основе приведенной математической модели целевой функции:

$$\sum_1^8 \frac{\sum_1^{N_{npWE_EW}} t_{max} - t_{k_1} - t_{k_2}}{N_{npWE_EW}} + \frac{\sum_1^{N_{npEW_WE}} t_{max} - t_{k_2}}{N_{npEW_WE}} + \frac{\sum_1^{N_{npES_WS}} t_{max} - t_{k_1}}{N_{npES_WS}} + \frac{\sum_1^{N_{npES_WS}} t_{max} - t_{k_3}}{N_{npES_WS}} + \frac{\sum_1^{N_{npSE_SW}} t_{max} - t_{k_1}}{N_{npSE_SW}} + \frac{\sum_1^{N_{npSE_SW}} t_{max} - t_{k_3}}{N_{npSE_SW}} \rightarrow \min,$$

где t_{max} – максимальное время, за которое ТС проходит заданный путь, с; $t_{k1,2,3}$ – продолжительность красной фазы светофора, с; $N_{np1,2,3} = \sum_{m_1, m_2, m_3}^1 N_{m_1, m_2, m_3} \cdot k_{m_1, m_2, m_3}$ – приведенная к легковому автомобилю расчетная часовая интенсивность движения в одном направлении, данные значения задаются расписанием (см. рис 4), авт/ч, где $N_{m1, m2, m3}$ – количество автомобилей, k_m – коэффициент приведения для легковых автомобилей $k_{m1, m2, m3} = 1$. Таким образом, $N_{np1,2,3} = \sum_{m_1, m_2, m_3}^1 N_{m_1, m_2, m_3}$. Для удобства была произведена замена

$$N_{np1} = N_{npEW_WE}, N_{np2} = N_{npES_WS}, N_{np3} = N_{npSE_SW}, \tag{2}$$

Граничные условия:

$$\begin{aligned} t_{k_1} &\geq 20; t_{k_1} \leq 35; \\ t_{k_2} &\geq 35; t_{k_2} \leq 60; \\ t_{k_3} &\geq 30; t_{k_3} \leq 50. \end{aligned}$$

Варьируемые параметры: $t_{k1,2,3}$.

Ограничения:

$$N_{np1,2,3} = \frac{n_{1,2,3} \cdot z_{1,2,3} \cdot 1000 \cdot V_{\text{поток}1,2,3} \cdot Z}{S_{1,2,3} \cdot (Z + \frac{V_{\text{пер}}^2}{26 \cdot a} + \frac{V_{\text{пер}}^2}{26 \cdot b} + \frac{(\frac{t_{k1,2,3}}{2} - t_{ж}) \cdot V_{\text{пер}}}{3,6})}$$

где $z_{1,2,3} = \frac{N_{\Phi 1,2,3} \cdot \varepsilon}{N_{n1,2,3} \cdot n_{1,2,3}}$ – уровень загрузки движения, где $N_{\Phi 1,2,3}$ – фактическая интенсивность движения, авт/ч, приведенная к легковому автомобилю, ε – коэффициент сезонной неравномерности движения, $\varepsilon = 1,26$, $N_{n1,2,3}$ – типичная пропускная способность полосы движения, авт/ч, величина варьируется в зависимости от времени наблюдения. В данной работе $N_{\Phi 1,2,3} = N_{np1,2,3}$, значения задаются

расписанием (см. рис 4), соответственно, $N_{n_{1,2,3}} = \frac{N_{пр}}{n_{1,2,3}}$. Как правило, $z_{1,2,3} = 0,7$; $n_{1,2,3}$ – количество по-

лос, $n_{EW_WE} = n_1 = 4$, $n_{ES_WS} = n_2 = 2$, $n_{SE_SW} = n_3 = 2$; $V_{поток1,2,3}$ – скорость потока, км/ч; Z – расстояние между перекрестками, для удобства в расчетах будет использоваться среднее значение между перекрестками $Z = 402$ м, величина была определена при помощи замера.

$S_{1,2,3} = \frac{V_{поток1,2,3}}{3,6} + \frac{V_{поток1,2,3}^2 K}{254 \cdot (\phi \pm i)} + l_0 + l_a$ – динамический габарит автомобиля ТС, где l_0 – дистанция безопасности между остановившимися ТС, $l_0 = 2$ м, l_a – длина расчетного ТС, $l_a = 6$ м, ϕ – коэффициент сцепления, $\phi = 0,5$; K – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов, $K = 1,2$, i – продольный уклон, $i = 0$. Усредненное значение динамического габарита автомобиля принимается равным $S_{1,2,3} = 64$ м; $V_{пер}$ – расчетная скорость перед перекрестком, $V = 30$ км/ч, a – ускорение при разгоне ТС, $a = 1,2$ м/с²; b – ускорение при разгоне ТС, $b = 1,5$ м/с²; $t_{ж}$ – продолжительность желтого сигнала светофора, $t_{ж} = 3$ с.

Ограничение было выведено из формулы приведенной интенсивности: $N_{пр1,2,3} = z \cdot P_{1,2,3} \cdot n_{1,2,3}$,

где $P_{1,2,3} = \frac{1000 \cdot V_{поток1,2,3}}{S_{1,2,3}}$ – пропускная способность [2].

Светофорные фазы

	Текущее	Лучшее
Итерация:	18	20
Репликации:	5	5
Функционал ↓	3.173	3.173
Параметры	Copy best	
parameter1	30	24
parameter2	43	35
usePolicy	false	false
parameter3	38	31

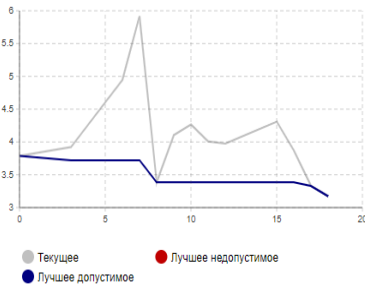


Рис. 12. Итоги

Данные значения будут использоваться при проведении основанного эксперимента (рис. 12).

Алгоритм построения нестандартного эксперимента для обучения с подкреплением

Для правильного построения нестандартного эксперимента необходимо применить следующие шаги.

Импорт библиотеки RL4J. Библиотека RL4J была импортирована путем добавления файла Jar в свойства модели [1, 3].

Добавление необходимых функций в модель AnyLogic, для обеспечения взаимодействия со структурой обучения с подкреплением. Чтобы ИНС могла наблюдать за текущим состоянием ИМ и предпринимать какие-либо действия, ей нужен какой-то способ сделать это изнутри модели. По этой причине в имитационной модели необходимы две функции, которые мы назвали: doAction и getObservation.

doAction – требует числового ввода (называемого действием) и на основе этого значения выполняет некоторое действие в модели. В статье она либо ничего не делает (если аргумент действия

равен 0), либо переключит фазу светофора на следующую (если аргумент действия равен 1); единственное предостережение в последнем случае заключается в том, что она переключится на следующую фазу, только если свет не находится в одной из двух желтых фаз. Этот параметр не позволяет обучающему агенту обрезать желтые фазы, поскольку полные три секунды необходимы для обеспечения плавного перехода между фазами (рис. 13).

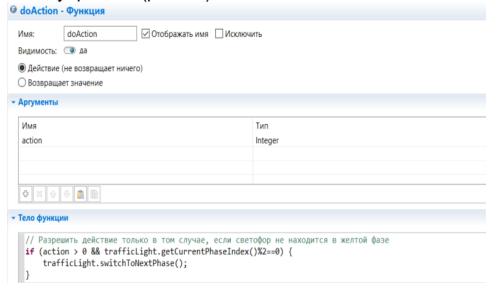


Рис. 13. Определение функции doAction

getObservation – это функция, которая суммирует всю информацию, содержащуюся в пересечении в 8 числах, точнее, в массив из 8 элементов (рис. 14). Цель состоит в том, чтобы этот массив содержал достаточно информации о состоянии системы для ИНС, чтобы найти оптимальную политику. Каждый из первых восьми элементов (индексы от 0 до 5) представляют собой общее количество времени, проведенное в модели для всех автомобилей на заданной полосе и в непосредственной близости от перекрестка. 7-й элемент (индекс 6) работает аналогично первым восьми элементам, но фокусируется только на автомобилях на перекрестке. 8-й элемент (индекс 7) – это текущий фазовый индекс светофора (число от 0 до 5).



Рис. 14. Функция getObservation

После запуска пользовательского эксперимента начнется обучение и будут распечатаны непрерывные результаты.

В статье событие будет использовать политику для управления светофором. Каждые 10 секунд из модели берется наблюдение, которое политика использует для определения правильного действия; это решение основано на том, что он узнал во время обучения. Общепринятой практикой является ис-

пользование ИМ, которая использовалась в качестве обучающей среды, в качестве испытательного стенда для последующего тестирования производительности обученной политики (рис. 15).

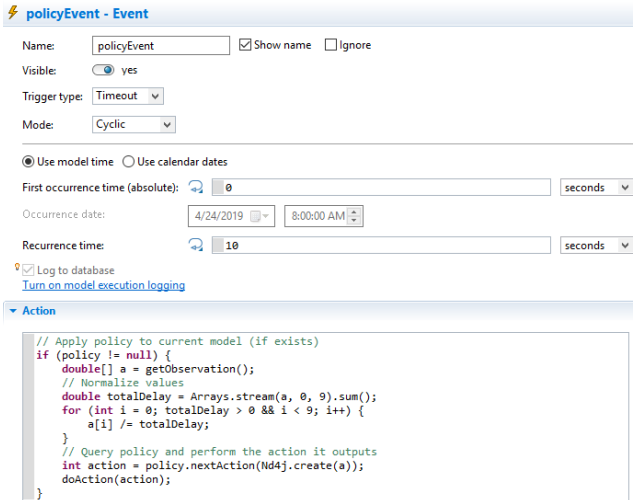


Рис. 15. Циклическое событие для развертывания изученной политики

Если в папке модели нет политики или файл, указанный в разделе «Дополнительный код класса» свойств Main, неверен, ИМ запустит модель, используя значения по умолчанию для временных интервалов фаз светофора.

После проведения всех вышеперечисленных действий обученная политика будет готова к применению для осуществления простого эксперимента на базовой имитационной модели [3].

Сравнение результатов и выводы

В данной разделе осуществлены два простых эксперимента, где изменяются исходные значения длительностей светофорных фаз: Первое исследование берет за основу значения, полученные в результате оптимизационного эксперимента; Второе исследование оперирует итогами, взятыми из обученной политики. После проведения двух, вышеописанных, экспериментов проводится сравнение их результатов, экспериментов на основе обучения с подкреплением и методом оптимизации. Затем, подводятся общие итоги, где обосновывается выбор в пользу одного из двух имеющихся методов.

После замены значений по умолчанию для длин фаз в блоке светофора на оптимизированные, модель была запущена. В представлении статистики модели графики дают представление о производительности системы (рис. 16).

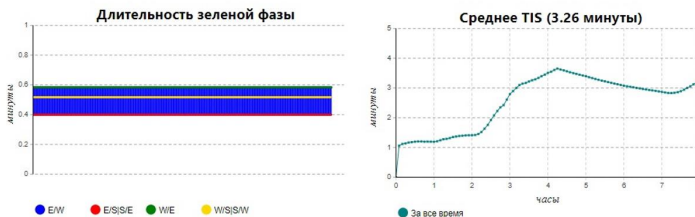


Рис. 16. Графики с оптимизированными значениями

Хотя общее среднее время в системе остается в основном стабильным, значения, полученные при помощи оптимизации, значительно улучшили полученные ранее результаты – на 19%.

Проведение исследования со значениями, взятыми из обученной политики (рис. 17):

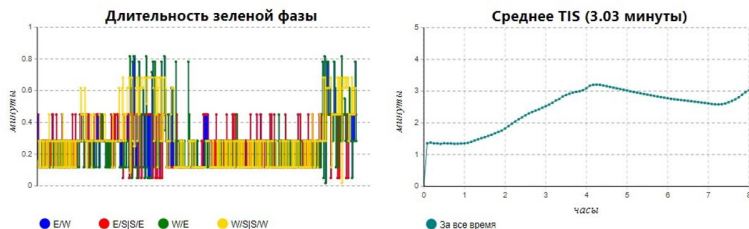


Рис. 17. Значения взяты из политики

Из графиков выше видно, что, время, которое продиктовано политикой, должно быть отдано заданному направлению, менялось в зависимости от ее наблюдения. Это позволило обрабатывать трафик примерно на 8% эффективнее, чем при значениях, полученных в ходе эксперимента по оптимизации. И на 24% эффективнее, чем при запуске со значениями по умолчанию.

Таким образом, итоговые результаты, полученные при помощи применения обучения с подкреплением оказались самыми эффективными.

Библиографический список

1. Arel C., Liu T., Urbanik, Kohls A. G. Reinforcement learning-based multi-agent system for network traffic signal control // IET Intelligent Transport Systems. June 2010. Vol. 4. No. 2. Pp. 128–135.
2. ОДМ 218.1.001-2005 – отраслевой дорожный методический документ.
3. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement learning: An introduction. 2018.

УДК 656.025.6

А. А. Смирнова

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА, КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Введение

Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга является одним из главных факторов привлекательности города для жизни людей.

Большая плотность сети общественного транспорта – залог высокого качества жизни. Транспортные системы должны обеспечивать высокую эффективность и доступность для всех граждан, при этом необходимо гарантировать личную безопасность людей. [1]

Анализ транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга

Проводя анализ современной транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга вряд ли ее можно назвать удовлетворительной, скорее наоборот. Одной из главных проблем является то, что улицы перегружены и забиты припаркованными автомобилями. Это связано с высоким темпом роста интенсивности движения, а именно автомобилизации и крупными грузопотоками, а также недостаточной организацией дорожного движения [2].

Всего в Санкт-Петербурге около 1225 перекрестков, из них на 245 (20%) регулярно возникают заторы, а скорость движения на заторовых направлениях достигает 6–9 км/час. Примерная картина происходящего в пиковые часы нагрузки на автомобильных дорогах показана на рис. 1 [3].



Рис. 1. Карта Санкт-Петербурга в час пик

В результате анализа были выделены способы повышения эффективности пассажирских перевозок:

- повысить качество обслуживания людей на городском транспорте;
- снизить количество регистрируемых дорожно-транспортных происшествий;
- увеличить долю перевозки пассажиров всеми видами общественного транспорта;
- увеличить процент населения, проживающего в пешей доступности от станций метрополитена;
- увеличить протяженность автомобильных дорог, а также протяженность линии метрополитена;
- развивать водный и железнодорожный общественный транспорт [4].

На данный момент в Санкт-Петербурге 461 автобусный маршрут, 45 троллейбусных маршрутов, 42 трамвайных маршрута, 393 направления маршрутного такси, 5 линий метрополитена (72 станции), 74 маршрута электропоезда. [5]

В пассажирских перевозках на данный момент доминирует метрополитен – 40,6%. Соотношение пассажирских перевозок во внутригородском сообщении составляет 23,0% – автобусы, трамваи – 10,7%, троллейбусами – 6,4%. Оставшиеся 19,3% перевозок приходятся на маршрутные такси. Более наглядно это можно увидеть на диаграмме (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма соотношения пассажирских перевозок во внутригородском сообщении Санкт-Петербурга

Очевидно, что большую долю пассажирских перевозок занимает метрополитен. Следовательно, можно сделать вывод, что без развития транспортно-пересадочных узлов метрополитена невозможно улучшение систем движения и регулирования транспортных потоков [6].

Направления развития транспортно-пересадочных узлов в Санкт-Петербурге

Главная задача транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) – удобная пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой, что помогает «разгружать» основные транспортные узлы Санкт-Петербурга.

В июне 2021 г. на Петербургском Международном Экономическом Форуме (ПМЭФ) было заявлено о 61 ТПУ в Санкт-Петербурге, общей суммой более 186 млрд руб. [7].

По данным Петростата, на 1 января 2021 г. население Санкт-Петербурга составляет 5 384 342 человека. Доля пассажирских перевозок составляет около 5 млн человек в день, и около 2 млрд человек в год [8].

Комитетом по развитию транспортной инфраструктуры было выделено 29 транспортно-пересадочных узлов, требующих развития в перспективе к 2038 г. Все 29 ТПУ показаны на рис. 3.

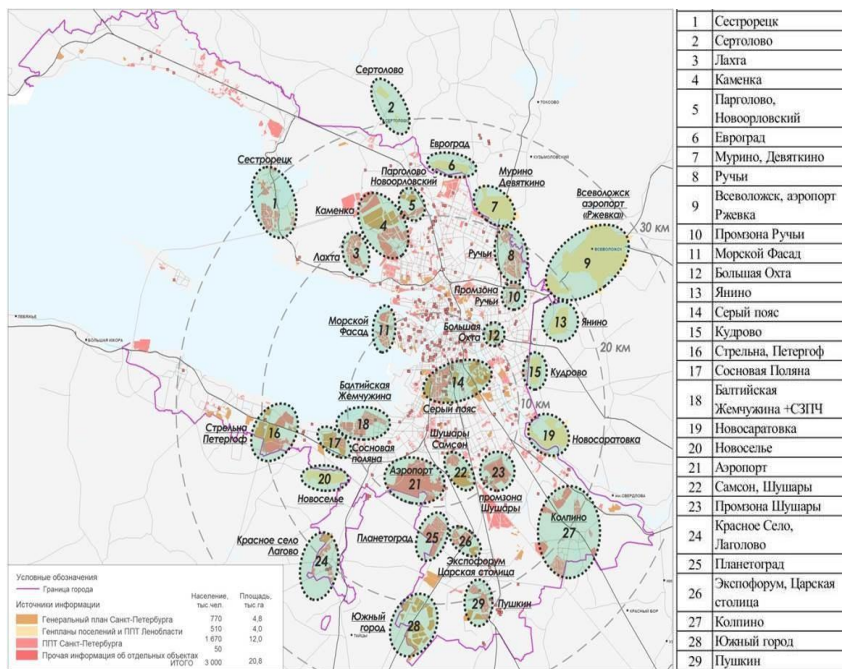


Рис. 3. Основные направления развития ТПУ в Санкт-Петербурге

В табл. 1 приведены средние показатели движения в Санкт-Петербурге [9].

Таблица 1

Средние показатели движения в Санкт-Петербурге

Показатель	Личный транспорт	Общественный транспорт
Средняя длина маршрута, км	15,7	16,1
Среднее время поездки, мин.	1,15	1,05
Средняя скорость поездки, км/ч	12,6	14,3

Заключение

По итогам проведенного исследования ясно, что предпосылками для создания большего числа транспортно-пересадочных узлов являются:

- высокая интенсивность транспортных и пешеходных потоков;
- удовлетворительная оснащенность мест накопления транспорта;
- наличие пробок из города;
- аварийность.

Также можно отметить, что ТПУ – узловой элемент структуры города. Помимо транспортной функции, реализуются еще и задачи социального обеспечения населения, результатом которого является сосредоточение значительного числа объектов досугового и торгово-бытового обслуживания населения.

На данный момент пассажирам, пересеживающим с одного вида транспорта на другой (например, с метрополитена на наземный транспорт) приходится преодолевать около 300–400 м. Усугубляется тем, что не на всех станциях (остановках) имеются указатели.

Необходимо увеличить простоту ориентации в пространстве с помощью хорошего освещения всех остановочных пунктов, входов и выходов, а также установкой хорошо идентифицируемых указателей и системы видеонаблюдения.

Библиографический список

1. Постановление правительства Санкт-Петербурга от 13 июля 2011 года № 945 (с изменениями от 14 июня 2017 года) «О транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года».
2. Государственная программа Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга».
3. Сервис аналитики «Яндекс. Карты». URL: <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg/?ll=30.467098%2C59.941223&z=14> (дата обращения: 17.11.2021).
4. Стратегия экономического и социального развития Санкт-Петербурга на период до 2030 года. Комитет по экономической политике и стратегическому планированию Санкт-Петербурга, 2015. 128 с.
5. Общественный транспорт Санкт-Петербурга. URL: <https://avtobus-marshruty.ru/sankt-peterburg> (дата обращения: 20.11.2021).
6. Евреенова Н. Ю. Моделирование функционирования транспортно-пересадочного узла // Мир транспорта. 2014. № 5. С. 170–176.
7. Новостной портал «Деловой Петербург». URL: https://www.dp.ru/a/2021/09/06/Razvjazat_i_zarabotat (дата обращения: 24.11.2021).
8. Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области. URL: <https://petrostat.gks.ru/> (дата обращения: 28.11.2021).
9. Комитет по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга. URL: <https://krti.gov.spb.ru/> (дата обращения: 30.11.2021).

УДК 656.025.4

А. В. Суетина

студент кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ АЦЕТОНА ИЗ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА В КАЛИНИНГРАД

Введение

Ацетон является ценным бытовым и промышленным растворителем. Он относится к легковоспламеняющимся жидкостям класса опасности 3. Растворитель полностью лишен цвета, но имеет довольно резкий запах. Транспортировка ацетона очень популярна. Это связано с тем, что технический ацетон используется в качестве растворителя для изготовления, например, лаков, масел, смол, взрывчатых веществ и многого другого, а также для чистящих средств и как средство для ежедневного удаления жира.

В соответствии с ГОСТ 12.1.007 по степени воздействия на организм ацетон относится к 4-му классу опасности – вещества малоопасные. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров ацетона в воздухе рабочей зоны – 200 мг/м³ [1].

Ацетон малотоксичен, может растворять нитролаки, нитрокраски и органические вещества, благодаря чему с его помощью можно обезжирить керамические поверхности, и любые другие (металл, древесины, бетон). Растворитель приобрел распространение в быту и применяется для удаления загрязнений с текстильных материалов, обезжиривания поверхности перед окрашиванием. Он является исходным сырьем в многочисленных химических синтезах. Качественно растворяет клей, нитроцеллюлозу, воски, алкалоиды, некоторые соли и другие органические вещества. Используется для производства искусственного шелка и синтетической кожи, в производстве смазочных масел, бездымного пороха, киноплёнки.

В статье рассматривается организация транспортировки ацетона из Санкт-Петербурга в Калининград по четырем маршрутам:

1. Смешанная перевозка автомобильным и морским транспортом.
2. Прямая перевозка морским транспортом.
3. Прямая перевозка автомобильным транспортом.
4. Прямая перевозка железнодорожным транспортом.

Подвижной состав и тарифное расстояние

Транспортировка ацетона по смешанному маршруту производится в танк-контейнерах. Практически танк-контейнеры подходят под все типы грузов, предназначенные для стандартных цистерн. Преимуществом данной тары является ее мультимодальность. В том случае, если транспорт заменяется (например, железнодорожный на морской), не нужно перевозить груз, достаточно перемещать контейнер.

Используемые для перевозки танк-контейнеры имеют стандарт IMO 1 (T11-T22). В такой таре допускается перевозить опасные химические среды, а также вещества в условиях повышенного давления. Это щелочи, кислоты, бытовая химия, нефтепродукты. Толщина стенки: 4–7 мм. Увеличенная модификация имеет объем 26 м³. Для расчетов в данной работе принят танк-контейнер T11 с объемом 25 м³ и грузоподъемностью 32050 кг. Таким образом, масса ацетона в танк-контейнере составит: $25 \times 0,7962 \times 0,92 = 18,3$ т. Танк-контейнеры T11 перевозятся по 2 единицы на автомобиле или ж. д. платформе контейнеровозе.

Расстояние маршрута Санкт-Петербург (предприятие «Вектон») – порт Бронка составляет 69 км. Для перевозки танк-контейнеров используется Полуприцеп-контейнеровоз Kassbohrer SHF T (рис. 1).



Рис. 1. Kassbohrer SHF T

Основные транспортные характеристики данного контейнеровоза:

Общая длина – 8400 мм.

Колесная база – 5410 мм.

Общая ширина – 2550 мм.

Толщина гуська – 150 мм.

Высота ССУ (без нагрузки) – 1150 мм.

Нагрузка на оси (допустимая) – 27000 кг.

Нагрузка на ССУ – 12000 кг.

Собственная масса (± 3) – 500 кг.

Полная масса полуприцепа – 39000 кг.

Порт Бронка – порт Калининград. Расстояние составляет 1012 км. Танк-контейнеры возможно перевозить на судне контейнеровозе или сухогрузе. В нашем случае контрейлерной перевозки будет использоваться паром «АМБАЛ» (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид судна «АМБАЛ»

Время в пути по маршруту Балтийск (Калининград) – Усть-Луга (Санкт-Петербург) 40 часов, навигация – круглый год [2].

Технические параметры судна «АМБАЛ»

Валовая вместимость, т	20729
Чистая вместимость, т	6378
Скорость, уз	18,5
Дедвейт, т	15140
Длина габаритная, м	189,65
Ширина габаритная, м	21,6
Высота борта, м	13,4
Осадка судна, м	6,5
Запасы топлива, т	1119

Перевозка в танк-контейнерах потребует 312 контейнеров по 18,3 т на 156 автовозов (на 1 машине 2 танк-контейнера).

Транспортировка ацетона по прямому маршруту морским транспортом осуществляется на судне Проект RST27/Метаноловоз. Тарифное расстояние составит 1030 км.

Основные технические характеристики судна:

Вместимость грузовых танков (98%) – 7828 м³.

Вместимость балластных танков – 4650 м³.

Максимальная длительная мощность ГД – 2х1200 кВт.

Скорость хода вгрузу при осадке 4,2 м при 100 МДМ, узлы (не менее) – 10,0.

Экипаж / количество мест – 12/15.

Автономность плавания, сутки – 20/12.

В грузовых танках может поместиться ацетона:

$$7828 \times 0,7962 \times 0,92 = 5734,04 \text{ т.}$$

Транспортировка ацетона по прямому маршруту автомобильным транспортом производится в цистерне для перевозки химических продуктов и опасных грузов ADR. Тарифное расстояние 956 км.

Полуприцеп-цистерна для перевозки ADR химических веществ и опасных грузов выполнен из нержавеющей стали марки AISI 316.. Благодаря молибдену сталь этой марки особенно устойчива к коррозии.

В этой цистерне можно перевозить следующих классов опасных грузов: 3, 4, 6 и 8 легковоспламеняющиеся жидкости и смеси жидкостей, ядовитые вещества, едкие или коррозионные вещества и прочие опасные грузы наливом.

Технические характеристики автоцистерны

Характеристики	Показатели
Номинальная емкость, м ³	30,6
Количество отсеков	3
Общая длина, м	10,5
Высота, м	3,45
Ширина, м	2,45
Сливной шланг, м	6
Грузоподъемность, кг	30000
Масса снаряженного ТС, кг	8100
Давление, нагнетаемое в емкость, атм.	2,5

Исходя из технических характеристик, масса ацетона в автоцистерне составит:

$$30,6 \times 0,7962 \times 0,92 = 22,4 \text{ т.}$$

Транспортировка ацетона по прямому маршруту железнодорожным транспортом производится:

1. В цистерне с верхним сливом для перевозки ацетона модель 15-1280 (рис. 3).

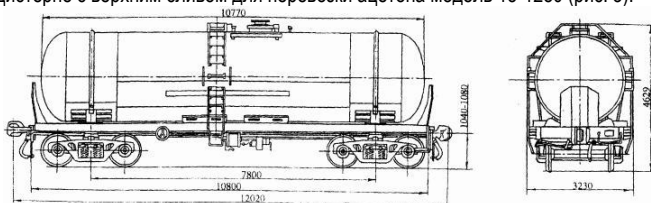


Рис. 3. Цистерна 15-1280

Таблица 3

Технические характеристики цистерны 15-1280

Оснсть вагона	4
Ширина колеи	1520 мм
Тара вагона (минимальная)	26,7 т
Тара вагона (максимальная)	27,5 т
Грузоподъемность	56,0 т
Объем	72,0 м ³
Объем котла полный	72,38 м ³
Объем котла полезный	70,88 м ³
Диаметр котла внутренний	3000 мм
Длина котла наружная	10770 мм
Количество верхних люков	1

2. В ИВС-контейнерах в крытом вагоне с наибольшим объемом модели 11-2151 сочлененного типа с раскрывающейся крышей.

Расстояние маршрута – 1310 км.



Рис. 4. Крытый вагон модели 11-2151

Вагон для перевозки штучных, тарно-штучных, пакетированных грузов, грузов навалом и сыпучих грузов в непaketированном виде, требующих защиты от атмосферных воздействий и контейнеров [3].

Загрузка ИBC–контейнеров осуществляется в 2 яруса. Для обеспечения устойчивости штабелей груза и предохранения упаковки от повреждения между ярусами укладывают настилы из досок толщиной не менее 20 мм.

При перевозке ацетона в крытом вагоне общее число ИBC–контейнеров составит 28 штук в один ярус и 56 штук в 2 яруса. Максимальный вес ацетона в вагоне составит 41 т.

Масса ацетона в цистерне при температуре налива 15 °С может быть равна:

$$66,24 \times 0,7962 = 52,74 \text{ т.}$$

Однако, поскольку грузоподъемность цистерны равна 56 т, а минимальная весовая норма 53 т, примем это значение.

Перед загрузкой полуприцепы цистерн, танк-контейнеры и бензовозы проходят:

– процедуру очистки, включающую в себя мойку и пропарку тары от остатков ранее перевозимых грузов;

– просушку, чтобы остатки воды не попали в растворитель.

Запрещается:

– подавать ацетон падающей струей;

– при помощи сжатого воздуха перекачивать и сливать ацетон.

Процесс перекачивания ацетона осуществляется с помощью специальных насосов (мембранные, центробежные с магнитной муфтой; из объемных насосов – перистальтические и винтовые насосы при определенных условиях).

Маркировка

На железнодорожных цистернах должна быть предупредительная надпись "Огнеопасно" и трафарет приписки. Бочки и бутылки маркируют по ГОСТ 14192.

На каждую бочку с ацетоном наносят следующие дополнительные обозначения:

– наименование продукта и его сорт;

– дату изготовления;

– массу брутто и нетто;

– номер партии, номер места;

– обозначение настоящего стандарта;

– знак опасности по ГОСТ 19433 (класс 3, подкласс 3.2, классификационный шифр 3212), серийный номер ООН 1090;

– манипуляционный знак "Беречь от нагрева".

К бочкам с ацетоном, транспортируемым автомобильным транспортом, допускается прикреплять ярлык с теми же обозначениями.

На каждую бутылку с ацетоном прикрепляют ярлык с указанными обозначениями и дополнительными манипуляционными знаками «Хрупкое. Осторожно» и «Верх» [1].

На крытых вагонах знаки опасности размещают в центре двери с обеих сторон вагона. На универсальных контейнерах, в том числе на контейнерах-цистернах – с четырех сторон и сверху. На вагонах, перевозящих грузы насыпью или навалом, в упакованном виде. На вагонах-цистернах – на обеих боковых сторонах вагона.

На транспортные средства также прикрепляют прямоугольные таблички оранжевого цвета, в которых указывается код опасности и номер ООН.

Объем перевозки

Годовой объем перевозки ацетона в Калининград составляет 5 700 т, это означает, что в месяц она будет составлять 475 т.

Коммерческая работа

Для выявления выгодного варианта транспортировки ацетона необходимо провести сравнение коммерческих показателей перевозки.

Таблица 4

Сравнительная таблица перевозки разными видами транспорта

Маршрут	Количество ПС и его вид	Протяженность маршрута, км	Время доставки, сут	Стоимость, руб.
автомобильный	255 автоцистерн	956	3-4	78441315
Железнодорожный	108 цистерн 140 крытых вагонов	1310	3-4	36616148 38430411
морской	1 химвоз	1030	3	75101072,1
Смешанная перевозка	156 авт. конт-ов 1 контейнеровоз	69 (авто) 1012 (море)	3	15345688,7

Первый маршрут смешанной перевозки: Санкт-Петербург – порт Бронка на автомобиле в танк-контейнере; порт Бронка – порт Калининград в танк-контейнере морским транспортом:

Тарифное расстояние данного маршрута 1081 км [4].

Время перевозки – 3 суток.

Стоимость перевозки – 15345688,7 руб.

Второй маршрут прямой перевозки: порт Санкт-Петербург – порт Калининград на судне химвозе морским транспортом:

Тарифное расстояние данного маршрута 1030 км [4].

Время перевозки – 3 суток.

Стоимость перевозки – 75101072 руб.

Третий маршрут прямой международной перевозки: Санкт-Петербург – Литва, Калининградская область в автомобиле цистерне по книжке МДП:

Тарифное расстояние данного маршрута 956 км [4].

Время перевозки – 3–4 суток.

Стоимость перевозки – 78 441 315 руб.

У автотранспорта самое большое количество необходимого подвижного состава, но он более выгодный с экономической точки зрения. Но, учитывая трудности и задержки при пересечении границ, это не самый рациональный вариант.

Четвертый маршрут прямой международной перевозки: ж/д станция Санкт-Петербург – Калининград (РЖД) в ж/д цистерне и крытом вагоне в ИВС контейнерах:

Тарифное расстояние данного маршрута 1310 км [4].

Время перевозки – 3–4 суток.

Стоимость перевозки:

36 616 148 руб. (в цистернах) [4];

38 430 411 руб. (в крытом вагоне в ИВС контейнерах) [5].

Заключение

В статье описываются возможные способы транспортировки ацетона. Произведен выбор подвижного состава по предложенным маршрутам.

Транспортировка ацетона в Калининград, нестандартна, так как этот регион не имеет сухопутной границы, при его доставке автомобильным транспортом необходимо пересекать границы других государств.

У автотранспорта самое большое количество необходимого подвижного состава, но он более выгодный с экономической точки зрения. Но, учитывая трудности и задержки при пересечении границ,

это не самый рациональный вариант. Наиболее экономичный и быстрый маршрут – это смешанная перевозка.

Библиографический список

1. ГОСТ 2768-84 Межгосударственный стандарт. Ацетон технический. Технические условия (с Изменениями № 1, 2).
2. Паромные грузоперевозки. URL: <https://www.eurotek.ru/node/1> (дата обращения: 25.04.2022).
3. Вагон.by: Сайт о вагонном парке и вагонном хозяйстве. URL: <https://www.vagon.by> (дата обращения: 05.04.2022).
4. Тарифное руководство № 4 (ред. от 25.01.2016). Книга 1. Тарифные расстояния между станциями на участках железных дорог (утв. Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества).
5. Расчет расстояний РЖД. URL: <https://www.cargo.rzd.ru> (дата обращения: 23.04.2022).

УДК 656.025.4

А. А. Уварова

студент кафедры системного анализа и логистики

С. В. Уголков – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ИЗ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ ИЗ ПЕТРОЗАВОДСКА (РОССИЯ) В ЗОЛИНГЕН (ГЕРМАНИЯ)

Введение

Карельская береза – дорогая и востребованная порода, наряду с ценными экзотическими породами розового или красного дерева. Ее редкость, уникальный неповторимый рисунок и высокие технические характеристики определяют стоимость. Цена 1 кубометра материала начинается от 1500 долларов, поэтому чаще продажи осуществляются килограммами [1].

Древесина карельской березы невероятно популярна в ножеделии. На этих ножах [2] рукояти выполнены из стабилизированных брусков карельской березы. Также из карельской березы изготавливают предметы художественного дизайна, сувенирную продукцию, шкатулки, статуэтки, футляры, портсигары, деревянные детали эксклюзивного спортивного инвентаря, музыкальных инструментов и элитного оружия. Шпон карельской березы применяют в производстве финишных отделочных панелей и в мебельной промышленности.

Оттенок высушенного массива узорчатой древесины – от шоколадно-коричневого до золотистого, серовато-розового, красноватого, светло-желтого и кремового с перламутровым блеском. Благодаря капам – плотным темным включениям, как будто распыленным по всей структуре дерева, поверхность кажется мраморной. Переплетенные закрученные и волнистые волокна образуют уникальный рельефный рисунок [1].

Ареал произрастания у карельской березы, составляющий малую часть области распространения березы повислой, занимает северо-западную часть России, включая Карелию, Ленинградскую, Ярославскую, Владимирскую, Калужскую, Брянскую области, страны Балтии, Скандинавии, Беларусь и Украину (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид карельской березы



Рис. 2. Нож, рукоятка, выполненная из карельской березы

Определение числа «ножевых» брусков в одноярусном транспортном пакете

Перевозку древесины целесообразно перевозить в отесанных стабилизированных торцевых («ножевых» – для изготовления ножевых рукоятей) брусках. Размеры таких брусков в зависимости от назначения колеблются в пределах 130–170 × 40–50 × 30–45 мм [3]. В рамках настоящей работы примем, что размер бруска 300×50×35 мм. Данные габариты обусловлены двоякным размером по длине «ножевого» бруска, что упрощает расчет и распиловку до нужных размеров потребителю (грузополучателю) по прибытии груза и полного использования грузового пространства брусков на EURO или FIN паллетах.



Рис. 3. Бруски из карельской березы

Бруски укладываются на паллеты, после чего формируется транспортный пакет под пленкой, перетянутой стрейч-лентой. Бруски целесообразно размещать согласно ГОСТ 21140-88 Тара. Система размеров [5]. Общее количество брусков на EURO паллете послонно (800×1200 мм, собственный вес 20 кг, грузоподъемностью 1000 кг) составляет: 1-й слой – 24 + 24 + 16 брусков, всего 64 шт.; 2-й слой – 4 ряда вдоль и 3 поперек по 5 брусков и 4 бруска вдоль, также всего 64 шт. (рис. 4).

На FIN паллете (1000×1200 мм, собственный вес 24 кг, грузоподъемностью 1200 кг) послонно составляет: 1-й слой – 24 + 24 + 32 бруска, всего 80 шт.; 2-й слой – по 4 ряда вдоль и поперек по 5 брусков, также всего 80 шт. (рис. 5) [5].



Рис. 4. Схема расположения брусков в слоях на EURO паллете



Рис. 5. Схема расположения брусков в слоях на FIN паллете

Плотность карельской березы, как и других пород древесины напрямую зависит от содержащейся в ней влаги. В обычных условиях сразу после сруба в осенне-зимний период содержание воды составляет около 20–25%. После предварительного высушивания в течение 1,5–2 недель содержание влаги снижается и достигает 12–15%, при этом плотность березы составляет 650–690 кг/м³. Однако промышленная обработка данной породы дерева, как правило, производится при влажности 8–10% и плотности 700–750 кг/м³. Обработанные и шлифованные бруски имеют влажность 6–8% и плотность 770 кг/м³, при которой и осуществляется их перевозка [1].

Определение оптимальной партии загрузки крытого вагона

Для перевозки двухъярусных транспортных пакетов целесообразно использовать крытые вагоны с максимальным объемом кузова, т. е. с длиной погрузочной площадки внутри кузова 17272–17970 мм и грузоподъемностью 64–68,8 т, имеющих уширенные дверные проемы [5, 7]. Линейка крытых вагонов, отвечающих данным требованиям достаточно обширна, и 135 насчитывает около 30 моделей. Однако с целью соблюдения возможности международной перевозки на колею 1435 мм из этих модификаций выбираются вагоны с габаритом не более 1-ВМ. Их основные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Классификация крытых для перевозки транспортных пакетов [8]

Модель	Габарит	Грузоподъемность, т	Объем, м ³	Внутренние размеры кузова (В/Ш/Д), мм	Начало/окончание выпуска
11-6999	1-ВМ	68,0	158,0	2820/2743/17602	2020/
11-7139	1-ВМ	65,7	161,0	3106/2768/17492	2020/
11-9962-01	1-ВМ	68,0	157,5	2820/2747/17117	2016/
11-7038	1-ВМ	68,0	161,0	3106/2790/17462	2014
11-1807-01	1-ВМ	66,7	165,0	3400/2743/17600	2007/2016

В данной работе для практических расчетов был принят крытый универсальный цельнометаллический вагон модели 11-1807-01 из данной линейки с наибольшим объемом кузова, позволяющим вмещать двухъярусный транспортный пакет на обоих типах паллет по высоте. Изготовитель Открытое акционерное общество «Армавирский завод тяжелого машиностроения» (клеймо 1276). Вагон имеет уширенные дверные проемы, вентиляционные люки в боковых стенах, позволяющие осуществлять необходимое проветривание грузов. Грузоподъемность 66,7 т, объем кузова 165,0 м³ (рис. 7).



Рис. 7. Внешний вид крытого вагона модели 11-1807-01

Исходя из грузоподъемности кузова, общее число двухъярусных транспортных пакетов составит:

1. Для EURO паллет по длине – $17600 / 800 = 22$ впритык, т. е. 21 с учетом крепежных и уплотнительных приспособлений; по ширине – $2743 / 1200 = 2,29$, т. е. 2 единицы; итого $21 \times 2 = 42$ единицы.
2. Для FIN паллет по длине – $17600 / 1000 = 17$ с учетом крепежных и уплотнительных приспособлений; по ширине – $2743 / 1200 = 2,29$, т. е. 2 единицы; итого $17 \times 2 = 34$ единицы.

Исходя из грузоподъемности вагона, общее число двухъярусных транспортных пакетов составит:

- для EURO паллет – $66700 / 1782,5 = 37,4$, т. е. 37 ед.;
- для FIN паллет – $66700 / 2189,8 = 30,46$, т. е. 30 ед.

Размещение двухъярусных транспортных пакетов показано на рис. 8, 9.

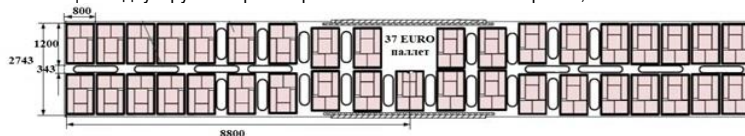


Рис. 8. Размещение 37 EURO паллет в 2 яруса

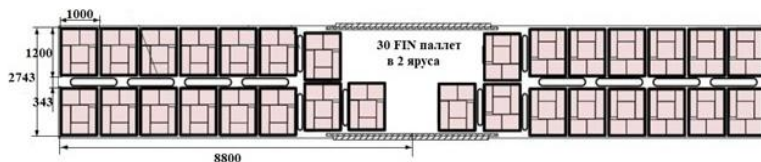


Рис. 9. Размещение 30 FIN паллет в 2 яруса

Таким образом, наиболее целесообразным способом перевозки является размещение транспортных пакетов на 37 EURO паллетах в вагоне, объемом поставки 63140,5 кг или 156288 брусков или $156288 \times 0,000525 = 82,05 \text{ м}^3$. Этот объем загрузки крытого вагона примем в качестве оптимальной партии древесины для последующих расчетов размеров и числа транспортных пакетов в полувагоне, контейнере и автомобильном полуприцепе.

Заключение

Таким образом, наиболее целесообразным способом перевозки является размещение транспортных пакетов на 37 EURO паллетах в вагоне, объемом 82,05 м³.

Для изготовления более крупных изделий из карельской березы перевозятся доски. Размеры досок 3000×150×35 мм. Кубатура такой доски составляет 0,01575 м³, а ее масса – 12,13 кг. В объеме одной доски размещается 30 брусков принятого размера. Общая кубатура перевозимых в полувагоне досок равна кубатуре брусков в крытом вагоне. Общее число досок 5210 шт., их общая масса 63197,3 кг.

Библиографический список

1. Карельская береза – дерево с уникальной древесиной. URL: <https://derevos.ru/drevesina/listvennye/karelskaya-bereza> (дата обращения: 01.02.2022).
2. Интернет-магазин. Древесина, карельская береза. URL: <https://woodmart.org/ot-k-do-//karelskaya-bereza/> (дата обращения: 01.02.2022).
3. Производители карельской березы. URL: <https://exportv.ru/zavod/karelskaya-bereza-ot-proizvoditelya.html> (дата обращения: 02.02.2022).
4. Продажа карельской березы на экспорт. URL: <https://exportv.ru/vivoz/karelskaya-bereza-na-export#buy> (дата обращения: 02.02.2022).
5. Уголков С. В., Майоров Н. Н. Предложения по организации перевозки чая листового из Индии в Санкт-Петербург. *Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык*. Иркутский филиал ФГБОУ ВО «МГТУ ГА». 2021. № 2. С. 24–35. DOI 10.51955/2312-1327_2021_2_24.
6. ГОСТ 21140-88 Межгосударственный стандарт. Тара. Система размеров. ИПК Издательство стандартов, 2005. 15 с.
7. Ограждение для поддонов сетчатое OC-02-EURO. URL: <https://afinity.kz/p54391166-ograzhdenie-dlya-poddonov.html> (дата обращения: 06.02.2022).
8. Вагон.by: сайт о вагонном парке и вагонном хозяйстве. Текстовые дан. и фот. URL: <http://ru.wikipedia.org/> (дата обращения: 07.02.2022).
9. Уголков С. В., Майоров Н. Н. Определение перегрузочной способности железнодорожной станции и мероприятия по ее обеспечению в необходимом объеме установкой временных погрузочно-выгрузочных устройств. Строительные материалы и изделия. Изд-во ФГБОУ ВО «БГТУ им. В. Г. Шухова». 2021. Т. 4. № 1. С. 35-44. ISSN 2618-7183 DOI:10.34031/2618-7183-2021-4-1-35-44.

УДК 629.7

Е. Д. Фискевич

магистрант кафедры системного анализа и логистики

Д. Л. Головцов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ (ГРАФИКА) НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ AIRBUS 320

Введение

Под наземным обслуживанием гражданского воздушного судна понимается комплекс работ по обеспечению прибытия воздушного судна на аэродром и его вылета с аэродрома, за исключением обслуживания воздушного движения [1]. В процессе наземного обслуживания происходит основное взаимодействие специалистов аэропорта с воздушным судном и важно сделать так, чтобы это взаимодействие укладывалось в определенные временные рамки – это необходимо для сведения к минимуму времени нахождения воздушного судна на месте стоянки. Для установки и фиксации временных рамок операций обслуживания используется технологические карты (графики) обслуживания, а для расчета временных интервалов используются специально выведенные формулы и показатели, установленные нормативами или определенные эмпирическим путем.

Аспекты наземного обслуживания воздушных судов

Наземное обслуживание в аэропорту – одна из немногих разновидностей деятельности в воздушном транспорте, в которой совместно участвуют службы аэропорта, подразделения авиакомпаний, независимые подрядчики. От того, как организовано наземное обслуживание, зависит не только безопасность полетов, регулярность отправок воздушных судов, но и зачастую пропускная способность аэропортов. Для каждого типа воздушного судна этапы обслуживания и время, затрачиваемое на операции, может немного отличаться, но в целом структура схожа. Последовательность действий, которую проделывают сотрудники аэропорта пока воздушное судно (в данном примере рассматривается обслуживание Airbus 320 – далее А320) находится на стоянке, включает в себя порядка 20 этапов. Для удобства все этапы (операции) сгруппированы относительно того, к какой службе аэропорта они относятся [2] (табл. 1).

Таблица 1

Группировка процессов по службам

Наименование	Пункты обслуживания ВС
Клининговая служба	Обработка санузлов Уборка кабин
Служба авиационной безопасности	Досмотр пассажиров Досмотр ВС сотрудниками СПК ДАБ Выдача готового ВС под посадку (у телетрапа) Выдача готового ВС под посадку (на перроне)
Служба спецтранспорта	Открытие люков, подъезд погрузочных средств Выгрузка багажа Выгрузка/загрузка почты Разгрузка/загрузка бортипитания Загрузка багажа Начало движения воздушного судна с места стоянки
Служба авиатопливного обеспечения	Дозаправка ВС водой Дозаправка ВС топливом

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Наименование	Пункты обслуживания ВС
Служба пассажирских перевозок	Регистрация пассажиров Высадка пассажиров Посадка пассажиров (ВС у телетрапа) Посадка пассажиров (ВС на перроне) Закрытие гейта (ожидание посадки на гейте) Доставка перевозочной документации
Аэродромная служба (+ЭСТОП*)	Установка воздушного судна на место стоянки Установка трапа, открытие пассажирских дверей, подключение наземных источников электропитания Закрытие грузовых люков, отъезд погрузочных средств Закрытие пассажирских дверей, отключение наземных источников электропитания, отгон трапа Уборка колодок

*ЭСТОП – служба электросветотехнического обеспечения полетов

Временные параметры работ по обслуживанию прилетающих пассажиров

Обслуживание воздушного судна на перроне происходит согласно специальной технологической карте. Технологическая карта содержит в себе: наименование воздушного судна, тип рейса (международный/внутренний/разворотный), тип обслуживания (прилет, вылет, прилет + вылет), перечень работ, выполняемых на конкретном воздушном судне, а также время, за которое необходимо выполнить эти работы.

Авиакомпаниям выгоднее, чтобы воздушные суда, принадлежащие им, как можно меньше времени проводили на земле (т. е. на месте стоянки в аэропорту), поэтому временные параметры, необходимые для обслуживания рассчитываются очень точно, исходя из характеристик конкретного воздушного судна. Поскольку работа с пассажирами – самая ответственная часть, входящая в обслуживание воздушного судна, время для работы с ними рассчитывается отдельно на основании параметров, представленных в табл. 2 [3].

Таблица 2

Характеристика А320

Характеристики	Показатели
Тип ВС	А320
l – количество пассажиров, чел	180
D – количество дверей в ВС, ед.	1
ПВ/ПП – пропускная способность одной двери ВС при высадке/посадке пассажиров; пасс/мин	17/13
V – скорость транспортного средства (установленная скорость при движении к МС ВС), км/ч	20
L – расстояние от места стоянки до входа в аэровокзал, км	1
q – вместимость транспортного средства для транспортировки пассажиров, чел/ТС	79

*Остальные операции выполняются согласно нормативам, установленным авиакомпанией.

Дополнительно введенные параметры:

$T_{нач}$ – время начала выполнения работы;

$T_{пр}$ – продолжительность выполнения работы;

$T_{кон}$ – время окончания выполнения работы;

$ПБ_p$ – производительность персонала при разгрузке багажа, 9 ед/мин;

$T_{пл}/T_{вп}$ – время посадки пассажиров в ТС/высадки из него;

$ПБ_n$ – производительность персонала при перегрузке багажа, 10 ед/мин;

PK – пропускная способность конвейера транспортировочного, 14 ед/мин;

b – количество единиц багажа, 180 ед.

Используя характеристики А320 и дополнительно введенные параметры, полученные эмпирическим путем, можно рассчитать время, которое будет затрачено на выполнение каждой операции наземного обслуживания прилетающих пассажиров (воздушного судна). Расчет временных параметров выполнен с помощью ф-л (1) – (7).

1. Прибытие ВС. За начальное время выполнения работ примем 00:00. Продолжительность выполнения работ на данном этапе составляет времена, необходимые на установку колодок, подгона трапа и открытие дверей. Продолжительность данного этапа приблизительно равна 5 минутам.

$$T_{\text{пр1}} = 5.$$

Соответственно, время окончания первой операции равно сумме начала и продолжительности первой операции:

$$T_{\text{кон1}} = T_{\text{нач1}} + T_{\text{пр1}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{кон1}}$ – время окончания установки ВС на МС.

Тогда получается:

$$T_{\text{кон1}} = 0 : 00 + 5\text{мин} = 0 : 05.$$

2. Высадка пассажиров из ВС. Формула для расчета начала времени выполнения работ:

$$T_{\text{нач2}} = T_{\text{кон1}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{нач2}}$ – время начала высадки пассажиров, мин.

Формула для расчета продолжительности времени выполнения работ:

$$T_{\text{пр2}} = \frac{180}{D \times \text{ПВ}}, \text{мин.} \quad (3)$$

Тогда

$$T_{\text{пр2}} = \frac{180}{1 \times 17} = 10, \text{ мин.}$$

при ПВ = 17 чел./мин (установлено эмпирическим путем).

Формула для расчета окончания времени выполнения работ:

$$T_{\text{кон2}} = T_{\text{нач2}} + T_{\text{пр2}}. \quad (4)$$

Тогда

$$T_{\text{кон2}} = 0 : 05 + 10 = 0 : 15.$$

3. Разгрузка багажа. Формула для расчета начала времени выполнения работ:

$$T_{\text{нач3}} = T_{\text{кон1}}, \text{ мин.} \quad (5)$$

Формула для расчета продолжительности времени выполнения работ:

$$T_{\text{пр3}} = \frac{b}{D \times \text{ПП}_p}, \text{ мин.} \quad (6)$$

Тогда

$$T_{\text{пр3}} = \frac{180}{1 \times 9} = 20, \text{ мин.}$$

Формула для расчета окончания времени выполнения работ:

$$T_{\text{кон3}} = T_{\text{нач1}} + T_{\text{пр3}}. \quad (7)$$

4. Транспортировка пассажиров к аэровокзалу. Формула для расчета начала времени выполнения работ:

$$T_{\text{нач4}} = T_{\text{кон2}}. \quad (8)$$

Формула для расчета продолжительности времени выполнения работ:

$$T_{\text{пр4}} = T_{\text{ПВ}} + \frac{L}{V} \times 60 + T_{\text{ПП}}. \quad (9)$$

Тогда

$$T_{\text{пр4}} = 4[\text{мин}] + 3[\text{мин}] + 4[\text{мин}] = 11[\text{мин}].$$

Скорость движения машин спецтранспорта по перрону к местам стоянок воздушных судов не должна превышать 20 км/ч.

Формула для расчета окончания времени выполнения работ:

$$T_{\text{кон4}} = T_{\text{нач4}} + T_{\text{пр4}}. \quad (10)$$

5. Транспортировка багажа к аэровокзалу. Формула для расчета начала времени выполнения работ:

$$T_{\text{нач5}} = T_{\text{кон3}}. \quad (11)$$

Формула для расчета продолжительности времени выполнения работ:

$$T_{\text{пр5}} = \frac{L}{V} \times 60. \quad (12)$$

Тогда

$$T_{\text{пр5}} = \frac{1[\text{км}]}{20[\text{км/ч}]} \times 60 = 3[\text{мин}]. \quad (13)$$

Формула для расчета окончания времени выполнения работ:

$$T_{\text{кон5}} = T_{\text{нач5}} + T_{\text{пр5}}. \quad (14)$$

6. Перегрузка багажа на транспортеры выдачи багажа. Формула для расчета начала времени выполнения работ:

$$T_{\text{нач6}} = T_{\text{кон5}}. \quad (15)$$

Формула для расчета продолжительности времени выполнения работ:

$$T_{\text{пр6}} = \frac{b}{\text{ПБП}}. \quad (16)$$

Тогда:

$$T_{\text{пр6}} = \frac{180}{10[\text{ед.} / \text{мин}]} = 18[\text{мин}]$$

Формула для расчета окончания времени выполнения работ:

$$T_{\text{кон6}} = T_{\text{нач6}} + T_{\text{пр6}}. \quad (17)$$

7. Получение багажа. Формула для расчета начала времени выполнения работ:

$$T_{\text{нач8}} = T_{\text{нач6}}, \quad (18)$$

так как дальнейшее обслуживание пассажиров уже не связано с обслуживанием ВС и, соответственно, не влияет на него, для данного пункта рассчитывать временные рамки не представляется необходимым.

На основании рассчитанных данных можно составить часть технологической карты, отражающую работу с пассажирами. Технологическая карта представлена в табл. 3.

Таблица 3

Технологическая карта для обслуживания воздушного судна Airbus 320 [3]

№ п/п	Шифр работы, ij	Название работы	Продолжительность, мин t_{ij}	Начало работы	Окончание работы
1	1-2	Прибытие ВС	5	00:00	00:05
2	2-3	Высадка пассажиров из ВС	10	00:05	00:15
3	2-4	Разгрузка багажа	20	00:05	00:25
4	4-5	Транспортировка пассажиров к аэровокзалу	11	00:15	00:26
5	5-6	Транспортировка багажа к аэровокзалу	3	00:25	00:28
6	6-7	Перегрузка багажа на транспортеры выдачи багажа	18	00:28	00:46
7	–	Получение багажа	–	00:46	–

Используя данные табл. 3, можно выполнить построение сетевого графика (сетевой модели).

Сетевая модель – графическое изображение плана выполнения комплекса работ, состоящего из путей (работ) и узлов (событий), которые отражают логическую взаимосвязь всех операций. В основе сетевого моделирования лежит изображение планируемого комплекса работ в виде графа.

Сетевая модель обслуживания воздушного судна Airbus 320, выполняющего начальный внутренний рейс, представлена на рис. 1.

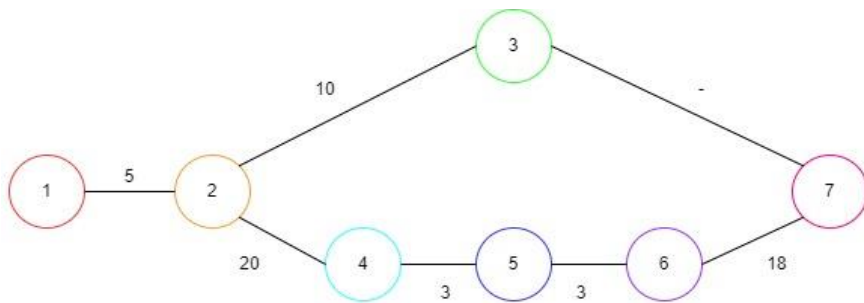


Рис. 1. Сетевой график обслуживания воздушного судна Airbus 320: 1 – прибытие воздушного судна на стоянку; 2 – регистрация пассажиров; 3 – разгрузка багажа; 4 – транспортировка пассажиров к аэровокзалу; 5 – транспортировка багажа к аэровокзалу; 6 – перегрузка багажа на транспортеры выдачи багажа; 7 – получение багажа

Заключение

Технологические графики – важный основополагающий документ, который используется при планировании процесса обслуживания и расписания рейсов в целом. При сравнении полученных рас-

четов с реально существующей Технологической картой обслуживания воздушного судна А320 установлено, что имеются отклонения в расчетах: по формулам, время, затрачиваемое на высадку пассажиров из воздушного судна, составляет 10 минут, а по технологическим графикам обслуживания воздушного судна, полученным из ООО «ВВСС», время на эту же операцию составляет 12 минут. Это говорит о том, что есть вероятность оптимизации графика по рассматриваемому критерию.

Помимо этого, на основании технологического графика обслуживания составлена сетевая модель, позволяющая увидеть, какие процессы могут протекать исключительно последовательно, а какие выполняются параллельно. Так, например, во время того, как пассажиры покидают борт воздушного судна, с другой его стороны уже начинается разгрузка багажа и доставка его в здание аэровокзала.

Библиографический список

1. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 02.07.2021).
2. Приказ Минтранса России от 28.06.2007 № 82 (ред. от 05.10.2017). Об утверждении Федеральных авиационных правил. Общие правила воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и требования к обслуживанию пассажиров, грузоотправителей, грузополучателей.
3. Airbus A320. Airbus A320 – обзор самолета и схема салона. URL: <https://aviado.ru/planes/airbus-a320/> (дата обращения: 23.05.2022).

УДК 656.025.6

А. О. Харлачев

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. А. Андронов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА И СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Введение

Стратегическое планирование развития транспортной системы Санкт-Петербурга является необходимым условием обеспечения устойчивого социально-экономического развития Санкт-Петербурга [1].

В «Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года» (далее – Стратегия) под транспортной системой (транспортным комплексом) Санкт-Петербурга понимается совокупность объектов и субъектов транспортной инфраструктуры, транспортных средств, функционирующих в пределах административных границ Санкт-Петербурга [1].

Стратегия разработана в целях организации взаимодействия исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга, федеральных органов исполнительной власти и иных государственных органов и организаций в рамках реализации следующих полномочий:

- осуществления дорожной деятельности в отношении автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения;
- организации транспортного обслуживания населения автомобильным, железнодорожным, водным, воздушным транспортом (пригородное и межмуниципальное сообщение);
- осуществления мероприятий по организации дорожного движения, включая создание и обеспечение функционирования парковок (парковочных мест) в границах населенных пунктов, а также по созданию городских автостоянок в целях повышения безопасности дорожного движения и пропускной способности дорог;
- обеспечения трудовыми ресурсами развития и функционирования транспортной системы Санкт-Петербурга [1].

Цель и задачи Стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга

Стратегической целью развития транспортной системы Санкт-Петербурга является удовлетворение потребностей инновационного социально ориентированного развития экономики и общества в конкурентоспособных качественных транспортных услугах [1].

Создание интегрированной сбалансированной транспортной системы является важным фактором социально-экономического развития, повышения привлекательности Санкт-Петербурга для жизни и работы людей, расширения производства, сферы обслуживания, повышения конкурентоспособности, общественной и инвестиционной активности [1].

Генеральным планом Санкт-Петербурга, утвержденным Законом Санкт-Петербурга от 21.12.2005 № 728-99 «О Генеральном плане Санкт-Петербурга» (далее – Генеральный план), были определены цели и задачи территориального планирования Санкт-Петербурга, основные параметры развития Санкт-Петербурга и виды функциональных зон на территории Санкт-Петербурга, в том числе сформулированы основные направления размещения и развития инфраструктуры внешнего транспорта и городского транспорта на расчетный срок до 2015 г. и на прогнозируемый период до 2025 г. [1].

В 2008–2010 гг. Правительством Санкт-Петербурга был утвержден ряд отраслевых схем размещения отдельных видов транспортной инфраструктуры на территории Санкт-Петербурга (УДС, объектов инфраструктуры воздушного транспорта, объектов инфраструктуры речного транспорта, объектов инфраструктуры автомобильного транспорта для перевозки пассажиров и багажа в пригородном, междугородном и международном сообщении). Постановлением Правительства Санкт-Петербурга от

23.01.2008 № 44 была одобрена Концепция развития метрополитена и других видов скоростного внеуличного транспорта в Санкт-Петербурге на период до 2020 г. [1].

Недостаточное развитие путей сообщений при стремительном росте спроса на перевозку со стороны населения и бизнеса привели к увеличению плотности транспортных потоков, ухудшению условий движения и снижению уровня безопасности транспортной деятельности [1].

Ежегодное количество погибших в дорожно-транспортных происшествиях в Санкт-Петербурге от общего количества пострадавших в указанных происшествиях составляет – 6,45%, что почти в три раза выше, чем в Париже – 1,7%, в Лондоне – 2,95%, в Мадриде – 2,71% [1].

С помощью сервиса «Яндекс карты», можно посмотреть, какая обстановка происходит утром и вечером в будние дни. Схема представлена на рис. 1 [2].

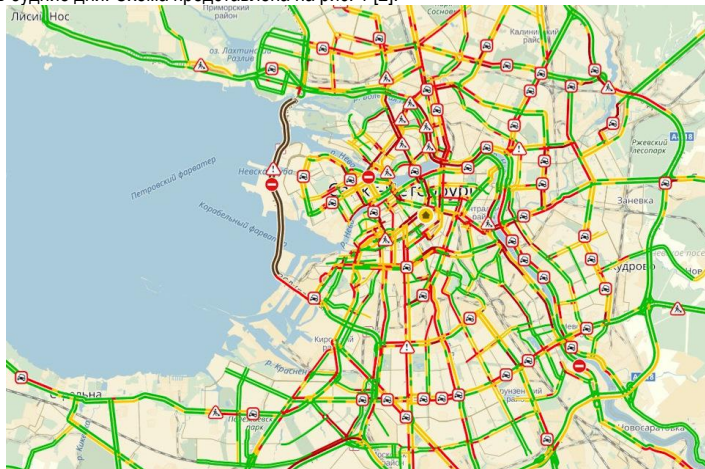


Рис. 1. Карта Санкт-Петербурга в час пик (10 баллов)

Характеристика текущего состояния транспортной системы Санкт-Петербурга с указанием основных проблем

Главной проблемой является то, что очень высокие темпы роста автомобилизации и крупные грузопотоки, идущие через Санкт-Петербург транзитом, а также формирующиеся в Санкт-Петербурге и направляющиеся в Санкт-Петербург, создают огромную нагрузку на дорожную инфраструктуру, у которой есть ряд существенных недостатков относительно структуры и управления, в то время как общественный транспорт из-за заторов на дорогах является недостаточно привлекательной альтернативой индивидуальному автотранспорту даже в самое напряженное время и на самых перегруженных участках УДС Санкт-Петербурга [3].

В настоящее время перевозки пассажиров в Санкт-Петербурге выполняются следующими видами ГПТ: метрополитеном, автобусами (социальные и коммерческие маршруты), городским электрическим транспортом (трамвай, троллейбус), железнодорожным транспортом пригородного сообщения и легковыми такси [3].

Маршрутная сеть ГПТ Санкт-Петербурга по состоянию на 01.01.2021 состоит из:

- 5 линий метрополитена (протяженность эксплуатационного пути – 124,8 км, 72 станции, 83 вестибюля и 7 пересадочных узлов);
- 42 трамвайных маршрутов;
- 46 троллейбусных маршрутов;
- 652 автобусных социальных и коммерческих маршрутов;
- сети железной дороги (около 100 станций и остановочных пунктов пригородного пассажирского хозяйства в черте административных границ Санкт-Петербурга), рис. 2 [3].



Рис. 2. Маршрутная сеть ГПТ Санкт-Петербурга

Социальные маршруты – автобусные маршруты с посадкой и высадкой пассажиров только в установленных остановочных пунктах [3].

Коммерческие маршруты – автобусные маршруты с посадкой и высадкой в любом не запрещенном правилами дорожного движения месте [3].

Маршрутная сеть наземного городского и пригородного транспорта обслуживается 19 транспортными компаниями по договорам с Комитетом по транспорту [3].

Таксомоторные перевозки на территории Санкт-Петербурга осуществляют около 2000 юридических лиц и индивидуальных предпринимателей [3].

Метрополитен составляет структурную основу системы ГПТ общего пользования Санкт-Петербурга. Главной задачей метрополитена является обеспечение магистральных внутригородских перевозок населения по направлениям, связывающим периферийные районы Санкт-Петербурга с его центром и между собой и характеризующимся наиболее устойчивыми пассажиропотоками [3].

В настоящее время метрополитен является наиболее быстрым и надежным видом ГПТ общего пользования. Это обуславливает ежегодное увеличение доли метрополитена в структуре перевозок ГПТ: до 49% в настоящее время. Провозная способность метрополитена составляет около 400 тыс. пассажиров в час при максимальной суммарной вместимости подвижного состава метрополитена 387,1 тыс. мест [3].

К 2022 г. планируется открытие первой очереди новой шестой линии – Красносельско-Калининской. В первую очередь войдут станции «Юго-Западная» и «Путиловская» (пересадочная на станцию «Кировский завод»).

В 2023–2025 гг.:

- продление Невско-Василеостровской линии до станции «Планерная»;
- открытие станции «Театральная»;
- открытие станции «Кудрово» (станет новой конечной на «оранжевой» линии);
- открытие станции «Шуваловский проспект» на пятой «Фиолетовой» линии;
- открытие новых выходов со станций «Балтийская», «Василеостровская», «Приморская» [4].

В статье указывается, что Фрунзенский район не обслуживается метрополитеном, однако метро продлили от станции «Международная», до станции «Шушары», поэтому строить еще одни станции не целесообразно. Лучше провести дополнительные ветки метро, которые соединили бы Фрунзенский район с Московским и Невским районами для пересадок.

Заключение

На сегодняшний день в Санкт-Петербурге проблема с транспортом возросла, сказалась пандемия и зима. Многие люди, кто не захотел вакцинироваться и заражаться, пересели на личные автомобили, из-за этого их количество увеличилось. Уборка снега проходила не так хорошо, как это обещали, до сих пор есть дороги, где снег лежит целыми кучами и водителям трудно проехать.

Общественный транспорт тоже пострадал из-за прошедшей зимы, пассажиры, которые садятся на остановках, с трудом пробирались, чтобы сесть в транспорт.

Но ситуация решается и есть положительные отзывы об уборке снега в различных районах нашего города.

Те, кто ездят на метро, не испытывают особого дискомфорта, за исключением районов, где все еще не построено метро. Власти собираются решить эту проблему в ближайшие несколько лет.

Предпосылок для создания большего числа транспортных узлов много, но нужно решать и действовать.

Библиографический список

1. О Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года (с изменениями на 14 июня 2017 г.). URL: <https://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/891854661?print=0> (дата обращения: 11.12.2021).
2. Яндекс. Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg/?ll=30.467098%2C59.941223&z=14> (дата обращения: 11.12.2021).
3. О государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» (с изменениями на 19 октября 2021 г.). URL: <https://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/822403631?print=0> (дата обращения: 15.12.2021).
4. Развитие метро. URL: <https://transportspb.com/future> (дата обращения: 15.12.2021).
5. О Стратегии развития транспортно-логистического комплекса Санкт-Петербурга (с изменениями на 14 июня 2018 г.). URL: <https://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/8453966> (дата обращения: 16.12.2021).

УДК 004.9

В. Д. Шарипова

магистрант кафедры системного анализа и логистики

С. А. Андронов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДАННЫХ В MDM-СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ РИНЦ И БАЗЫ ДАННЫХ SCOPUS

Введение

Рассмотрим актуальность вопроса качества данных в системах управления данными посредством анализа публикационной активности, которая находит отражение в российском индексе научного цитирования (далее – РИНЦ), а также в библиографической и реферативной базе данных Scopus (далее – Scopus).

Для анализа использовались следующие ключевые слова: качество данных, система управления основными данными, система управления мастер-данными, MDM, data quality, master data management system, master data management.

В качестве аналитических инструментов использовались программы: VOSViewer 1.6.14 и Bibliometrix.

Анализ по базе данных РИНЦ

Для более точного поиска сузим выборку: зададим тематики исследования, относящиеся к информационным технологиям (информатика, стандартизация и т.п.) и исключим гуманитарные. В результате поиска по заданным фильтрам наибольшее число публикаций найдено по ключевому слову «качество данных»: при расширенном поиске оно равно 119. Лидером по числу публикаций (12 шт.) на эту же тему является Финансовый университет при Правительстве РФ. Более подробные результаты поиска приведены в таблицах ниже. Видно, что в течение пяти последних лет наибольший интерес к теме качества данных проявился в 2020 г.

Таблица 1

Результаты расширенного поиска по ключевым словам в части организаций, авторов и лет

Ключевое слово	Число публикаций	Анализ по параметрам (3 лидера; в скобках – количество публикаций)		
		Организации	Авторы	Годы
Качество данных	119	Финансовый университет при Правительстве РФ (12) Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ (5) МИРЭА-Российский технологический университет (4)	Морозова О. А. (4) Романова Е. В. (4) Жгун Т. В. (3)	2021 (10) 2020 (23) 2019 (14) 2018 (16) 2017 (20)
Система управления основными данными	1	Московский государственный технологический университет "Станкин" (1)	Шароватов В. И. (1)	2021 (1)
Система управления мастер-данными	3	Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского (1) Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на ж/д транспорте (1) Санкт-Петербургский государственный	Дулин С. К. (1) Петренко А. С. (1) Строгонова В. И. (1) Сухобоков А. А. (1) Цветков В. Я. (1)	2021 (1) 2017 (1) 2016 (1)

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

		электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина) (1)		
Master data management	32	Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики" (4) Финансовый университет при Правительстве РФ (3) МИРЭА – Российский технологический университет (2)	Андриченко А. Н. (3) Дзенгелевский А. Е. (2) Мухина А. Е. (2) Белов А. В. (1) Белов М. В. (1)	2022 (1) 2021 (7) 2020 (9) 2019 (4) 2018 (5)

Таблица 2

Результаты поиска по ключевым словам в части журналов

Ключевое слово	Анализ по параметру «Журналы» (5 лидеров; в скобках – количество публикаций)		
Качество данных	Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены (9) Открытые системы. СУБД (8) Нефтяное хозяйство (5) Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий) (3) Вопросы статистики (3)		
Система управления мастер-данными	Защита информации. Инсайд (1) Наука и технологии железных дорог (1) Программные продукты и системы (1)		
Master data management	Информатизация образования и науки (3) Lecture Notes in Computer Science (2) Онтология проектирования (2)		

Таблица 3

Результаты поиска по ключевым словам в части наиболее цитируемых публикаций

Ключевое слово	Наиболее цитируемые публикации	Автор/Авторы	Год
Качество данных	Автоматизация аналитических технологий	Кузьмина Э. В., Пьянкова Н. Г.	2018
	Основные понятия формальной модели семантических библиотек и формализация процессов интеграции в ней	Серебряков В. А., Атаева О. М.	2015
	Цифровая повестка, большие данные и официальная статистика	Оксенойт Г. К.	2018
Система управления мастер-данными	Система управления мастер-данными сопка	Петренко А. С., Бугаев И. А.	2016
	Об одном подходе к реализации системы управления мастер-данными об активах	Сухобоков А. А., Строгонова В. И.	2017
Master data management	Тенденции и состояние в области управления справочными данными в машиностроении	Андриченко А. Н.	2012
	Data quality in a decentralized environment	Bogdanov A., Degtyarev A., Shchegoleva N., Khvatov V.	2020
	Управление мастер-данными в рамках итеративного подхода	Кузнецов С. В., Кознов Д. В.	2021

В работе [1, С. 213] определено значение этапа оценки качества данных в аналитических технологиях и рассматриваются возможности совершенствования этих технологий. В частности, за счет внедрения практик профилирования данных, составлении плана миграции данных без потерь инфор-

мации, исключение ошибок на уровне ввода информации за счет формирования шаблонов ввода. В [2, С. 180] описывается роль оценки качества данных как способа объективной оценки эффективности процессов, происходящих в семантической библиотеке. Говорится о зависимости уровня качества данных от порядка обработки ошибок: в первую очередь рекомендуется устранять сначала синтаксические ошибки и уже затем – семантические (влияющие на достоверность). В [3, 4] упоминается о том, что низкое качество данных больших данных связано с большими рисками и ограничениями их использования в официальной статистике и что, к сожалению, «частные компании в борьбе за информационные рынки склонны жертвовать качеством в обмен на скорость предоставляемой информации». В различных работах [5, 6] использование систем управления мастер-данными описывается как решение вопроса обеспечения качества данных, их целостности и согласованности.

Анализ по базе данных Scopus

Поисковая выдача показала 208 906 результатов по запросу KEY (data AND quality), однако в такую выгрузку попали работы, относящиеся также к качеству изображений, анализу качества данных для использования в медицинских инновациях и т. п. Для конкретизации выборки именно в области работы с основными данными организации (т. е. данными, которые должны являться эталонными, не содержащими ошибок) или приведению их к такому состоянию, добавим в запрос через логическое «И» еще одно сочетание: master data». В данном случае выдача резко сократилась: 208. Список наиболее цитируемых публикаций приведен в таблице ниже.

Таблица 4

Перечень наиболее цитируемых публикаций

Публикация	Автор/Авторы	Число цитирований	Год
The costs of poor data quality	Haug A., Zachariassen F., van Liempd D.	105	2011
Towards certain fixes with editing rules and master data	Fan W., Li J., Ma S., Tang N., Yu W.	82	2012
Managing one master data – Challenges and preconditions	Silvola R., Jaaskelainen O., Kroppu-Vehkaperä H., Haapasalo H.	40	2011

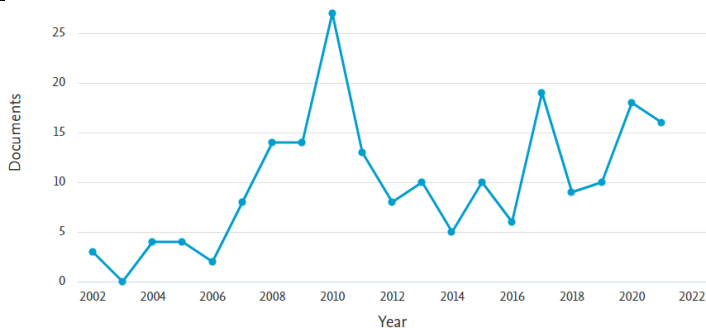


Рис. 1. График изменения количества публикаций в период с 2002 по 2022 гг.

Выше представлен график изменения количества публикаций представлен на рисунке ниже.

В статье «The costs of poor data quality» описана интересная мысль о том, что идеальное качество данных не должно быть самоцелью, вместо этого оно может быть улучшено лишь только до определенного оптимального уровня, иначе в определенный момент средства, выделяемые на повышение качества, могут превысить затраты, которые организация понесла из-за некачественных данных [7].

Статистика по количеству публикаций по странам показывает, что российские авторы занимают четвертое место по числу публикаций, индексируемых в Scopus.

Для более тщательного анализа использовались метаданные 208 публикаций, экспортированных из базы Scopus, собранные по запросу «(KEY (data AND quality) AND KEY (master AND data))» (актуально 7 марта 2022 г.).

Построение наукометрии на основе программы VOSviewer

К анализу для построения сети совместной встречаемости ключевых слов были допущены все метаданные, выборка не сужалась.



Рис. 2. Участок графа, отображающий новизну тематики «master data quality management»

Программа сформировала 13 кластеров, в которых доминируют ключевые слова, связанные с управлением данными; используются термины, отражающие машинное обучение: искусственный интеллект, большие данные, онтология, предсказание. Также присутствуют слова, отражающие и бизнес-потребность в качестве данных: модель зрелости, ритейл, цифровая трансформация. На рисунке выше графически показан участок кластера, отражающий нарождающуюся тематику «master data quality management». Кластер, в который вошел данный участок, имеет номер 9, т. е. он является не самым большим, что говорит о том, что ему посвящен сравнительно небольшой пласт работ. Наиболее цитируемыми журналами являются «International Conference On Research And Innovation In Information Systems» и «ACM International Conference Proceeding Series» (H-INDEX равен 123).

Построение наукометрии на основе программы BIBLIOMETRIX

Статистическая обработка выгруженных метаданных была произведена с использованием языка статистического программирования R и пакета R Bibliometrix. Значение среднего числа цитирований на документ (общее количество ссылок на статьи ученого, деленное на общее количество статей) равно 8,822.

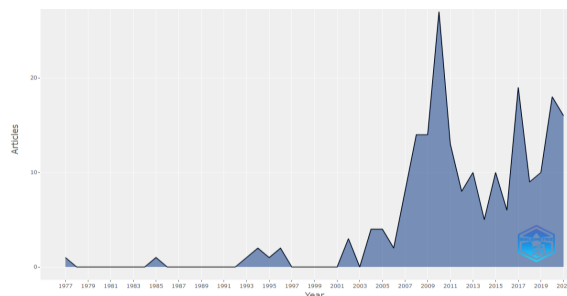


Рис. 3. Визуализация скорость роста

Видно, что интерес к теме качества данных в области управления основными данными растет, так как количество исследований от года к году растет. Особенный всплеск интереса проявляется в 2021 г. Максимальное значение индекса Хирша по анализируемому объему работ равно трем (это значит, что у автора есть не менее трех статей, которые были процитированы не менее трех раз каждая).

Выводы

Анализ количества публикаций по годам говорит о существовании тенденции к линейному увеличению интереса к теме управления качеством данных как в сообществе зарубежных авторов, так и в сегменте российских авторов: несмотря на ее малоизученность число публикаций, представленных в РИНЦ, в 2020 г. возросло в 1,5–2 раза по сравнению с 2019 г.; аналогичные результаты дает анализ выгрузок Scopus. Интерес к теме среди обоих сегментов авторов проявляется с небольшой «задержкой», равной примерно 1 году.

Небольшое число найденных работ и в то же время актуальность темы в мире, ее широкая прикладная применимость свидетельствуют о том, что теория не успевает за практикой, равно как и то, что данная область крайне перспективна для дальнейших исследований. Графическая визуализация кластеров в ходе анализа ключевых слов VOSviewer отразила нарождающуюся тематику «master data quality management».

Библиографический список

1. Кузьмина Э. В., Пьянкова Н. Г. Автоматизация аналитических технологий // Актуальные проблемы экономической теории и практики: сб. науч. тр. / под ред. В. А. Сидорова. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 247 с.
2. Атаева О. М., Серебряков В. А. Основные понятия формальной модели семантических библиотек и формализация процессов интеграции в ней // Программные продукты и системы. URL: <https://clck.ru/evw9z> (дата обращения: 13.03.2022). DOI: 10.15827/0236-235X.112.180-187.
3. Оксенойт Г. К. Цифровая повестка, большие данные и официальная статистика. Вопросы статистики. 2018. 25 (1). С. 3–16.
4. Bogdanov A., Degtyarev A., Shchegoleva N., Khvatov V. Data quality in a decentralized environment // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 12251 LNCS. 2020. Pp. 58–71. Doi: 10.1007/978-3-030-58808-3_6.
5. Сухобоков А. А. Об одном подходе к реализации системы управления мастер-данными об активах // Программные продукты и системы. URL: <https://clck.ru/evuWs> (дата обращения: 13.03.2022). DOI: 10.15827/0236-235X.030.1.051-060.
6. Андриченко А. Н. Тенденции и состояние в области управления справочными данными в машиностроении. URL: <https://clck.ru/evwuR> (дата обращения: 13.03.2022).
7. Haug A., Zachariassen F., van Liemp D. The costs of poor data quality // Journal of Industrial Engineering and Management. № 4(2). 2011. Pp. 168–193.

Эксплуатация и управление аэрокосмическими системами

УДК 629.73

М. А. Андронов

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

В. И. Тимофеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ИСТОРИЯ УСПЕХА BOEING И AIRBUS****История Boeing**

The Boeing Company – американская аэрокосмическая корпорация, разрабатывающая, производящая и поставляющая широкую номенклатуру техники: самолеты, вертолеты, ракеты, космические системы и т. д. История компании началась в 1910 г. в городе Сиэтл, когда молодой предприниматель из богатой семьи Уильям Эдвард Боинг приобрел небольшую судостроительную верфь. В ее стенах он вместе со своим другом, инженером ВМФ Джорджем Конрадом Вестервельтом, построил первый самолет – Boeing Model 1, также известный как B&W Seaplane (Boeing and Westervelt). 15 июня 1916 г. он поднялся в свой первый полет [1, 2].

15 июля 1916 г. была основана фирма «Pacific Aero Products Co», которая в последствии была переименована в Boeing Airplane Company.

6 апреля 1917 г. США вступили в Первую Мировую войну, и компания Boeing предложила флоту новый самолет Boeing Model C. Машина оказалась удачной, и военные заказали 50 самолетов. В этот период компания расширилась и приобрела еще одну площадку в Сиэтле, позже названную Boeing Plant 1. Но после окончания войны у авиапроизводителей начались проблемы, так как эти самолеты были проданы на вторичный рынок, авиакомпаниям получили огромное количество самолетов и заказы на новые больше не поступали. В этот момент Boeing стала заниматься производством мебели и лодок.

В середине 20-х Боинг занялся истребителями. Первые тендеры он проиграл фирме Curtiss, но позже его самолеты Boeing PW-9 и PW-12 вскоре стали весьма успешными, что подняло фирму на пьедестал крупнейших производителей в стране.

В 1933 г. был создан Boeing 247 – первый номерной самолет и первый полноценный современный лайнер. Имея экипаж из 3 человек и 10 мест для пассажиров, он значительно превосходил аналоги и был успешен даже за рубежом. Первые партии этих самолетов Boeing поставляла для собственной авиакомпании United Airlines, что привело к проблемам. В 1934 г. в США был принят антимонопольный закон, запрещающий авиапроизводителям и авиаперевозчикам объединяться или находиться под контролем одной структуры. Это был большой удар по компании, которую с таким трудом строил Уильям Боинг, поэтому он продал свой пакет акций и ушел из компании.

После ухода основателя компания реорганизовалась и сконцентрировалась на создании больших самолетов. Ее крупным детищем стала летающая лодка Boeing 314 «Clipper». В конце 30-х он мог перевозить до 40 пассажиров и был крупнейшим серийным пассажирским самолетом. Кроме того, эти самолеты смогли стабильно и успешно пересекать Атлантику, основав одну из самых загруженных воздушных трасс нашего времени. Этот самолет был очень популярен в компании Pan Am, на то время королю американских авиаперевозок [3].

В 1938 г. был создан авиалайнер Boeing 307 «Stratoliner». Это был первый самолет с герметичной кабиной, способный летать на высотах более 6 км на большие дистанции, но он не стал популярным у авиаперевозчиков. Зато оказался востребованным в военной сфере.

Вторая Мировая война стала эрой небывалого развития технологий, в том числе и авиационных. Именно тогда были созданы одни из самых знаменитых самолетов Boeing: бомбардировщики Boeing B-17 и B-29. Всего за годы войны были выпущены 12731 Boeing B-17 и 3970 Boeing B-29, пара из которых стала ядерными.

Окончание войны стало проблемой для авиапроизводителей. Гигантские объемы производства уже не были нужны, заказы сжимались или вовсе отменялись. В итоге без работы оказалось около 70 тыс. человек. Boeing попытались смягчить этот шок, переделывая B-29 в гражданский Boeing 377 «Stratocruiser», на основе которого был создан знаменитый «Super Guppy».

После войны Boeing оставались лидерами в разработке бомбардировочной авиации. Пришла реактивная эра, и на свет появились такие машины как Boeing B-47 «Stratojet» и B-52 «Stratofortress», который служит до сих пор.

Технологии создания таких самолетов отлично показали себя и в гражданском секторе. На базе элементов конструкции B-52 был создан прототип Boeing 367-80, ставший основой для топливозаправщика Boeing KC-135 «Stratotanker» и первого реактивного авиалайнера фирмы Boeing 707, благодаря которому фирма смогла занять твердое положение на рынке гражданских самолетов.

Одним из важнейших событий 80-х стало приобретение компанией Boeing фирмы Vertol Aircraft. Именно тогда появился дивизион Boeing Vertol, занимающийся вертолетами, новым важным направлением в авиации. В 1961 г. в воздух поднялся знаменитый транспортный вертолет CH-47 «Chinook». Чуть позже в 1962 г. был создан CH-47 «Sea Knight», который до сих пор служит в морской пехоте США.

В 1967 г. Boeing выпустила еще один небольшой реактивный авиалайнер – Boeing 737, который до сих пор эксплуатируется и является самым массовым коммерческим самолетом в мире. На 28 февраля 2022 г. их было произведено 10 775 штук.

Чуть позже произошло еще одно очень знаменательное событие в истории авиации. 9 февраля 1969 г. в небо поднялся флагман линейки Boeing 747. На конец 60-х этот самолет был абсолютным гигантом и невероятным вызовом, для всех, кто им занимался. Именно для него в свое время был построен завод Boeing в Эверетте, который на сегодняшний день является главной производственной площадкой компании.

1970-е начались для Boeing не очень удачно. Военные заказы для Вьетнамской войны снижались, лунная программа Аполлон завершалась, а с гигантским Boeing 747 были проблемы из-за его размеров. Аэропорты не могли принять такой большой самолет. Так же в попытке создать конкурента французскому Конкорду и советскому Ту-144 Boeing столкнулась с проблемой финансирования и сложностью проекта.

Ситуация переменялась с началом серийной эксплуатации 747-го. Авиакомпаниям и инфраструктуре понадобилось некоторое время чтобы привыкнуть к новой машине и осознать ее потенциал. На 28 февраля 2022 г. было выпущено 1568 самолетов, большинство из которых эксплуатируются и в наши дни.

В 1970 г. за океаном появился новый европейский концерн Airbus, который в 1971 г. представил миру двухдвигательный широкофюзеляжный Airbus A300. Первым ответом на работу европейцев был узкофюзеляжный лайнер Boeing 757, поднявшийся в воздух 19 февраля 1982 г. Потом в 1984 г. последовал первый американский двухдвигательный широкофюзеляжный самолет Boeing 767-300.

В 1990-е Boeing добилась успехов в области истребительной авиации. Совместно с General Dynamics и Lockheed Martin они создали первый в мире истребитель 5 поколения F-22 «Raptor», который после победы в тендере стал нынешним главным оружием ВВС США.

В области гражданской авиации это десятилетие ознаменовалось появлением одного из лучших самолетов компании – двухдвигательного широкофюзеляжного лайнера Boeing 777.

Середина 90-х для компании была периодом больших покупок. Распад СССР привел к значительному сокращению военных расходов и многие жившие за счет пентагона компании изрядно обнищали. В 1996 г. Boeing выкупила аэрокосмический оборонный бизнес фирмы Rockwell, а в 1997 г. была поглощена McDonnell Douglas. Именно тогда появилась нынешняя форма логотипа фирмы.

В 2003 г. впервые за десятилетия мировым авиационным лидером стал европейский концерн Airbus. Теракты 11 сентября и рост цен на топливо сжимали авиационный рынок. Некоторые программы Boeing такие как трансзвуковой Boeing Sonic Cruiser были закрыты. Решением стало создание совершенно нового и прорывного самолета. Им стал Boeing 787 «Dreamliner». Этот самолет вновь вернул компании лидерство, особенно при учете проблем компании Airbus с их флагманом А380.

В августе 2007 г. представители компании Boeing и российской ВСМПО-Ависма объявили о создании совместного предприятия Ural Boeing Manufacturing (UBM) по обработке титановых штамповок.

Это совместное предприятие с равными долями начало выпускать компоненты для модели Боинг 787 Dreamliner в 2009 г.

Причины успеха Boeing

Проанализировав историю компании Boeing, можно отметить некоторые основные причины, благодаря которым она стала весьма успешна на рынке авиапроизводителей:

- на начальном этапе безусловно сыграло большую роль образование и предпринимательские способности Уильяма Боинга. Вкупе с удачным расположением фирмы и небольшой стоимостью материалов, это позволило создать хорошую и перспективную компанию;
- компания Boeing пережила 2 мировые войны, развивая за счет государственных средств как технологии в целом, так и саму себя;
- после войн компания была вынуждена искать новые ниши и занимать их, чтобы оставаться на плаву в условиях отсутствия военных заказов;
- участие в космической гонке вынуждало компанию работать на пределе своих возможностей, разрабатывая передовую технику, не отстающую от конкурентов.
- окончание холодной войны позволило Boeing выкупить некоторых конкурентов в военной области и приобрести специализированные компании, расширяя тем самым номенклатуру производимой продукции;
- разработка уникальных машин, например, Boeing 747 или Boeing 787;
- конкуренция с Airbus, заставляющая все время развиваться;
- налаживание международного сотрудничества, например, совместного с российской ВСМПО АВИСМА предприятия Ural Boeing Manufacturing.

История Airbus

История Airbus началась в 60-е гг., когда европейские страны и авиастроительные фирмы осознали, что вечно зависеть от американского импорта бесперспективно. Для этого нужно создать современный конкурентоспособный самолет. Так же они понимали, что в одиночку ни одна фирма и ни одна страна не сможет конкурировать с США и СССР. В 1965 г. на авиасалоне в Ле-Бурже крупнейшие производители встретились с целью обсудить совместное создание нового европейского самолета [4].

Так, спустя некоторое время, 18 декабря 1970 г. был сформирован концерн Airbus Ind. Ее акционерами стали в равных долях французская Aerospatiale и немецкая Deutsch Airbus.

Первым самолетом, созданным концерном стал Airbus A300 – первый двухдвигательный широкофюзеляжный самолет в мире. В небе в то время доминировали трехдвигательные и четырехдвигательные магистральные лайнеры, поэтому гораздо более экономичный A300 стал весьма популярным. Франция занималась созданием кабины экипажа, систем управления и некоторых элементов фюзеляжа. Британия разрабатывала крыло. Германия строила большую часть фюзеляжа, а также закрылки и спойлеры. Испания занималась горизонтальным и хвостовым оперением. Двигатели разрабатывал Rolls Royce. В 1972 г. первый A300 поднялся в небо.

Так началась история концерна, который на сегодняшний день вместе с Boeing почти полностью владеет рынком узкофюзеляжных, широкофюзеляжных и самолетов класса VLA. Компания за свою историю создала несколько уникальных машин, таких как Airbus A380, самый большой гражданский лайнер в мире, имеющий полноценную вторую палубу, Airbus Beluga, широкофюзеляжный грузовой самолет, созданный для транспортировки частей самолетов Airbus по всей Европе. На сегодняшний день продолжается жесткая конкуренция между Boeing и Airbus за место на рынке авиапроизводителей.

Причины успеха Airbus

1. Объединение усилий нескольких стран и распределение производства.
2. Удачный первый самолет концерна модели A300, с рискованной на то время двухдвигательной схемой, позволивший занять уверенное положение на рынке.

3. Унифицированная линейка самолетов, позволившая снизить затраты на производство и обслуживание.
4. Конкуренция с Boeing.
5. Постройка уникальных и рекордных машин, как например A380 и Beluga, вызывающих эффект «Вау».

Перспективы развития отечественного авиапрома

В условиях санкций от западных стран, наложенных на Россию, и отказа от обслуживания самолетов иностранного производства, России придется развивать свой национальный авиапром. Это потребует гигантских усилий от страны, и для решения возникающих проблем можно будет обратиться к опыту мировых лидеров в этой области. Так, например, возможно сотрудничество с дружественными странами для объединения усилий, подобно концерну Airbus. Развитие смежных областей, занимающихся новыми материалами, электроникой, приборостроением, как например Boeing при создании Dreamliner. Создание унифицированной линейки самолетов для упрощения и удешевления процесса производства, подобно линейкам лайнеров Boeing и Airbus. Проектирование новых современных производственных площадок, таких как Boeing Factory или мегазавод Airbus в Тулузе. Все эти действия, проверенные историей, помогут России вернуть былое величие отечественного авиапрома.

Библиографический список

1. Boeing. Официальный сайт. URL: <https://www.boeing.com/> (дата обращения: 20.04.2022).
2. История Boeing. URL: <https://vc.ru/story/19267-boeing-story> (дата обращения: 20.04.2022).
3. История крупнейшего американского авиаконцерна Boeing. URL: <https://armavia.aero/ru/iz-istorii-krupnejshego-amerikanskogo-aviakoncerna-boeing/> (дата обращения: 21.04.2022).
4. Airbus. Официальный сайт. URL: <https://www.airbus.com/en> (дата обращения: 20.04.2022).

УДК 629.7.025.3

Г. М. Вишневецкий

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами.

А. П. Ковалев – доктор технических наук, профессор – научный руководитель.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ДОЗВУКОВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Введение

Развитие авиационной техники (АТ) и аэродромной сети повышает транспортную доступность удаленных регионов России, которая становится катализатором экономики этих регионов. Сейчас этому уделяется значительное внимание в правительстве России – с помощью экономической поддержки авиакомпаний [1]. Производится строительство и модернизация аэропортов аэродромов [2]. Из-за географического положения и удаленности населенных пунктов, приоритетным типом воздушного судна являются региональные самолеты.

Увеличение количества подобного типа летательных аппаратов (ЛА) отечественного производства в парках авиакомпаний позволяет увеличить количество экономических связей, стимулировать развитие авиационной отрасли, давать рабочие места в высокотехнологичной отрасли экономики и улучшить качество жизни в отдаленных регионах России.

Разработка нового воздушного судна – трудоемкий процесс, который требует больших финансовых, материальных и интеллектуальных ресурсов. Создание нового ЛА включает в себя не только разработку планера и Авионики, но и часто разработку новой силовой установки и системы управления (СУ).

Система управления является системой, к которой предъявляются повышенные требования надежности, так как ее неисправность может привести к авиационным происшествиям и даже катастрофам. В качестве примера можно рассмотреть авиакатастрофу 2019 г. произошедшую с Boeing 737 MAX авиакомпании Ethiopian Airlines и авиакатастрофу того же самолета произошедшей в Джакарте в 2018 г. Boeing 737 MAX это достаточно новый самолет, который был разработан известной авиакомпанией «Boeing», а свой первый полет выполнил в 2016 г. [3].

Несмотря на то, что система управления была сертифицирована, и допущена до эксплуатации, происходят подряд идущие авиакатастрофы по одинаковой причине – неисправности системы управления, что указывает на не совершенство процесса сертификации. Поэтому разработка системы управления, так же важная часть при разработке самолета в целом.

Система управления

Система управления современных региональных самолетов представляет собой электродистанционную систему управления без механического соединения органов управления самолетом с поверхностями управления самолетом, к которым относится:

- элероны;
- рули высоты;
- рули направления;
- стабилизаторы;
- интерцепторы;
- закрылки;
- предкрылки;
- тормозные щитки (для торможения на земле).

Основными задачами системы управления можно назвать:

- 1) управление и балансировка самолета по:
 - крену, посредством отклонения элеронов и интерцепторов;
 - курсу, посредством отклонения руля направления;
 - тангажу, посредством отклонения руля высоты и перестановки стабилизатора;



Рис. 1. Органы управления самолетом

2) аэродинамическое торможение самолета в полете при снижении с помощью интерцепторов и торможение самолета на земле с помощью интерцепторов и тормозных щитков;

3) увеличение подъемной силы крыла на режимах взлета и посадки, а также уход на второй круг посредством установки закрылков и предкрылков на заданные углы;

4) автоматический непрерывный контроль функционального состояния подсистем во время полета с выдачей данных в систему регистрации параметрической информации и информации об отказах в систему электронной индикации кабины экипажа;

5) автоматический контроль работоспособности при наземном техническом обслуживании с выявлением отказавшего компонента или линии связи.

Поскольку система управления является ключевой в вопросе безопасности, ее необходимо резервировать. На современных региональных самолетах она резервируется 2-3 раза.

Современные ЛА гражданской авиации оснащены интегрированной системой автоматического управления полетом, которая способна совершать полет, взлет и даже посадку в автономном режиме без участия пилотов.

САУ представляет собой вычислительную систему, реализованную в оборудовании Авионики и взаимодействующую с системой управления самолетом и системой управления двигателями. Функции САУ реализованы с помощью специального программного обеспечения.

САУ предназначена для:

- автоматического управления полетом;
- директорного управления;
- автоматического управления тягой двигателей.

САУ обеспечивает следующие функции:

– автоматическое управление полетом по тангажу, крену и рысканью в режимах управления полетом, заданных экипажем;

– директорное управление по тангажу и крену в режимах управления полетом, заданных экипажем;

– автоматическое управление тягой двигателей в режимах управления полетом, заданных экипажем или системой управления самолетом, или в режимах, сопряженных с режимами.

Сердцем САУ является центральный вычислитель, к которому относится платформа центрального вычислителя авионики и блок-концентратор данных. Платформа обеспечивает функции:

- центрального процессора;
- ввода-вывода данных;
- концентратора данных;
- автопилота;
- автомата тяги;
- загрузки программного обеспечения;
- системы предупреждения экипажа;

– системы предупреждения о сваливании.

Блоки-концентраторы данных предназначены для обеспечения информационного обмена между системами самолета, не имеющими прямых связей друг с другом.

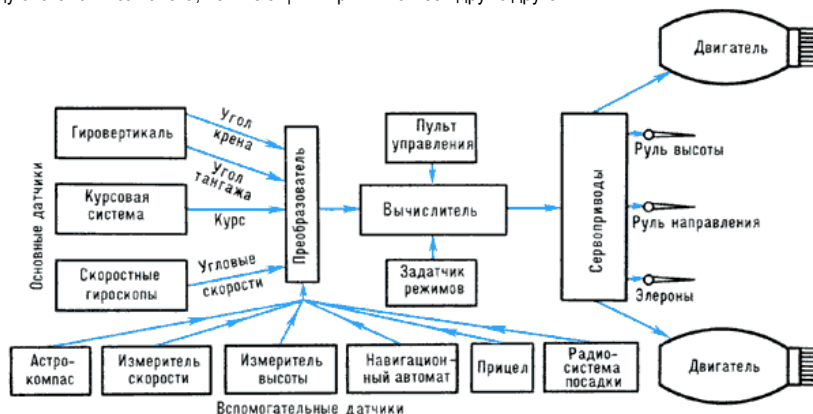


Рис. 2. Структурная схема САУ

В процессе разработки системы управления следует принимать во внимание вопросы аэроупругости планера самолета.

В процессе полета на конструкцию ЛА воздействуют поверхностные и массовые силы.

К поверхностным нагрузкам относятся:

- распределенные воздушные нагрузки;
- поверхностные нагрузки, действующие на агрегаты.

К массовым нагрузкам относятся:

- нагрузки, действующие на массы конструкции крыла;
- нагрузки, действующие на массы топлива;
- нагрузки, действующие на массы агрегатов и грузов.

На распределение воздушной нагрузки по площади конструкции прямо влияет скорость полета и внешняя форма крыла.

В конструкции самолета, крыльям и оперению обеспечивается большая прочность при меньшем весе. Из-за этого в условиях эксплуатации ЛА возникают разного вида колебания, которые приводят к деформации конструкции органов управления, вследствие действия на них упругих внешних инерционных сил.

Также при движении ЛА в воздухе и возникающих аэродинамических сил, появляется так называемая дивергенция, которая является следствием потери устойчивости крыла и эффективности органов управления из-за воздействия этих сил. А в случае, когда свою эффективность теряют элероны – это явление называется реверсом элеронов. При отклонении элеронов появляется дополнительная воздушная, распределенная нагрузка, действующая на отсеки крыла, где установлены элероны. Эти виды дополнительных нагрузок необходимо рассматривать, когда они особенно велики, например, в случае резкого отклонения элеронов.

Заключение

В рамках статьи были рассмотрены: типичные органы управления, применяемые на ЛА регионального типа, связь системы автоматического управления с системой управления аэродинамическими поверхностями. Выяснили, что необходимо принимать во внимание аэроупругие явления при разработке системы управления.

Разработка ЛА – процесс сложный. Он требует больших интеллектуальных и финансовых затрат. Требуется больше исследований, которые в дальнейшем будут повышать эффективность процесса разработки, эффективность эксплуатации ЛА и безопасность полета.

Библиографический список

1. Содружество авиационных экспертов. URL: <https://www.aex.ru/news/2022/4/11/243242/> (дата обращения: 10.05.2022).
2. Авиапорт. Дайджест URL: <https://www.aviaport.ru/digest/2022/02/16/709855.html> (дата обращения: 10.05.2022).
3. Википедия. Boeing 737 MAX. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Boeing_737_MAX (дата обращения: 10.05.2022).

УДК 629.78

Я. В. Гилев

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

Ю. А. Кузьмичев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАВШИХСЯ ГАРАНТИЙНЫХ ЗАПАСОВ ТОПЛИВА В РАКЕТЕ-НОСИТЕЛЕ

Введение

Для успешного выполнения задачи выведения полезной нагрузки на заданную орбиту используются ГЗ КРТ. Это влечет за собой уменьшение полезной нагрузки, выводимой на орбиту. Поэтому на основе проведенных испытаний можно оценить возможность уменьшения ГЗ КРТ.

ГЗ КРТ – это дополнительные запасы компонентов рабочего топлива (окислитель и горючее) в ракетных блоках ступеней ракеты космического назначения (РКН), предназначенные для компенсации возмущающих факторов, действующих в полете на РКН и приводящих к дополнительным затратам рабочего топлива, по сравнению с номинальной (невозмущенной) траекторией выведения РКН [1].

Силы, действующие на отделяемые ступени

Помимо гравитационной силы и силы тяги тормозного двигателя (ТД) на объект действуют:

- аэродинамическая сила;
- сила давления солнечного света;
- сила взаимодействия магнитного поля Земли с магнитным полем объекта управления;
- сила инерции от перемещающихся масс внутри объекта управления [2].

Первые три пренебрежительно малы по сравнению с силой тяги ТД и вряд ли оказывают заметное изменение ускорения. Остается сила инерции оставшихся КРТ.

Особенности отделения второй и третьей ступеней

На рис. 1–4 представлены графики зависимости измеренного вдоль продольной оси ускорения второй и третьей ступеней и силы тяги ТД от времени.

a , m/s^2

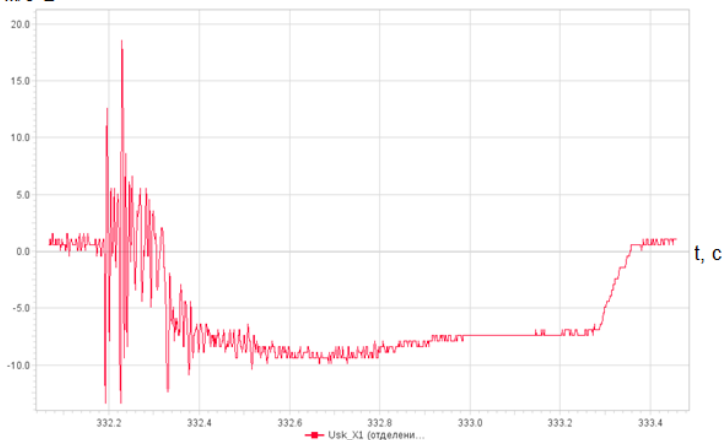


Рис. 1. График зависимости ускорения второй ступени от времени

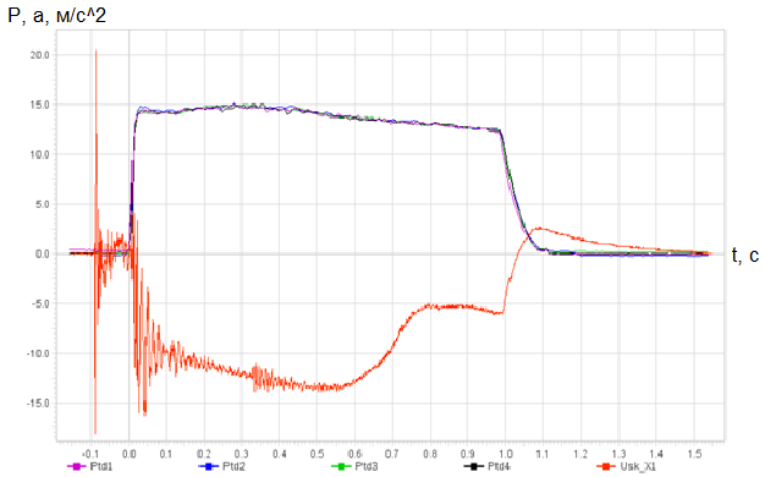


Рис. 2. График зависимости ускорения и силы тяги ТД третьей ступени от времени. Первый полет

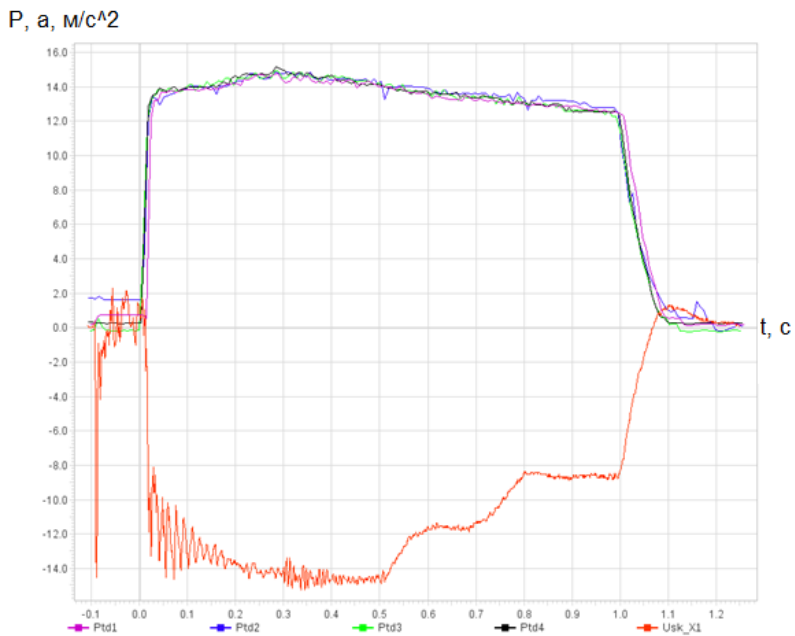


Рис. 3. График зависимости ускорения и силы тяги ТД третьей ступени от времени. Второй полет

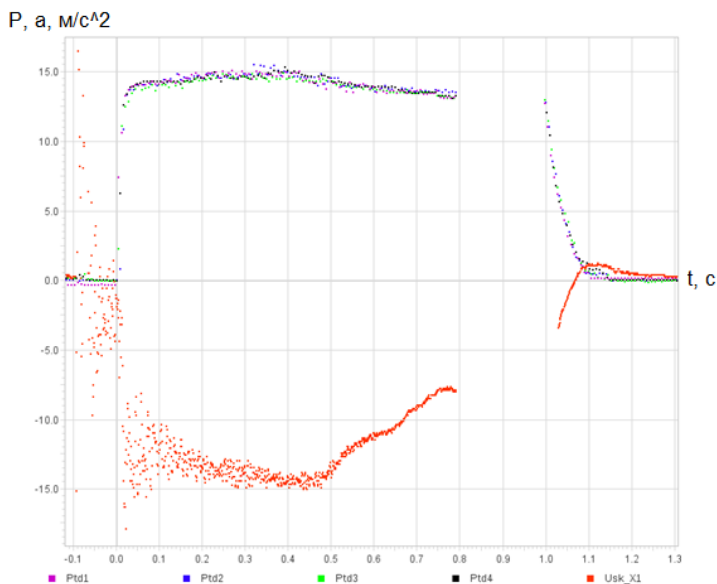


Рис. 4. График зависимости ускорения и силы тяги ТД третьей ступени от времени.
Третий полет

На основании представленных данных можно сделать несколько выводов.

1. После запуска ТД через 0,6÷0,8 секунд наблюдается незначительное уменьшение ускорения на второй ступени. Изменение ускорения значительно меньше по сравнению с уменьшением ускорения на третьей ступени. Возможные причины:

- соотношение массы ступени к массе КРТ отличается в разы (масса второй ступени значительно больше массы третьей ступени, а запасы компонентов значительно меньше);
- гарантийные запасы компонентов второй ступени минимальны или отсутствуют полностью, так как на второй ступени реализован алгоритм дожигания КРТ без изменения координат прогнозируемой точки падения отделяемых частей;
- в третьей ступени ГЗ КРТ рассчитываются из условия компенсации ошибок выведения в конце участка полета за счет реализации метода терминального наведения.

Согласно второму закону Ньютона, сила, действующая на объект, равна произведению массы на ускорение. Следовательно, изменение ускорения возможно либо изменением силы в заданный момент времени, либо изменением массы. В момент включения ТД КРТ прижаты к нижней стенке баков из-за действия реактивной силы маршевого ракетного двигателя (РД), и, следовательно, сила тяги ТД приложена только к ступени, корпусу объекта управления. Под действием силы тяги ТД компоненты перемещаются к верхней стенке ступени и, как только они достигают ее, сила тяги ТД действует на сумму масс ступени и КРТ. Так как изменилась масса, меняется (уменьшается) и ускорение, вызванное действием ТД. Значение изменения ускорения зависит от соотношения массы ступени к массе КРТ.

Обычно второй закон Ньютона записывается в виде формулы:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad (1)$$

где \vec{a} – ускорение тела, \vec{F} – равнодействующая сил, приложенных к телу, а m – масса тела.

Исходя из этого закона, остатки ГЗ топлива можно найти по формуле:

$$m = \frac{\bar{F}}{a}. \quad (2)$$

Однако, рассчитав массу таким образом, можно вычислить массу только тех остатков ГЗ топлива, на которые в данный момент времени действует равнодействующая сила.

Для более точной оценки ГЗ топлива можно выразить оставшиеся КРТ через "сухую" массу ступени. Исходя из формулы (2), видно, что изменение ускорения обратно пропорционально изменению массы. Следовательно, отношение изменения ускорения может показать, какую долю в процентах составляют оставшиеся ГЗ КРТ от массы ступени.

При полете второй ступени отношение изменения ускорения равно 7/9, т. е. 78%, значит масса оставшихся ГЗ равна: $100\% - 78\% = 22\%$ от массы ступени.

При первом полете третьей ступени отношение изменения ускорения равно 5/13, т. е. 38%, значит масса оставшихся ГЗ равна: $100\% - 38\% = 62\%$ от массы ступени; при втором полете – 41% от массы ступени; при третьем – 45% от массы ступени.

Таким образом, на основании трех испытательных пусков масса оставшихся ГЗ КРТ третьей ступени составила около 49% от массы третьей ступени без КРТ.

Заключение

Исходя из приведенных выше расчетов можно сделать несколько выводов:

1. В третьей ступени остаточные ГЗ КРТ составляют не менее 40% массы самой ступени. Уменьшив количество топлива в третьей ступени, можно увеличить массу полезной нагрузки.
2. В конце работы ТД третьей ступени наблюдается изменение направления ускорения. Возможно, это является следствием выброса газовой смеси, создающей давление наддува, после перемещения КРТ к верхней стенке топливных баков [3].

Библиографический список

1. Гаврелиук В. П., Кирсанов В. Г. Гарантийные запасы топлива для ракет космического назначения. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/garantiynnye-zapasy-topliva-dlya-raket-kosmicheskogo-naznacheniya> (дата обращения: 10.04.2022).
2. Авдеев Ю. Ф. Преддверие сказочного мира. М.: Советская Россия, 1974. 288 с.
3. Разделение ступеней. URL: https://studme.org/284918/tehnika/razdelenie_stupeney. (дата обращения: 20.04.2022).

УДК 629.7.05

Е. А. Гусева

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

В. К. Пономарев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ В БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ СИСТЕМАХ ОРИЕНТАЦИИ
НА ОСНОВЕ КОМПЛЕМЕНТАРНЫХ ФИЛЬТРОВ****Введение**

Для измерения параметров углового движения летательных аппаратов (ЛА) на современном этапе развития техники используют приборные системы, построенные на бесплатформенной основе (БСО).

При решении задачи ручного или автоматического пилотирования ЛА разных классов высокая точность определения параметров угловой ориентации является избыточной и БСО (гировертикали и курсовертикали) проектируют на основе датчиков пониженного класса точности. Поскольку инструментальные ошибки таких датчиков превышают по величине методические, применение классического алгоритма обработки их сигналов оказывается невозможным. Ввиду чего алгоритмы обработки сигналов проектируют на основе принципов комплексирования.

Построение алгоритма обработки сигналов датчиков с помощью комплементарных фильтров, при применении в БСО, в общей постановке обосновано в работах В. Я. Раслопова и В. В. Матвеева [1, 2]. Преимуществом использования комплементарных фильтров в БСО является то, что их перенастройка сводится к изменению только одного параметра – постоянной времени фильтра. Технические возможности выполнения этой операции могут быть предусмотрены в конструкции системы и доступны потребителю. При синтезе таких фильтров можно ограничиться описанием главных составляющих ошибок датчиков.

Особенности построения БСО на основе комплементарных фильтров

Комплементарные фильтры можно применять в БСО при описании параметров ориентации в различных базисах (углы Эйлера, направляющие косинусы, параметры Родрига-Гамельтона и др.). Общим при проектировании бесплатформенной гировертикали является разделение общего алгоритма на два модуля [2]. Один из них оценивает параметры ориентации по сигналам датчиков угловой скорости (гироскопический канал), а другой – по сигналам акселерометров (акселерометрический канал). Оба канала объединяются с помощью комплементарных фильтров и обеспечивают безынерционную оценку параметров ориентации. Главным источником ошибок гироскопического канала являются инструментальные ошибки датчиков угловой скорости – начальное смещение нуля и его нестабильность. В низкочастотной области ошибку можно считать квазипостоянной величиной. Поскольку, независимо от выбранного базиса параметров ориентации, для получения угловых параметров используется операция интегрирования сигналов датчиков угловых скоростей, на выходе гироскопического канала будет наблюдаться нарастание ошибок оценки угловых параметров.

При построении акселерометрического канала принимается во внимание, что ускорения относительного движения ЛА порождают методические ошибки определения угловых параметров ориентации. Ускорение относительного движения разделяют на постоянные и изменяющиеся во времени (флуктуационные). Причиной флуктуационных ускорений является турбулентность атмосферы, в результате ее действия возникают собственные колебания ЛА с коротким периодом и длиннопериодические колебания (фугодные). При объединении каналов постоянную времени комплементарного фильтра выбирают на компромиссной основе, исходя из требований для ограничения ошибок оценки параметров ориентации, выдаваемых начальным смещением нуля датчиков угловой скорости, и требованием по фильтрации случайной составляющей в показаниях акселерометров в спектре преобладающих частот.

В БСО, реализующей функции курсовертикали, к гироскопическому и акселерометрическому каналу добавляется магнитометрический канал, который объединяется с ними также с использованием комплементарного фильтра.

Гироскопический канал

Взаимное положение связанной с объектом системы координат относительно географической системы координат может быть определено матрицей координатного поворота (матрицы направляющих косинусов):

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Элементы a_{ij} связаны с углами Эйлера ψ , γ , ν по ГОСТ 20058-80:

$$\psi = -\arctg \frac{a_{13}}{a_{11}}, \quad \gamma = -\arctg \frac{a_{32}}{a_{22}}, \quad \nu = \arctg \frac{a_{12}}{\sqrt{a_{22}^2 + a_{32}^2}}. \quad (2)$$

При вращении объекта, закон изменения параметров матрицы направляющих косинусов подчиняется дифференциальному уравнению Пуассона [3]:

$$\dot{\mathbf{A}} = -[\omega]\mathbf{A}. \quad (3)$$

Матрица координатного поворота \mathbf{A} является ортогональной, следовательно, сумма квадратов элементов любой строки или любого столбца равна единице. Это свойство можно использовать для коррекции элементов матрицы \mathbf{A} при наличии ошибок их вычислений в результате интегрирования системы дифференциальных уравнений. Тройка уравнений системы, интегрирование которой дает достаточный набор направляющих косинусов для вычисления углов тангажа и крена по формулам (2), будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \dot{a}_{12} &= a_{22}\omega_z - a_{32}\omega_y + a_{12}[1 - (a_{12}^2 + a_{22}^2 + a_{32}^2)]; \\ \dot{a}_{22} &= a_{32}\omega_x - a_{12}\omega_z + a_{22}[1 - (a_{12}^2 + a_{22}^2 + a_{32}^2)]; \\ \dot{a}_{32} &= a_{12}\omega_y - a_{22}\omega_x + a_{32}[1 - (a_{12}^2 + a_{22}^2 + a_{32}^2)]. \end{aligned} \quad (4)$$

Акселерометрический канал

Триада акселерометров является вторым источником информации о параметрах его ориентации. В данной работе рассматривается идеализированный случай, при котором составляющие ускорения относительного движения объекта равны нулю, а в сигналах акселерометров присутствуют только составляющие ускорения силы тяжести g . Таким образом алгоритм определения параметров ориентации a_{12} , a_{22} , a_{32} сводится к простым вычислениям:

$$a_{12} = \frac{a_x}{g}; \quad a_{22} = \frac{a_y}{g}; \quad a_{32} = \frac{a_z}{g}, \quad (5)$$

где $g = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

Вычислительный алгоритм гировертикали

Блочная структура вычислительного алгоритма бесплатформенной гировертикали, построенного на основе комплементарных фильтров, учитывающая указанные выше технические ограничения при реализации в малогабаритных устройствах, приведена на рис. 1.

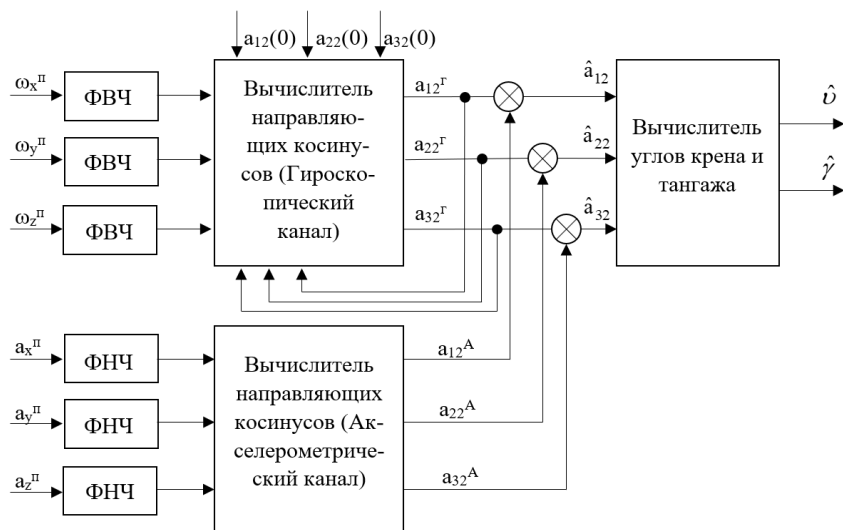


Рис. 1. Структура вычислительного алгоритма малогабаритной гировертикали

На рис. 1 использованы следующие обозначения ω_x^{π} , ω_y^{π} , ω_z^{π} – приборные значения сигналов датчиков угловых скоростей, a_x^{π} , a_y^{π} , a_z^{π} – приборные значения сигналов акселерометров, a_{12}^{Γ} , a_{22}^{Γ} , a_{32}^{Γ} – вычисленные значения элементов матрицы направляющих косинусов в гироскопическом канале, a_{12}^A , a_{22}^A , a_{32}^A – вычисленные значения этих элементов в акселерометрическом канале, \hat{a}_{12} , \hat{a}_{22} , \hat{a}_{32} , $\hat{\psi}$, $\hat{\gamma}$ – оценки параметров ориентации, $a_{12}(0)$, $a_{22}(0)$, $a_{32}(0)$ – начальные значения элементов, определяемые на этапе начальной выставки.

Вычисление параметров a_{12}^{Γ} , a_{22}^{Γ} , a_{32}^{Γ} в гироскопическом канале осуществляется путем интегрирования уравнений (4). Параметры a_{12}^A , a_{22}^A , a_{32}^A вычисляются по формулам (5), а оценки углов крена и тангажа с использованием выражений (2). Фильтры ФВЧ и ФНЧ имеют комплементарную структуру [4].

Вычислительный алгоритм курсового канала курсовертикали

Для нахождения данных об отклонении ЛА по курсу достаточно, используя найденные элементы матрицы **A**, найти суммарную проекцию сигналов датчиков угловых скоростей на ось OY_g опорной системы координат:

$$\omega_{yg} = a_{12}\omega_x + a_{22}\omega_y + a_{32}\omega_z. \quad (6)$$

Интегрируя ω_{yg} получим

$$K^{\Gamma} = -\psi = -\int_0^t \omega_{yg} dt - \psi_0, \quad (7)$$

где K^{Γ} – гироскопический курс.

Для коррекции гироскопического курса, в состав курсовертикали включают триаду магнитометров. Наиболее просто алгоритм вычисления магнитного курса по сигналам магнитометров можно получить, если ввести в рассмотрение повернутую на угол ψ нормальную систему координат с осями OX_{g1} ,

OY_{g1}, OZ_{g1} . Пересчет сигналов магнитометров на оси географической системы координат выполняется согласно формулам:

$$\begin{aligned} m_{xg1} &= \cos \psi m_x - \cos \gamma \sin \psi m_y + \sin \psi \sin \gamma m_z; \\ m_{zg1} &= m_y \sin \gamma - m_z \cos \gamma. \end{aligned} \quad (8)$$

Используя соотношения между углами Эйлера и элементами матрицы направляющих косинусов, магнитный курс будет определяться выражением:

$$K^M = -\arctg \frac{a_{22}m_z - a_{32}m_y}{(a_{22}^2 + a_{32}^2)m_x - a_{12}(a_{22}m_y + a_{32}m_z)}. \quad (9)$$

Стоит отметить, что использование такой формы вычислений магнитного курса не требует нормализации сигналов магнитометров.

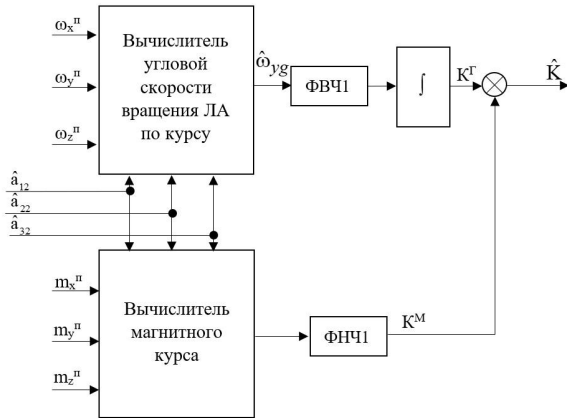


Рис. 2. Структура вычислительного алгоритма курсового канала курсовертикали: m_x^n, m_y^n, m_z^n – приборные значения сигналов магнитометров, \hat{K} – оценка гироманнитного курса

На рис. 2 представлена блочная структура формирования курсового канала пилотажной курсовертикали, при составлении которой использованы формулы (6), (7), и (9), а также данные параметров ориентации в горизонтальной плоскости, полученные в результате работы реализации вычислительного алгоритма гировертикали.

Работоспособность алгоритмов подтверждена путем его математического моделирования в среде MATLAB-Simulink.

Библиографический список

1. Матвеев В. В., Распопов В. Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / Под общей ред. В. Я. Распопова. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. 280 с.
2. Матвеев В. В., Распопов В. Я. Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации на МЭМС- датчиках. Тула: ТулГУ, 2017. 225 с.
3. Микросистемы ориентации беспилотных летательных аппаратов / Под ред. В. Я. Распопова. М.: Машиностроение, 2011. 184с.
4. Северов Л. А. Механика гироскопических систем. М.: МАИ, 1996. 212 с.

УДК 681.51

В. Б. Дымбрылова

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

А. И. Панферов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ЭКСТРАПОЛЯЦИИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА КАЧКИ МОРСКОГО СУДНА

Введение

Движение морских судов часто происходит в условиях интенсивных волновых и ветровых возмущений, которые чаще всего сложно предсказать. Данные волнения оказывают большое влияние на качество выполнения судном различных задач, таких как управление тралом или решение гидрографические задач. Случайному оголению гребных винтов в процессе движения судна должно предшествовать снижение мощности двигателя. В противном случае это может стать причиной возникновения аварийных ситуаций.

Использование алгоритмов экстраполяции позволяет повысить качество процессов управления при решении таких задач как посадка самолетов и вертолетов на авианосные корабли, стрельбы по цели с качающейся палубы, дозаправка самолетов в воздухе, при десантировании и сбросе грузов, стыковке космических аппаратов. В данной работе использование метода экстраполяции рассматривается на примере морских судов.

Применение экстраполяции

В настоящее время известен ряд методов экстраполяции случайных процессов [1]. Это метод наименьших квадратов, метод экспоненциального сглаживания, метод скользящих средних, метод линейной экстраполяции, метод экстраполяции с использованием модели и фильтра Калмана. Анализ эффективности этих методов для прогнозирования качки показал, что наибольшую точность обеспечивает алгоритм с использованием модели и фильтра Калмана. Этот алгоритм обеспечивает оценивание в реальном времени мгновенной частоты качки. Это очень важно при прогнозировании нерегулярных случайных процессов, к которым относится качка судна на волнении моря.

В данной работе применяется фильтр Калмана для экстраполяции процессов, так как здесь для получения достоверных оценок параметров качки с высоким быстродействием может быть использована идентификационная процедура, основанная на нелинейных алгоритмах обработки измерений. Синтез таких алгоритмов удобно проводить в предположении о возможности представления процесса качки судна на ограниченных отрезках времени (порядка нескольких периодов) в виде гармонических колебаний, происходящих с частотой, близкой к преобладающей. При таком описании предполагается, что отклонения амплитуды и частоты качки от средних значений являются медленноменяющимися случайными процессами с корреляционными функциями, близкими к экспоненциальным.

Считая несущественными изменения амплитуды колебаний по сравнению с изменениями частоты, запишем

$$\theta(t) = A_0 \sin((\omega_0 + \Delta\omega(t))t + \phi_0), \quad (1)$$

где $\theta(t)$ – текущее значение угла качки, A_0 – амплитуда качки, ω_0 – среднее значение частоты качки, $\Delta\omega(t)$ – случайные девиации частоты, ϕ_0 – случайная начальная фаза.

Введем обозначения $x_1 = \theta$, $x_2 = \dot{\theta}$, $x_3 = \Delta\omega$ тогда модель случайных колебаний качки суда (1) можно записать в виде следующей системы дифференциальных уравнений [2]:

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad (2)$$

$$\dot{x}_2 = -(\omega_0 + x_3)^2 x_1, \quad (3)$$

$$\dot{x}_3 = -\alpha x_3 + \sigma_\omega \sqrt{2\alpha} \xi, \quad (4)$$

где α – показатель затухания корреляционной функции процесса $\Delta\omega(t)$, σ_ω – среднеквадратическое отклонение частоты качки от среднего значения, $\xi(t)$ – входной белый шум формирующего фильтра.

В векторно-матричной форме уравнения (2) – (4) будут иметь вид

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) + \mathbf{B}\xi. \quad (5)$$

Предположим, что измерению подвергаются угол качки и скорость его изменения. При учете случайных погрешностей измерителей уравнения измерений представляются в виде:

$$z_1 = x_1 + v_1, \quad (6)$$

$$z_2 = x_2 + v_2, \quad (7)$$

или в векторно-матричной форме

$$\mathbf{z} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{v}. \quad (8)$$

Поскольку функция $f(x)$ является нелинейной, для решения задачи оценивания компонент вектора состояния будем использовать нелинейный фильтр Калмана-Бьюси в виде:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}} = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}) + \mathbf{K}(\mathbf{z} - \mathbf{H}\hat{\mathbf{x}}), \quad (9)$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{P} \frac{\partial \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}})}{\partial \mathbf{x}^T} \mathbf{R}^{-1}, \quad (10)$$

$$\dot{\mathbf{P}} = \frac{\partial \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}})}{\partial \mathbf{x}^T} \mathbf{P} + \mathbf{P} \frac{\partial \mathbf{f}^T(\hat{\mathbf{x}})}{\partial \mathbf{x}} - \mathbf{P} \mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H} \mathbf{P} + \mathbf{B} \mathbf{B}^T, \quad (11)$$

где $\hat{\mathbf{x}}$ – текущая оценка вектора состояния; \mathbf{P} – матрица ковариаций вектора ошибок $\epsilon = \mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}$; \mathbf{R} – диагональная матрица интенсивностей шумов измерений (с заданными компонентами R_1, R_2); \mathbf{K} – матричный коэффициент усиления фильтра.

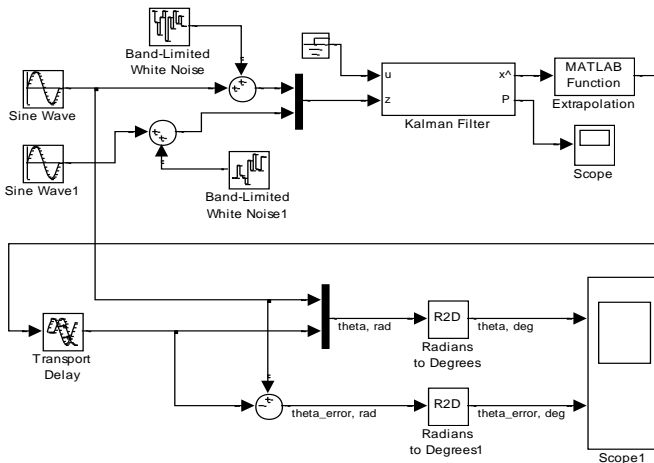


Рис. 1. Схема математической модели в Simulink

Используя оценку фильтрации \hat{x} , можно записать значение угла качки, упрежденного на время τ , следующим образом:

$$\hat{\theta}(t + \tau) = \hat{x}_1(t + \tau) = \hat{x}_1(t) \cos(\omega_0 + \hat{x}_3(t))\tau + \frac{\hat{x}_2(t)}{\omega_0 + \hat{x}_3(t)} \sin(\omega_0 + \hat{x}_3(t))\tau. \quad (12)$$

Для исследования используется схема математической модели, построенной в пакете Simulink в соответствии с рис. 1.

Возмущающие входные воздействия моделируются широкополосными процессами с малой постоянной времени (0,01 с) [3].

На рис. 2–3 изображены графики угла тангажа, его экстраполированной оценки и его ошибки при времени прогнозирования $\tau = 1$ с и частоте качки $\omega_1 = 0,5$ с⁻¹.

На рис. 4, 5 изображены графики угла тангажа, его экстраполированной оценки и его ошибки при $\tau = 5$ с и $\omega_1 = 0,5$ с⁻¹.

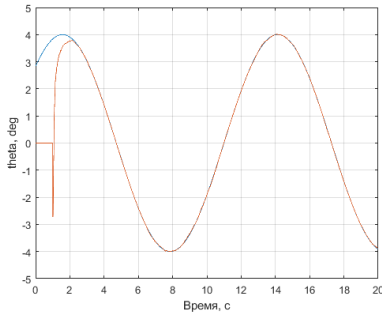


Рис. 2. График угла тангажа и его экстраполированной оценки

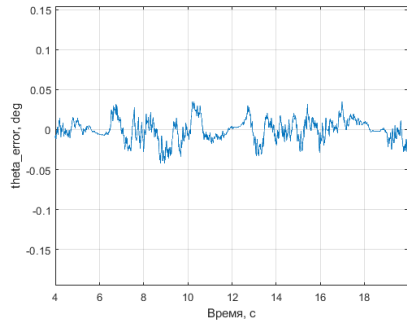


Рис. 3. График ошибки оценивания угла тангажа

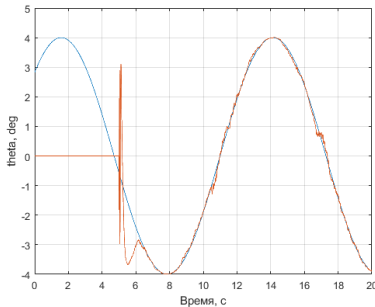


Рис. 4. График угла тангажа и его экстраполированной оценки

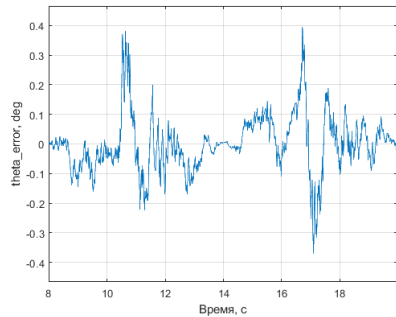


Рис. 5. График ошибки оценивания угла тангажа

Сравнивая рис. 2 и 4, можно сделать вывод, что при увеличении времени прогнозирования теряется точность экстраполяции. Установившийся режим при заданных значениях наступает примерно с 7 секунды.

Для сравнения моделируется процесс качки и ее экстраполяции с частотой волновой качки корабля $\omega_1 = 6 \text{ с}^{-1}$. На рис. 6, 7 изображены графики угла тангажа, его экстраполированной оценки и его ошибки при $\tau = 1 \text{ с}$ и $\omega_1 = 6 \text{ с}^{-1}$.

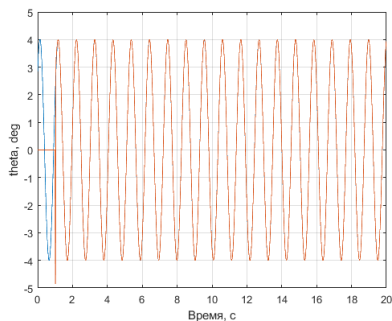


Рис. 6. График угла тангажа и его экстраполированной оценки

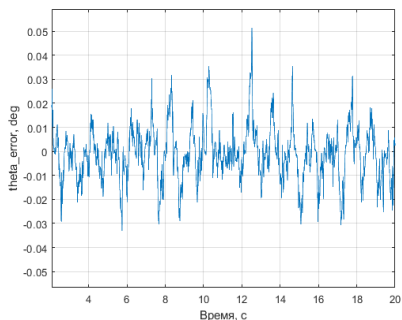


Рис. 7. График ошибки угла тангажа

Заключение

Можно сделать вывод, что при фиксированном значении ω и с ростом τ ошибка экстраполяции возрастает. Однако при фиксированном τ и с ростом ω ошибка экстраполяции не имеет выраженного характера увеличения или уменьшения.

Приведенная модель экстраполяции волновых колебаний судна с достаточно высокой точностью прогнозирует исследуемые колебания.

Библиографический список

1. Сущность и методы экстраполяции. URL: <https://businessman.ru/suschnost-i-metodyi-ekstrapolyatsii.html> (дата обращения: 10.04.2022).
2. Матвеев В. В., Располов В. Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. 280 с.
3. Панферов А. И., Лопарев А. В. Компьютерный анализ и синтез систем ориентации, стабилизации и навигации. М.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2008. 88 с.

УДК 629.7.016.86

М. А. Желаский

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами.

О. В. Опалихина – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Введение

Исследование и определение кинематических характеристик объекта управления – важная задача, результаты решения которой используются для определения летных и эксплуатационно-технических характеристик летательного аппарата. Для решения этой задачи можно применить метод тяг Жуковского, основанный на сравнении потребной и предлагаемой тяг, а также использовать силовое исследование объекта управления.

Во время эксплуатации авионики могут возникать ошибки в определении главных кинематических характеристик – скорости, высоте, углах крена, тангажа и рысканья. Такие ошибки возникают при потере устойчивости управляющих систем, осуществляющих балансировку объекта. На различных летательных аппаратах используются разные системы автоматического управления, которые работают как с аналоговыми, так и с цифровыми сигналами. Для проверки устойчивости рассматриваются их модели на основе дифференциальных и разностных уравнений. Порядок первых основывается на количестве инерциальных звеньев в цепи управления, вторых – заданием рекурсии на основе дискретизации датчика измеряемого параметра.

Методика определения основных кинематических характеристик

При установившемся движении летательного аппарата для определения кинематических характеристик удобно использовать метод, разработанный Н. Е. Жуковским. Метод тяг Жуковского основан на сравнении располагаемой тяги P_p – максимально возможной суммарной тяги двигателей самолета при данной скорости и высоте и потребной P_n – тяги, необходимой для установившегося горизонтального полета на данной высоте с заданной скоростью [1]. Она численно равна силе лобового сопротивления X_a (рис. 1).

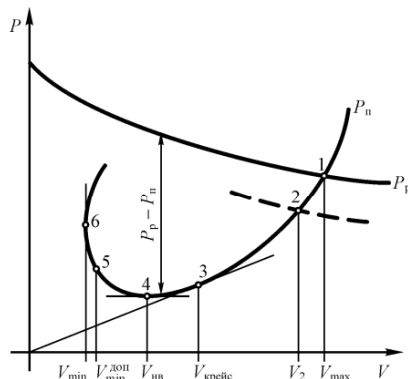


Рис. 1. Диаграмма потребных и располагаемых тяг с указанием особых точек

Метод тяг Жуковского и силовое исследование объекта помогают определить и рассчитать кинематические характеристики при различных режимах позиционирования. Расчет скорости необходим

при исследовании радиуса виража (1) управляемого объекта при этом процесс рассматривается, как неустановившееся движение:

$$R = \frac{V^2}{g \cdot \operatorname{tg} \varphi}, \quad (1)$$

где φ – угол между истинной вертикалью и вектором подъемной силы в плоскости симметрии самолета.

Описание систем автоматического управления

Значения кинематических характеристик определяются автоматически с помощью различных бортовых систем. На современных летательных аппаратах обработка и расчет кинематических характеристик также осуществляется автоматически, поэтому необходимо оценивать надежность и устойчивость таких систем.

В настоящее время на самолетах гражданской авиации преобладает использование электродистанционных систем управления. Такое решение позволяет значительно снизить массу необходимого оборудования по сравнению с гидравлическими системами. Однако на некоторых авиалайнерах, например, Airbus A320 и Boeing 737 сохранена механическая проводка управления для обеспечения более высокого уровня безопасности.

Рассмотрим пример работы системы обработки информации изменения угла крена и последующего управляющего воздействия на управляющие поверхности. В основе представлена структурная схема на основе сервопривода (рис. 2).

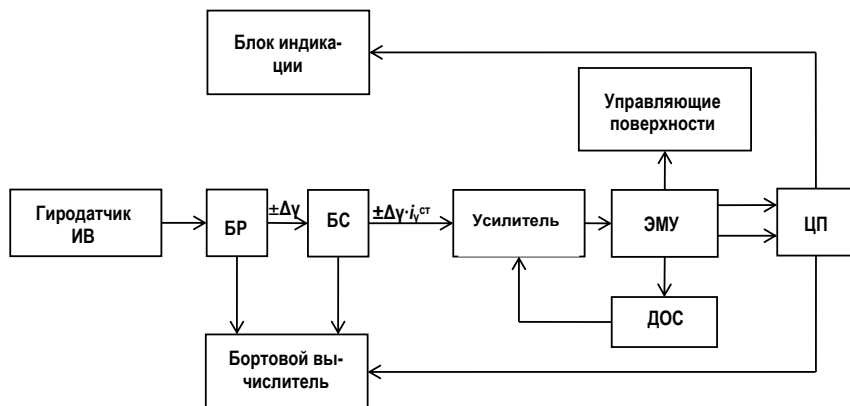


Рис. 2. Структурная схема САУ по каналу крена

Здесь в схеме: БР – блок регулировки, БС – блок согласования, ЭМУ – электромеханическое устройство, ДОС – датчик обратной связи, ЦП – цифровой преобразователь линейных и угловых перемещений.

Такая система может быть описана линейным однородным дифференциальным уравнением, порядок которого определяется временными задержками системы.

Инерционными звеньями в данной цепи являются бесконтактный усилитель и двигатель постоянного тока, который входит в состав рулевого агрегата управления ЭМУ. Для определения устойчивости по Ляпунову необходимо найти корни такого уравнения [2]. Такая задача достаточно трудоемкая, реализовать ее с помощью бортовых вычислителей проблематично. Устойчивость такой системы обычно оценивается критерием Рауса-Гурвица, однако можно использовать более быстрый алгоритм на основе критерия Лъенара-Шипара, позволяющий уменьшить количество решаемых детерминантных

неравенств в два раза и значительно уменьшить время по настенным часам, требуемое для проверки устойчивости системы [3]. Аналогично проверяются на устойчивость системы, основанные на цифровом сигнале. Для исследования устойчивости системы с обратной связью, составленной по структурной схеме (рис. 2), имеющий переменный коэффициент усиления бесконтактного усилителя (БК) составлен код Си++. Результаты работы кода представлены ниже:

```

Консоль отладки Microsoft Visual Studio
The inequality is not fulfilled with amplification coefficient =488
Fails the criterion of Routh-Hurwitz Time taken by criterion: 3400 nanoseconds
Fails the criterion of Lienard-Chipart Time taken by criterion: 1700 nanoseconds
    
```

Рис. 3. Демонстрация результата сравнения быстродействия двух критериев

Система автоматического управления находится в режиме приведения к горизонту, если угол крена не превышает 6°. Если угол крена становится больше 6° (например, при неожиданном развороте), то система переходит в режим стабилизации угла крена. В это время возможно попадание объекта управления в зону опасной высоты [4]. Масштабирующая функция (сигнал) вводится для компенсации потери высоты при развороте. Формируется сигнал по перегрузке. Сначала с помощью усилителя выделяется модуль сигнала текущего угла крена, а затем методом кусочно-линейной аппроксимации получается зависимость, называемая масштабирующей функцией (рис. 4).

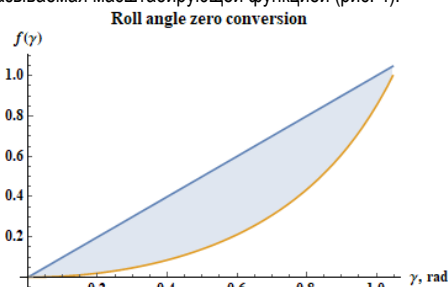


Рис. 4. Приведение к нулю угла крена в бортовом вычислителе

На оси абсцисс – текущий угол крена в радианах, на оси ординат – формируемый сигнал. Ломаная синяя кривая – кривая, которая рассчитывается бортовым вычислителем, гладкая оранжевая – теоретическая. Данная функция входит в закон управления перестройкой сигнала заданной перегрузки при неожиданном развороте. При стабилизации угла крена ($6^\circ < |\gamma_{тек}| \leq 180^\circ$) в бортовом вычислителе решаются неравенства (2) и (3):

$$6^\circ < \frac{1 - \cos(\gamma)}{\cos(\gamma)} < 90^\circ, \tag{2}$$

$$90^\circ < \frac{1 - \cos(\gamma)}{\cos(\gamma)} \leq 180^\circ. \tag{3}$$

Заключение

Предложенные методики исследования кинематических характеристик объекта управления при различных режимах позиционирования и области применения найденных результатов позволяют сделать вывод о необходимости повышения точности измерения искомых параметров, исключение случайных уходов объекта по высоте. Современные электронные системы позволяют оперативно реаги-

ровать на внешние воздействия (порывы ветра) через управляющие поверхности, однако возникает вопрос их устойчивости и надежности, особенно на самолетах, где отсутствует резервная механическая или гидродинамическая проводки управления. В дальнейшем предлагается исследование и моделирование разностного уравнения, описывающего работу электронной системы измерения контролируемых параметров, а также рассмотрение уравнений Лагранжа второго рода для описания изменения энергетического состояния системы при различных режимах полета. Для исследования устойчивости летательного аппарата в таком случае возможно введение диссипативной функции Релея.

Библиографический список

1. Ефимов В. В. Основы авиации. Ч. 1. Основы аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов: учеб. пособие. М.: МГТУ ГА, 2003. 64 с.
2. Гантмахер Ф. Р. Лекции по аналитической механике. М.: Наука, 1966. 300 с.
3. Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. М.: Ленанд, 2022. 176 с.
4. Опалихина О. В., Желавский М. А. Исследование устойчивого положения равновесия диссипативной системы // Метрологическое обеспечение инновационных технологий. Международный форум. 2022. С. 106–107.

УДК 502.36

Л. В. Комарова

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

Н. А. Оечинникова – доцент, кандидат технических наук, и. о. заведующего кафедрой – научный руководитель.

УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ ПОЛЕТЕ В ЛЕСОПОСАДОЧНОЙ ЗОНЕ

Введение

В настоящее время одной из актуальных нерешенных проблем остается парниковый эффект, возникающий в связи с повышением температуры на поверхности планеты в результате тепловой энергии, появляющейся в атмосфере в результате нагревания газов [1]. Основными газами, ведущими к парниковому эффекту, являются водяные пары и углекислый газ.

Более того, с 90-процентной вероятностью наблюдаемые изменения климата связаны с деятельностью человека – сжиганием углеродного ископаемого топлива (т. е. нефти, газа, угля и др.), промышленными процессами, а также вырубкой лесов – естественных поглотителей углекислого газа из атмосферы.

Согласно данным исследований, состав углеродных выбросов включает углекислый газ (84,6%), угарный газ (8,2%), метан (1,1%), неметановые углеводороды (1,2%), органический углерод (1,2%), элементарный углерод (0,1%) и твердые частицы (3,6%). Чем больше в атмосфере углекислого газа, тем больше «нагревается» Земля.

Уничтожение лесной растительности и разрушение почв – наиболее очевидные последствия лесных пожаров. Ослабленный пожарами лес чаще подвергается воздействию болезней и вредителей. Также, если лес поврежден огнем, он меньше поглощает углекислого газа, и его способность замедлить климатические изменения снижается. Из-за пожаров в почве происходит уничтожение флоры и фауны, иссякают минеральные вещества. В среднем в лесной зоне послепожарное отмирание деревьев составляет около трети запаса древесины до пожара. А выделение вследствие разложения накопленной мертвой древесины по размерам сопоставимо с последствиями выбросов при самих пожарах.

Согласно общедоступной информации, Россия находится на первом месте по площади лесных массивов, это порядка 20% от общей площади леса, а значит, в борьбе с глобальным потеплением решающую роль играет сохранение лесов и других природных экосистем.

Рассмотрим статистические данные по возгораниям на территории России. В 2021 г. возник пик пожаров за последние сто лет. В июне 2021 г. таежные леса в Сибири и на Дальнем Востоке охватили лесные пожары, последовавшие за рекордной жарой 2021 г. и засухой. К 16 августа 2021 г. выгорело более 17 млн гектаров. Впервые в истории человечества (как минимум с появления спутникового наблюдения) дым от лесных пожаров в России 2021 г. достиг Северного полюса.

По данным Рослесхоза, с начала 2021 г. по 29 июля пожары затронули в общей сложности 11,5 млн гектаров, 70% этой площади приходится на Тюменскую, Омскую, Новосибирскую области и Якутию.

По результатам анализа сложившейся ситуации было выяснено, что в августе 2021 г. сибирские пожары стали причиной смога и ухудшения видимости в Челябинской области, Свердловской области, ХМАО, Тюменской области, Забайкальском крае, Пермском крае, Иркутской области, Красноярском крае, Республике Тыва, на Ямале.

При подобных пожарах в атмосферу может быть выброшено большое количество углерода из ранее промерзшей почвы.

В данную статистику, по мнению экспертов, не входит выгорание молодых, преимущественно еще не сомкнувшихся, лесов, которые гибнут при весенних палах сухой травы на заброшенных землях сельскохозяйственного назначения. Большинство таких заброшенных земель уже никогда не вернется в сельскохозяйственный оборот в силу низкой продуктивности, труднодоступности или отсутствия людей, которые могли бы их интенсивно обрабатывать; но они в большинстве случаев подходят для раз-

вятия лесоводства. При уничтожении молодого леса на таких землях, ландшафтные пожары убивают один из очень значимых ресурсов для будущего развития сельских территорий.

Таким образом массовые пожары не только вредят экологической ситуации на планете, но и уничтожают экономически полезные для эксплуатации районы, и, самое главное, наносят ущерб жизни людей.

В настоящее время для мониторинга текущей ситуации по задымлениям в лесополосе используются БПЛА среднего и большого класса, работающие непосредственно в заповедных зонах. БПЛА позволяют отследить местонахождение пожара и оградить не подверженную пожаром часть леса, для предотвращения массового выгорания лесополосы.

Однако помимо заповедных зон, где возникновение пожара обусловлено возгоранием сухостоя, существуют места, где разрешено местонахождение людей, по неосторожности которых и возникают пожары.

В каждой из таких зон выделены специальные зоны отдыха, в которых разрешено разведение костров, но, несмотря на это, возникают ситуации, когда граждане пренебрегают правилами, а также техникой безопасности.

Целью данных разработок является создание системы, которая будет заниматься мониторингом разрешенных для использования троп и мест для разведения костра.

Назначение данной системы [2]:

– патрулирование локальных территорий лесного фонда с целью обнаружения лесных пожаров;

– информационное обеспечение наземных команд пожаротушения;

– лесопатологическое обследование;

– противодействие незаконной хозяйственной деятельности.

Перспективными направлениями такого использования БПЛА в лесном хозяйстве являются [3]:

1. Информационная поддержка оперативных штабов по тушению крупных лесных пожаров, в том числе в сложных и чрезвычайных условиях.

Технологические задачи: обеспечение высокого (непрерывного) уровня мониторинга за распространением лесных пожаров, в том числе крупных, в неблагоприятных погодных условиях (сильное задымление); передача видеоинформации непосредственно в оперативный штаб на удалении до 50 км; ретрансляция сигналов УКВ-связи, передача цифровых пакетов информации между командами тушения и оперативным штабом с целью повышения качества управления силами тушения.

Данные задачи могут быть решены БПЛА малого и среднего класса. При повышении требования по дальности передачи информации до 100-150 км и выше, обеспечения устойчивой работы в условиях сложного рельефа данные задачи могут решаться БПЛА среднего и большого классов.

Ожидаемый результат: обеспечение непрерывного уровня мониторинга лесопожарной ситуации в кризисной оперативной зоне, повышение качества связи на пожарах в труднодоступных районах; снижение уровня угроз населенным пунктам и объектам экономики за счет своевременности принятия штабами организационных решений.

2. Информационная поддержка наземных сил с применением БПЛА микрокласса.

Технологические задачи: проведение полетов на малых высотах до 100 м в ближней зоне на удалении до 5 км, возможность проведения старта и посадки с любой площадки ограниченных размеров.

Ожидаемый результат: наведение наземных команд при движении на пожар малой площади или проблемный участок кромки пожара в условиях пересеченного рельефа, информационная поддержка работ по тушению пожара средних размеров, поддержка работ по окарауливанию при дефиците персонала, мониторинг изменения опасных ситуаций на пожаре, повышение эффективности наземного патрулирования.

3. Плановый лесопатологический мониторинг состояния контрольных участков лесного фонда.

В условия Сибири и Дальнего Востока имеется проблема оперативного мониторинга состояния лесного фонда на контрольных участках, требуется обеспечить периодичность осмотра нескольких десятков участков, расположенных в удаленных труднодоступных районах по территории региона (субъекта) с целью своевременного выявления отрицательных лесопатологических тенденций. Организация

работы наземных команд для осмотра контрольных участков – затратное мероприятие, обладающие низкой производительностью, требующее отвлечения людских ресурсов, иногда привлечение дорогостоящей авиации для доставки команд. Применение пилотируемой авиации не обеспечивает постоянства и своевременности по техническим и организационным причинам, при этом имеется очень высокая стоимость данных работ. Использование для данных целей средств космического мониторинга позволяет частично снять остроту проблемы, но в силу технических особенностей не обеспечивает достоверности результатов в оперативные сроки.

Ожидаемый результат: заблаговременное выявление районов с негативными лесопатологическими тенденциями, снижение затрат на проведение планового мониторинга состояния лесов, адресное использование ресурсов служб по защите леса, предотвращение возможного ущерба за счет своевременности реализации лесозащитных мероприятий.

Заключение

В рамках статьи были рассмотрены: роль человека в возникновении парникового эффекта, используемые методы мониторинга пожароопасных зон, перспективы развития и применения БПЛА.

Следует отметить, что помимо безопасности жизнедеятельности граждан, целью данных работ является не только предотвращение пожаров, но и сохранение лесных массивов, которые в определенных областях являются заповедной зоной.

Также немаловажным фактором является сохранение текущей экологической обстановки в мире. Россия является страной, содержащей в себе самую большую площадь лесных массивов в мире. При минимизации ущерба лесу, вырастут шансы стабилизировать экологическую ситуацию, что является важным решением экологической проблемы.

Библиографический список

1. ЕКО-жизнь. URL: <https://halal-eko.ru/voprosy/parnikovyj-effekt-prichiny-i-posledstviya.html> (дата обращения: 12.01.2022).
2. Лесной кодекс РФ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 12.01.2022).
3. ФБУ «Авиалесоохрана». URL: <https://aviales.ru/default.aspx?textpage=123> (дата обращения: 12.01.2022).
4. Распоряжение правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtlpyzWfHaiUa.pdf> (дата обращения: 14.01.2022).

УДК 629.784

Ю. О. Куликовская, И. С. Шерстюкова

студенты кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

В. И. Тимофеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ «БУРАН» И «SPACE SHUTTLE»:
РЕТРОСПЕКТИВА И ПЕРСПЕКТИВА В СОВРЕМЕННОМ АВИАКОСМИЧЕСКОМ ПАРКЕ****Начало проекта «Энергия – Буран»**

Начиналась история комплекса «Энергия – Буран» с утверждения секретарем ЦК КПСС Д. Ф. Устиновым решения о работе над многоразовыми космическими станциями (МКС) и подписания соответствующего указа Л. И. Брежневым. Программа была запущена в 1976 году, на пять лет позже американской под названием «Space Shuttle», просуществовавшей гораздо дольше. Большое внимание было уделено ракетам-носителям, их разработкой занимался один из выдающихся инженеров в области ракетно-космической техники – Валентин Петрович Глушко. Главным конструктором всего проекта «Буран – Энергия» был Глеб Евгеньевич Лозино-Лозинский.

История формирования облика советской многоразовой космической системы (МТКС) «Энергия – Буран» с самого начала определялась противоборством двух противоположных тенденций: с одной стороны, жесткое давление со стороны правительства, направленное на копирование «Шаттла» с целью снижения технического риска, сроков и стоимости разработки, а с другой – желание Глушко сохранить программу унифицированных ракет-носителей (РН) с учетом достигнутого уровня отечественного ракетостроения.

Проектные исследования, проведенные в направлении оптимизации МТКС в целом, определили вариант системы с боковым расположением орбитального корабля (ОК) при размещении маршевых двигателей на центральном блоке второй ступени ракеты. Основными факторами выбора такой компоновки были неуверенность в возможности разработки в сжатые сроки многоразового водородного ЖРД и желание сохранить полноценный универсальный РН, способный самостоятельно выводить в космос и другие нагрузки [1].

Применение ракеты «Энергия» значительно упрощало дело, можно было отказаться от использования громоздких маршевых двигателей в пользу более функциональной системы орбитального маневрирования, также «Энергия» не имела строгой привязки к «Бурану» и при необходимости могла вывести на орбиту любой другой груз массой до 105 т.

Изготовление и сборка планера ОК были поручены Тушинскому машиностроительному заводу. 11 июня 1976 г. Совет главных конструкторов окончательно утвердил схему ОК с горизонтальной посадкой – моноплана со свободно несущим низкорасположенным крылом двойной стреловидности и двумя воздушно-реактивными двигателями (ВРД). Окончательный эскизный проект был утвержден В. П. Глушко 12 декабря 1976 г. Полет Бурана в тандеме с ракетой-носителем «Энергия» состоялся 15 ноября 1988 г.

История разработки программы «Space Shuttle»

Многоразовая космическая система – это выход из затруднительного положения космической программы США в начале 1970-х гг. Необходимо было сформулировать новые цели и создать новые средства для выведения полезной нагрузки в космос. До этого абсолютно все ракеты-носители были одноразовыми, теперь же стояла задача сконструировать систему многоразового применения, в которой и ракета-носитель и космический корабль возвращаются обратно на землю. В феврале 1969 г. NASA (National Aeronautics and Space Administration) заказало исследования четырем компаниям, с тем чтобы выявить наиболее подготовленную для заключения контракта компанию. Получить бюджетную поддержку для проекта системы многоразового использования было возможно, только в случае возможности использования шаттлов для коммерческого выведения на орбиту спутников и военных целей Минобороны, ЦПУ и Агентства национальной безопасности США. 17 сентября 1974 г. был выпущен корабль OV-101 (Enterprise). В ходе испытаний корабля выяснилось, что конструкция фюзеляжа нуждается в усилении. 25 января 1979 г. были объявлены мо-

дификации Enterprise: OV-102 (Columbia), OV-099 (Challenger), OV-103 (Discovery), OV-104 (Atlantis). Позже в 1987 г. началось строительство пятого челнока OV-105 (Endeavour) [2].

Конструкция «Бурана»

Одной из самых сложных систем «Бурана» является его объединенная двигательная установка (ОДУ), работающая на жидком кислороде и синтетическом углеводородном горючем – синтине. С помощью ОДУ выполняются все динамические операции с момента прекращения работы второй ступени «Энергии» и до завершения спуска ОК в атмосфере.

В состав ОДУ входят: два двигателя орбитального маневрирования; 38 управляющих двигателей с числом включений до 2000 за полет; восемь двигателей точной ориентации с числом включений до 5000 за полет; четыре твердотопливных двигателя экстренного отделения.

Работу жидкостных ракетных двигателей орбитального маневрирования и подачу в них топлива обеспечивают: топливные баки со средствами наддува, заправки, термостатирования; средства подачи компонентов топлива к двигателям управления, включая средства газификации жидкого кислорода; средства поддержания температурного режима окислителя и горючего, а также элементов конструкции; топливная и газовая арматура и трубопроводы; приборы, датчики и кабели систем управления и бортовых измерений.

На «Буране» впервые в отечественной практике применено электроснабжение с использованием кислородно-водородных электрохимических генераторов на основе топливных элементов с матричным электролитом, обеспечивающих непосредственное преобразование химической энергии водорода и кислорода в электроэнергию и воду. Также на «Буране» впервые в авиации применена система наддува и вентиляции планера (СНВП). Наша отечественная металлургия так и не смогла изготовить алюминиевые сплавы требуемой химической чистоты, поэтому детали конструкции «Бурана» из алюминиевых сплавов выдерживают многократный нагрев только до +150 °С. Специально для «Бурана» на Байконуре была создана взлетно-посадочная полоса (ВПП) длиной 4,5 км и шириной 84 м с уникальным качеством покрытия: бетонные плиты полировались алмазными фрезами.

Для обеспечения автоматической посадки ВПП была оснащена радиотехнической системой навигации, посадки и управления воздушным движением «Вымпел», состоящей из двух систем, работающих в метровом и дециметровом диапазонах.

Конструкция «Space Shuttle»

Система «Space Shuttle» имеет параллельную компоновку: два твердотопливных стартовых ускорителя, являющие собой первую ступень, пилотируемый орбитальный корабль и внешний топливный бак, которые составляют вторую ступень. Орбитальный корабль выполнен по самолетной схеме «бесхвостка» с низкорасположенным крылом двойной стреловидности по передней кромке.

Внешний бак ET (External Tank) содержит компоненты топлива для маршевых двигателей корабля. Маршевый двигатель SSME (Space Shuttle Main Engine) развивает тягу 170,1 тс на уровне моря и 213,2 тс в вакууме, получая от турбонасосов жидкий кислород и водород. На орбитальном корабле установлены три маршевых двигателя. Органами управления кораблем на орбите и в атмосфере выше 21 км являются ЖРД систем орбитального маневрирования OMS и реактивного управления RCS. В каждой гондоле OMS в двухступенном подвесе находится двухкомпонентный двигатель тягой 3040 кгс. Система RCS используется для небольших коррекций, направленного перемещения корабля при сближении с другими объектами, изменения и поддержания ориентации. Двигательная установка маневрирования и ориентации «Space Shuttle» включает два ЖРД маневрирования и 44 ЖРД ориентации (реактивного управления); из них 38 основных и 6 вспомогательных, которые работают на монометилгидразине и четырехокси азота. Конструктивно двигатели объединены в три двигательные установки: носовую и две кормовые, размещенные в двух боковых гондолах по обе стороны от кила.

Полет и причины закрытия проекта «Буран-Энергия»

Полет корабля длился 205 минут, который позволил собрать достаточно данных и оценить уровень компоновки, автоматических систем и других моментов, он проходил полностью в автоматическом

режиме. Позже та же технология могла бы использоваться в коммерческих самолетах; например, для автоматической посадки в плохую погоду.

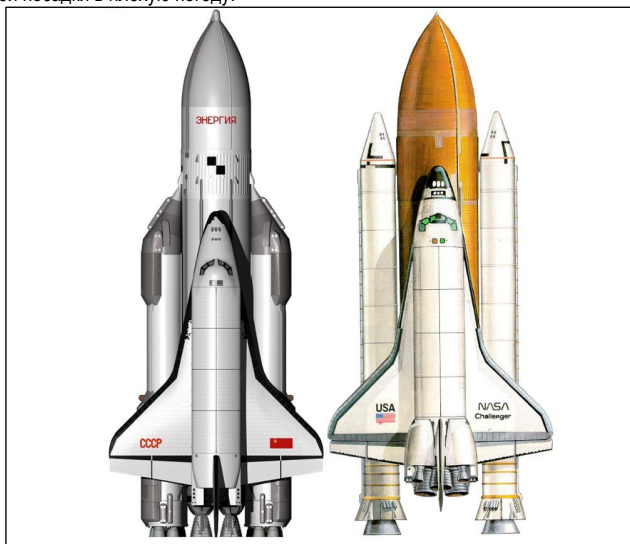


Рис.1. Внешний вид «Бурана» и «Space Shuttle»

«Буран» начинал снижаться на скорости, почти в 30 раз превышающей скорость звука. Точка его приземления – космодром Байконур. Наиболее напряженным для наблюдателей оказался момент, когда «Буран» при приближении к взлетно-посадочной полосе резко отклонился от заданного курса, повернув не в ту сторону. Действия бортового компьютера были настолько неожиданными, что сотрудники ЦУПа даже предлагали взорвать корабль, считая, что автоматика вышла из строя. Позже выяснилось, что причиной неожиданной смены курса «Бурана» стала информация о сильном ветре, поступившая на бортовой компьютер с наземных станций. Автоматика корабля учла ее и оперативно поменяла траекторию на более безопасную [3].

Всероссийский НИИ авиационных материалов в 2013 г., спустя 25 лет после запуска, констатировал в аналитическом докладе, что «Буран» – «Энергия» опередил свое время и по большинству показателей превосходил американскую систему «Space Shuttle». Разработки, осуществленные во время выполнения программы, позволят уже позже ускорить создание ракеты Союз-5.

Две катастрофы и причины закрытия программы «Space Shuttle»

За время действия программы было совершено 135 миссий, две из которых обернулись катастрофами. Гибель «Челленджера» 28 января 1986 г. была вызвана пренебрежением условиями эксплуатации ускорителей. Замерзшие уплотнения при старте работали неудовлетворительно, из стыка хвостовой и второй секции вырывались струи пламени, которые послужили причинами взрыва внешнего топливного бака. Экипаж из семи человек погиб во время удара о поверхность океана. Разгерметизация кабины экипажа орбитального корабля «Колумбия», произошедшая 1 февраля 2003 г., была вызвана нарушением целостности теплозащитного покрытия левой кромки корабля. При входе в атмосферу произошла необратимая деформация крыла, разгерметизация гидромагистралей и сильная утечка топлива. Экипаж, состоящий из 7 человек, погиб. Можно заметить, что обе катастрофы были связаны с нарушением целостности теплозащиты. Программа «Space Shuttle» была закрыта в 2011 г., так как для конфигурации Шаттла не стало целей, которые бы оправдывали дороговизну программы.

Гибель «Колумбии» также сыграла свою роль в принятии решения о закрытии программы «Space Shuttle». Последним в полет отправился шаттл «Атлантис» 8 июля 2011 г.

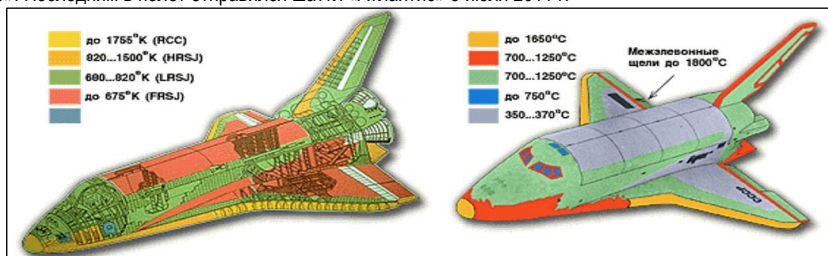


Рис. 2. Сравнение теплозащиты «Space Shuttle» и «Бурана»

Перспективы применения и развития МТКС

В табл. 1 приведены наименования и характеристики транспортных систем, которые используются или разрабатываются в настоящее время, а также цели их создания.

Таблица 1

Современные МТКС

Наименование	Производитель	Состояние разработки	Цель
Dragon V 2	SpaceX (США)	эксплуатируется	Доставка грузов и экипажа к орбитальным инфраструктурам, обеспечение полетов в дальний космос
Super Heavy Starship	SpaceX (США)	в разработке	
Orion MPCV	Lockheed Martin (США)	проходит испытания	
«Пилотируемый корабль нового поколения»	CAST (КНР)	проходит испытания	
CST-100 Starliner	Boeing (США)	проходит испытания	Космический туризм и научные исследования
Space Ship One	Scale Composites Virgin Galactic (США)	эксплуатируется	
New Shepard	Blue Origin (США)	проходит испытания	
X-37B	Boeing (США)	эксплуатируется	
Space Rider	Thales Alenia Space, Avio (ЕС)	проходит испытания	
Shenlong	AVIC (КНР)	в разработке	Обеспечение национальной безопасности в околоземном пространстве

Некоторые цели, которые могут быть реализованы с помощью использования МТКС:

1. Обеспечение многократных полетов на МКС (Dragon V 2 компании SpaceX).
2. Научная деятельность, развитие производств, требующих исследований в особых условиях (вакуум, невесомость) (Space Ship One компании Scale Composites Virgin Galactic (США)).
3. Развертывание в околоземном пространстве различных научно-исследовательских платформ.
4. Удешевление услуг и космических научных экспериментов, спутниковой связи, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), навигации.
5. Оказание услуг в области космического туризма (New Shepard компании Blue Origin) [4].

Библиографический список:

1. Афанасьев И. Б., Батурин Ю. М. Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди. М.: РТСофт, 2005. 752 с.
2. Лукашевич В. П. История разработки многоразовой транспортно-космической системы (МТКС) «Спейс Шаттл». URL: <https://www.buran.ru/hm/shuttle.htm> (дата обращения: 01.04.2022).
3. Недкова К. И., Фехретдинов Т. Буран: разбор полета. URL: <https://buran.tass.ru/vyход-na-orbitu> (дата обращения: 23.03.2022).
4. Клименко Н. Н., Катькалов В. Б., Морозова М. Л. Перспективы многоразовых транспортных космических систем. Ч. 1 // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 88–99.

УДК 62-52

Н. В. Леоненко, Е. О. Смирнова

студенты кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

С. Ф. Скорина – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА SSJ-100

Введение

Воздушный транспорт играет важную социально-экономическую роль в нашей стране. На сегодняшний день воздушная транспортная сеть очень нагружена. Гражданские и грузовые перевозки осуществляются без остановки в любое время.

Для России с ее огромной территорией и разным уровнем урбанизации, значение региональных воздушных перевозок трудно переоценить. Специфика географического и климатического положения, низкая плотность наземной транспортной сети в ряде регионов, большие размеры страны обуславливают необходимость широкого использования авиационного транспорта.

Причины возникновения аварийных ситуаций

Воздушная среда в ряде случаев подвергает пилотов суровым испытаниям, не прощая им даже малых ошибок. Внезапное ухудшение погодных условий и видимости в полете, воздействие пилотажных перегрузок, турбулентных возмущений атмосферы, нарушения предполетного режима отдыха в ряде случаев вызывают у совершенно здоровых пилотов нарушения сенсорной сферы и восприятия. Наиболее опасной формой этих расстройств является потеря пространственной ориентировки летчика в полете. Другой разновидностью названных состояний может быть возникновение болезни движения в кабине самолета. Указанные состояния могут проявиться, например, в зрительных иллюзиях, искаженном восприятии летчиком направления силы земного тяготения или гравитационной вертикали, расстройстве интеллектуальных функций (например, способности вести в уме счет времени), нарушении регуляции двигательных навыков (например, умений избирательно распределять зрительное внимание при контроле параметров полета на дисплеях или выполнять цикл рабочих операций с органами управления в кабине самолета). В самых неблагоприятных случаях эти состояния могут выйти в полную беспомощность и несостоятельность летчика эффективно и безопасно управлять самолетом. Следует подчеркнуть также, что проблема нарушений пространственной ориентировки в полете по своей значимости и возможным опасным исходам стоит в одном ряду с проблемой гипергравитационных расстройств сознания у летного состава высокоманевренной тактической авиации [1].

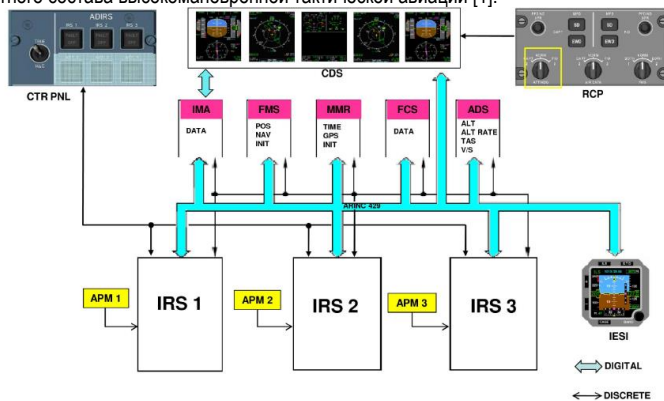


Рис. 1. Интерфейс инерциальной системы

Основные компоненты модернизируемой системы

Рассмотрим систему управления полетом, которая включает в себя систему автоматического управления полетом. Именно она является одной из двух важных составляющих модернизации.

Основное назначение САУ – уменьшение рабочей нагрузки на экипаж самолета.

Самолет оснащен интегрированной системой автоматического управления полетом (САУ). САУ представляет собой вычислительную систему, реализованную в оборудовании авионики и взаимодействующую с системой управления самолетом и системой управления двигателями. Функции САУ реализованы с помощью специального программного обеспечения.

САУ предназначена для:

- автоматического управления полетом;
- директорного управления;
- автоматического управления тягой двигателей.

САУ не является самостоятельной системой автоматического управления полетом, сформированной из объединенной в систему группы собственных блоков, пультов, индикаторов и датчиков. Ее функции размещены в соответствующих изделиях других систем авионики.

Поэтому из общего состава оборудования, выполняющего функции САУ ее собственным является только пульт управления FGCP.

Конструктивно пульт управления FGCP интегрирован в пульт FCP, размещенный на козырьке приборной панели пилотов. пульт управления FGCP установлен в центре, а слева и справа от него смонтированы соответственно левый и правый пульта управления EFCP – (EFIS Control Panel). Пульт управления EFIS (EFIS – система электронной индикации пилотажных и навигационных параметров полета) – предназначен для управления индикацией навигационных и пилотажных параметров на дисплеях PFD и MFD [2].

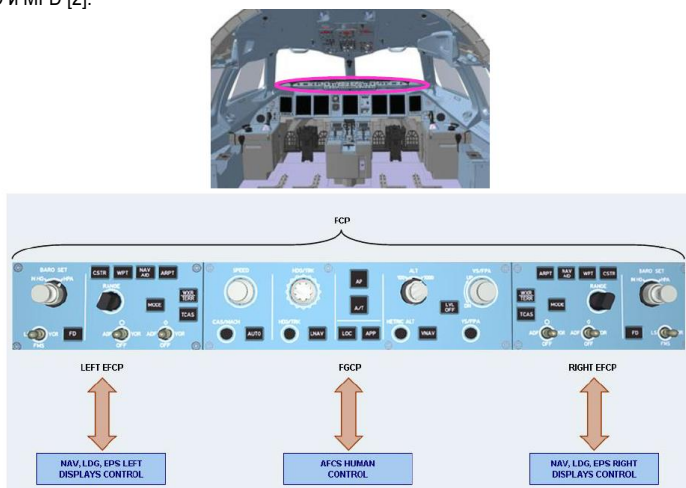


Рис. 2. Пульт управления полетом

Одним из главных составляющих системы является пилотажно-навигационный комплекс. Рассмотрим и проанализируем его работу и функции.

Пилотажно-навигационное оборудование предназначено для измерения и вычисления высотно-скоростных параметров полета, вычисления параметров пространственного положения и навигационных параметров воздушного судна для однозначного восприятия экипажем воздушной обстановки, положения самолета и режима полета, для совместной работы с оборудованием автоматического управления полетом.

Ниже перечислены основные параметры, получаемые пилотажно-навигационным оборудованием непосредственно от датчиков или вычисляемые на основе данных, полученных от датчиков, бортовыми вычислителями:

- пространственное положение в текущий момент времени (PPOS);
- барометрическая высота (QNH или QFE);
- стандартная высота (STD);
- путевая скорость (GS);
- курсовой угол (TK);
- текущие значения направления и силы ветра;
- угол сноса (DA);
- боковое отклонение от курса (ХТК);
- линия заданного пути и отклонение от нее (ТКЕ);
- расчетный курс (DTK) и курс (HDG) (магнитный и истинный);
- значения текущих навигационных характеристик (ANP);
- требуемые навигационные характеристики в соответствии с режимом полета (RNP);
- статическая температура воздуха (SAT);
- значение приборной воздушной скорости (CAS);
- истинные значения воздушной скорости (TAS);
- инерциальная вертикальная скорость.

Пространственное положение самолета вычисляется по совокупности данных, получаемых от датчиков и навигационного оборудования в соответствии с моделью Земли WGS-84 [2].

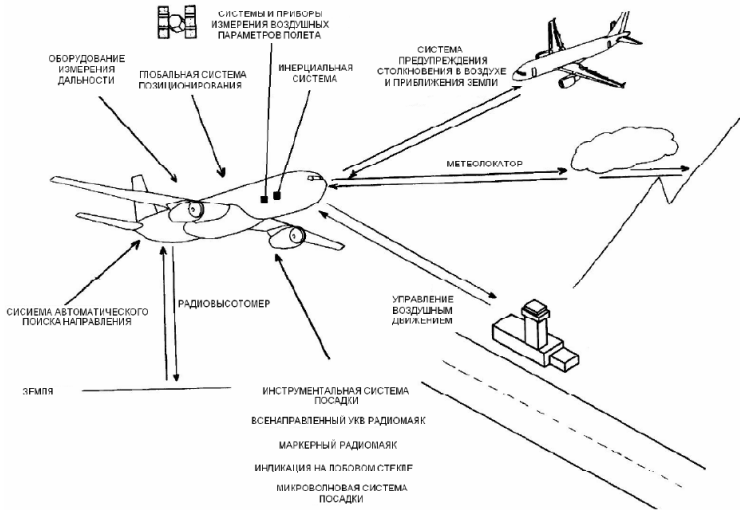


Рис. 3. Оборудование, используемое при решении навигационных задач

Задачи автономных пилотажно-навигационных систем:

- измерение истинной высоты полета;
- формирование сигналов об опасной высоте на пилотажно-навигационный дисплей, а также звуковых сигналов;
- формирование сигналов предупреждения столкновения в воздухе и приближения земли на пилотажно-навигационный дисплей, звуковых сигналов и сигналов управления в автоматическую систему управления полетом для предотвращения столкновения;

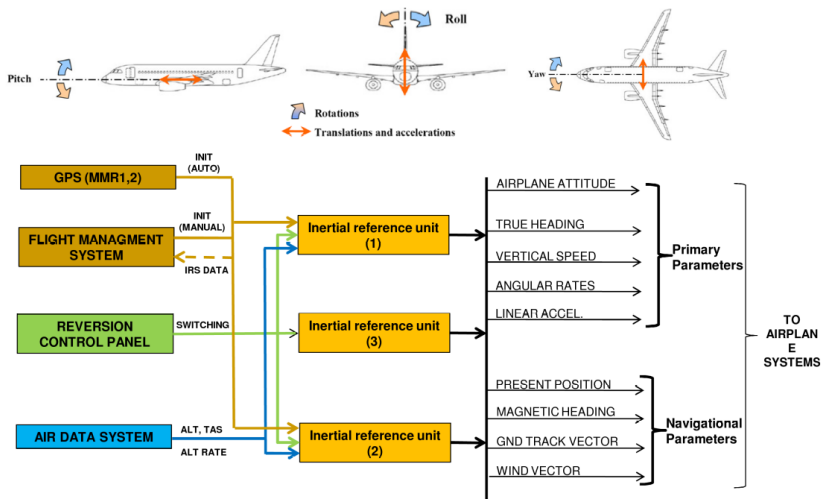


Рис. 4. Инерциальная система

- индикация метеобстановки и информирование экипажа об опасности приближения к атмосферному фронту;
- индикация и информирование экипажа об опасных препятствиях в виде складок местности, построек на маршруте [3].

Суть предложения

В процессе разработки была спроектирована схема системы управления. Она представлена на рис. 5.

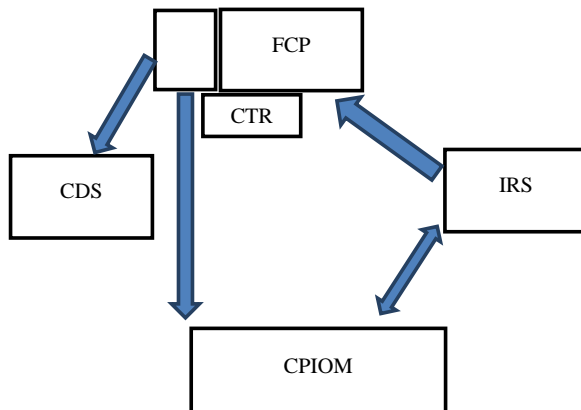


Рис. 5. Схема системы

На схеме представлены:

- Блок CDS – система электронной индикации;

- FCP – пульт управления самолетом;
- IRS – инерциально-навигационная система;
- CPIOМ – центральный вычислитель и модуль ввод/вывод;
- CTR PNL – панель управления.

Пилот получает сигнализацию об отказе какого-либо навигационного оборудования на блоке CDS, затем KBC или второй пилот должен принять решение активировать с помощью кнопки, находящейся на панели FCP, систему. Этот сигнал подается в центральный вычислитель CPIOМ, который обрабатывает его и определяет какие ИНС работают и принимает решение входить в режим ATTITUDE.

Далее, с исправных ИНС сигнал подается на панель управления и на пульт управления самолетом.

В итоге, на экранах приборов отображается самая базовая навигационная информация о полете, о положении и другом. Что помогает либо самостоятельно пилоту, либо автопилоту вернуть в исходное положение относительно заданных координат и ориентиров.

Режим Attitude (ATT) является резервным режимом, который обеспечивает минимум данных от IRS в полете. Он активируется автоматически при выключении питания системы IRS.

В режиме ATT IRS выдает следующие параметры:

1. Номинальные характеристики, обеспечиваемые данными об углах перемещения и ускорении.
2. Деградированные характеристики положения в пространстве: $2,5^\circ$ (95%).
3. Данные магнитного курса зависят от введенного вручную курса, курс вычисляется с ошибкой $<15^\circ/h$.

Заключение

При использовании модернизированной системы увеличится показатель надежности всей системы пилотажно-навигационного комплекса в целом. Также будет снижена зависимость от человеческого фактора, влияющего на управление самолетом.

Библиографический список

1. Иллюзия пространственного положения летчика в полете и их влияние на работоспособность и пространственную ориентировку. URL: http://aviapanorama.narod.ru/journal/2003_3/illuzia.htm (дата обращения: 14.05.2022).
2. Суперджет 100 (SSJ 100). URL: <https://avia.pro/blog/superdzhjet-100> (дата обращения: 10.05.2022).
3. Устройство самолета SSJ 100. URL: <http://superjet.wikidot.com/design> (дата обращения: 19.04.2021).

УДК 531.1

В. В. Магай

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

П. А. Назаренко – ассистент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ КОЛЕСА ВСЛЕДСТВИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО КАЧЕНИЯ. ЭФФЕКТ ШИММИ. СИСТЕМЫ СУХОГО ТРЕНИЯ

Введение

Термином «шимми» обозначается явление автоматических колебаний колеса вследствие неустойчивости прямолинейного качения, которое выражается в совместном интенсивном движении колеса по рысканию, а также в боковом и продольном наклонениях, вызванном взаимодействием между взлетно-посадочной полосой, пневматиком, колесной стойкой и планером летательного аппарата (ЛА). Шимми колес шасси самолетов чаще всего наблюдается на носовой стойке с ориентирующимся колесом. Однако, как показывает опыт эксплуатации некоторых современных самолетов, подобное явление может возникать и на неуправляемых главных стойках [1].

Последний случай является наименее исследованным, обладает рядом особенностей представляет существенный интерес как с теоретической точки зрения, так и с точки зрения конструктивных мер по его минимизации при проектировании шасси ЛА. Шимми колеса основной опоры возникает, как правило, на начальном этапе пробеге, когда качение колеса сопровождается проскальзыванием относительно поверхности взлетной полосы.

Типичная частота колебаний лежит в диапазоне от 10 до 30 Гц, при этом амплитуда может возрастать до уровня, влияющего на работоспособность пилота или приводящего к разрушению элементов конструкции шасси и планера ЛА, ремонт или замена которых приводит к значительным затратам средств и времени, что является серьезной проблемой.

Подобные автоколебания создают собой серьезную угрозу безопасности движения, чем и объясняется большой интерес исследователей к этому явлению [2].

Основные причины возникновения эффекта шимми

В настоящее время выделяют две главные причины возникновения эффекта шимми – упругие деформации пневматика и поликомпонентное сухое трение. Стоит отметить, что на начальном этапе пробеге оба фактора являются равнозначными.

Общепринятым считалось представление о том, что причиной шимми является деформация пневматика. При этом предполагалось, что скорость проскальзывания колеса относительно дороги в одной из точек пятна контакта равна нулю (так называемое неголономное условие) [3]. Не опровергая этот тезис, тем не менее исследователи пришли к выводу о том, что эта причина не единственная. Явление шимми можно наблюдать в быту и в случае разнообразных ручных колясок, где ссылка на упругость пневматика чаще всего не уместна, если колеса жесткие. Причиной игнорирования поликомпонентного сухого трения исследователями в объяснении шимми была неразвитость представлений об этом трении.

Упругие деформации пневматика

Теоретическое рассмотрение явления шимми проводилось многими авторами. При этом выдвигались различные упрощающие предложения: некоторые авторы учитывали упругость стойки колеса, но пренебрегали упругостью пневматика, другие же, напротив, учитывали упругость пневматика, но при этом стойка принималась жесткой [4]. Во всех случаях предполагалось, что качение колеса происходит без проскальзывания. При таком условии задача о шимми жесткого колеса становилась задачей аналитической механики неголономных систем и решалась до конца без дополнительных предположений. В случае же шимми колеса с упругим пневматиком задача для своего решения требовала дополнительного рассмотрения характера работы пневматика при качении, чем и занимался в свое время со-

ветский ученый в области прикладной математики и механики, работник Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н. Е. Жуковского (ЦАГИ) – Мстислав Всеволодович Келдыш.

В теории Келдыша деформация пневматика характеризуется тремя кинематическими переменными, причем масса деформируемой части пневматика предполагается пренебрежимо малой. Кроме того, не учитывается диссипация энергии, связанная с деформацией пневматика. Трение скольжения в произвольной точке области контакта, не совпадающей с его центром, при угловых колебаниях колеса относительно вертикальной оси (верчении), также, как и трение качения колеса, не учитывается. Кинематическим переменным соответствуют три обобщенные силы, связанные с параметрами деформацией пневматика системой линейных уравнений. Стоит также отметить, что границы устойчивости качения существенно зависят от типа пневматика и стойки, геометрических параметров установки колеса и режима работы.

М. В. Келдышем также было установлено, что при большой скорости движения силы и моменты, действующие на экипаж со стороны колес, выражаются через обобщенные координаты, в число которых не входят параметры деформации пневматиков.

Исследователям модель Келдыша казалась достаточно сложной. Кроме того, ее практическое применение, особенно при отсутствии вычислительной техники, сопровождалось заметными трудностями, вследствие чего были сформулированы более простые модели качения колес с упругими шинами.

Самой известной из таких моделей стала модель И. Рокара, рассматривающая колесо с одной дополнительной кинематической переменной, характеризующей деформацию пневматика – углом бокового увода. И. Рокар не использовал уравнения кинематической связи, а непосредственно ввел в них поперечную силу, пропорциональную углу бокового увода [5]. Трение в области контакта в модели Рокара также не учитывалось.

Позже, фактически развивавшие теорию Рокара, Е. А. Чудаков, Ю. А. Ечеистов и другие исследователи, рассматривали явление бокового увода как основную причину неустойчивости колеса при качении. Однако В. И. Неймарк и Н. А. Фуфаев показали, что частные случаи теории Келдыша при движении с большой скоростью и при больших значениях кинематических коэффициентов содержат обобщение теорий, основанных на гипотезах увода И. Рокара, Е. А. Чудакова, Ю. А. Ечеистова и других. Эти модели следуют из теории М. В. Келдыша при пренебрежении переходными процессами деформирования пневматика.

Таким образом, модель Келдыша была достаточно полной и развитой, однако со временем различными исследователями приводились некоторые уточнения, в основном сводившиеся к учету различных дополнительных факторов, касающихся параметров самой системы, таких как:

- влияние профильных элементов протектора;
- демпфирующий момент;
- масса пневматика;
- сухое трение в подшипнике шворня колеса;
- характеристика пневматика с насыщением;
- зазор в подшипнике колеса.

Поликомпонентное сухое трение

Во всех ранее используемых моделях качения колеса принимались различные гипотезы взаимодействия упругого пневматика с опорной поверхностью, упрощающие полные модели контактного взаимодействия деформируемых тел, а также постулировалось отсутствие относительного проскальзывания в точке контакта. Однако позже были предприняты попытки теоретического объяснения экспериментально обнаруженного явления шимми колеса без пневматика, модель которого близка к абсолютно твердому телу. Классическая теория шимми, теория Келдыша, объясняющая неустойчивость качения колеса его упругими деформациями, в данном случае была неприменима.

Рассматривалась простейшая из возможных конструкций (рис. 1). Колесо крепилось к самолету при помощи вертикальной стойки, обладающей упругостью в направлении оси x (направление движения самолета со скоростью V), упругостью в боковом направлении y и упругостью на кручение вокруг

вертикальной оси z (γ – угол верчения колеса относительно этой оси), β – направление вращения колеса. Колесо взаимодействовало с дорожным полотном посредством сухого трения.

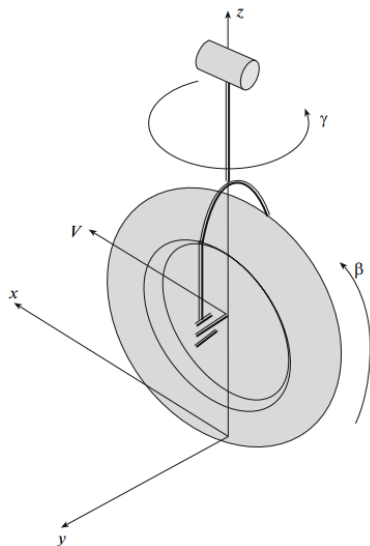


Рис. 1. Простейшая конструкция шасси в рамках рассматриваемой модели

Учет сил сухого трения опирался на различные модели, которые условны могут быть разделены на три группы, в зависимости от области пятна контакта шины и твердой поверхности.

Первая группа была предложена П. Контенсу. Учитывая существование конечной области контакта и используя теорию контактного взаимодействия Г. Герца, ученый построил зависимость силы сухого трения от отношения скорости скольжения к скорости вращения. В предположении, что обе соприкасающиеся поверхности локально сферические, а область контакта круговая, П. Контенсу показал, что при наличии сколь угодно малого верчения сила трения трогания обращается в нуль, и условие отсутствия проскальзывания не может быть реализовано.

Вторая группа была предложена В. Ф. Журавлевым и по своей сути являлась дальнейшим обобщением теории Контенсу. В работе с помощью переноса центра координат в мгновенный центр скоростей были получены точные аналитические выражения силы трения и момента трения в зависимости от отношения скорости скольжения к скорости верчения. Была предложена приближенная модель на основе аппроксимаций Паде точных выражений силы и момента трения и построено решение задачи о качении по плоскости однородного шара. Дальнейшие исследования привели к созданию комбинированной модели сухого трения первого порядка, основанной на прямом построении дробно-линейных аппроксимаций Паде силы и момента трения для круговых площадок контакта. С помощью модели первого порядка было установлено, что скорость скольжения и скорость верчения весомого тела при качении по плоскости при любых начальных условиях обращаются в нуль одновременно.

Третья группа была предложена А. А. Киреенковым. Он предложил обобщение модели трения скольжения и верчения на тот случай, когда область контакта не является близкой к точечной.

Важно также отметить, что на основе анализа решений задач о качении твердых тел по шероховатым поверхностям Д. М. Климовым и В. Ф. Журавлевым в 2009 г. было предложена теория возникновения шимми вследствие сухого трения. В работе было показано, что при качении с верчением, обязательно возникающим при шимми абсолютно жесткого колеса, формулировка условия качения в виде неголономной кинематической связи оказывается несостоятельной.

Заключение

Как следует из ряда экспериментальных данных и опыта эксплуатации самолетов, проскальзывание является распространенным явлением на начальном этапе пробега при движении самолета на колесах основных стоек [6]. Для данного этапа качения характерно скольжение, как в силу конечного углового ускорения раскрутки колеса, так и бокового сноса, и верчение колеса. В то же время деформации пневматика высокого давления сравнительно невелики. Следовательно, при исследовании устойчивости качения колес основных стоек шасси на начальном этапе пробега влияние сил трения может оказаться сопоставимым с влиянием сил, порождаемых упругими деформациями пневматика. Кроме того, для начального этапа пробега весьма существенно влияние коэффициента сцепления на полосе.

Очевидно, что модель шимми на основе классической теории может не полностью описывать процесс неустойчивого качения колеса основной стойки с проскальзыванием на начальном этапе пробега. Для достоверного теоретического описания шимми основной стойки требуется анализ влияния сил трения на основе моделей поликомпонентного сухого трения в сочетании с различными моделями контакта колеса с опорной поверхностью.

Библиографический список

1. Загордан А. А. Современное состояние теории шимми // Труды МАИ: электронный журнал. 2018. № 47. С. 1–17.
2. Журавлев В. Ф., Климов Д. М., Плотников П. К. Новая модель шимми // Труды математического института им. В. А. Стеклова. 2013. № 281. С. 32–41.
3. Журавлев В. Ф., Климов Д. М. О механизме явления шимми // Доклады академии наук. 2009. № 6. С. 761–764.
4. Неймарк Ю. И., Фуфаев Н. А. Динамика неголономных систем. М.: Наука, Физматлит, 1967. 520 с.
5. Загордан А. А. Исследование шимми колеса основной стойки шасси самолета на основе модели поликомпонентного сухого трения // Труды МАИ: электронный журнал. 2018. № 112. С. 1–142.
6. Келдыш М. В. Избранные труды: Механика. М.: Наука, 1985. 567 с.

УДК 629.78

И. И. Макаров

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

А. И. Панферов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМ МЕЖПЛАНЕТНЫМ АППАРАТОМ

Введение

Проектирование больших космических аппаратов (КА) является одним из перспективных направлений в исследовании и освоении дальнего космоса. Эксплуатируемые двигательные установки на химическом топливе не позволяют развить необходимый импульс силы. Они вводят ограничения на дальность полета и полезную нагрузку КА. Для освоения дальнего космоса был предложен транспортно-энергетический модуль – специальный буксир, который мог бы стыковаться с полезным грузом и перемещать его в пространстве (рис. 1.) [1]. Этот модуль работает на различных типах электрореактивных двигателей малой тяги [2].

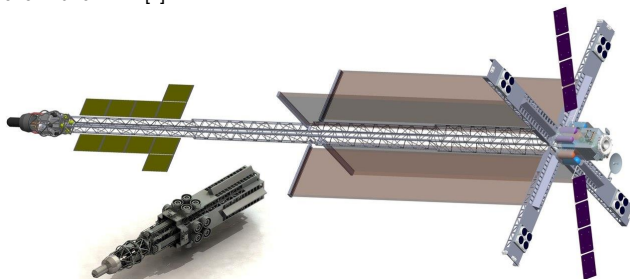


Рис. 1. Внешний вид буксира

Особенностью данного буксира является гантелевидная конструкция с реактором и системой управления на разных концах максимально легкого стержня длиной 50 м и более.

Особенности управления объектом

Необходимость в создании легкой конструкции большой длины приводит к проявлению его упругих свойств, учет которых принципиально важен при проектировании системы автоматического управления [3].

Движение такой конструкции сопровождается действием на него различных сил, которые вызывают упругие колебания аппарата.

Целью управления заключается в подавлении (демпфировании) мод упругих колебаний и получении замкнутой системы с приемлемыми динамическими характеристиками, работающей в отдельном стационарном участке, когда параметры системы практически не меняются.

Для исследования работы системы в условиях различных возмущающих воздействий рассмотрим модель системы, собранной с помощью пакета прикладных программ Matlab / Simulink (рис. 2).

Для получения замкнутой системы с приемлемыми динамическими характеристиками необходимо установить оптимальные значения весовых коэффициентов. Весовые коэффициенты следует выбирать таким образом, чтобы максимально допустимые отклонения переменных состояния вносили в функционал качества одинаковый вклад, равный вкладу максимально допустимого сигнала управления [4].

Устанавливаем весовые коэффициенты соответствующие отсутствию обратной связи (ОС) $W = \text{diag}\{0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1\}$. Получим переходный процесс системы и логарифмическую амплитудную характеристику (ЛАХ) на рис. 3 и 4 соответственно.

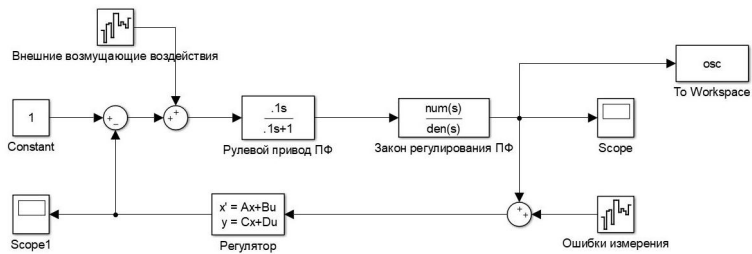


Рис. 2. Схема модели системы управления в Simulink

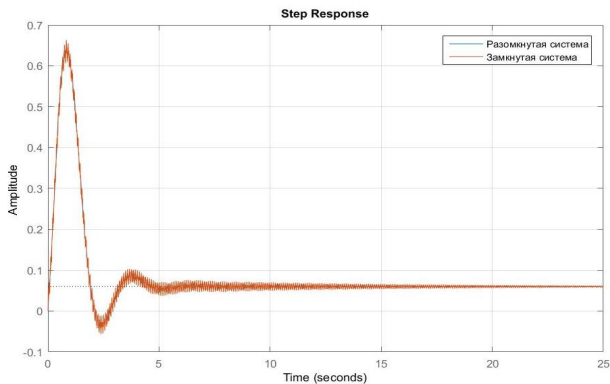


Рис. 3. Переходный процесс системы без ОС

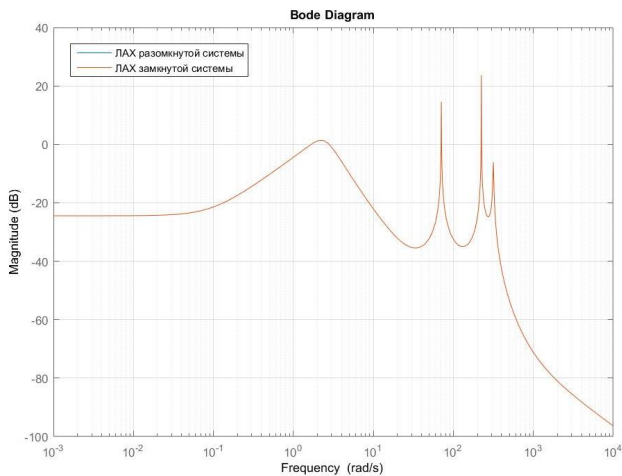


Рис. 4. ЛАХ системы без ОС

Подберем такие весовые коэффициенты, чтобы подавить все колебания $W = \text{diag} ([500 \ 500 \ 1500 \ 1500 \ 100 \ 100 \ 500 \ 500 \ 100 \ 1])$.

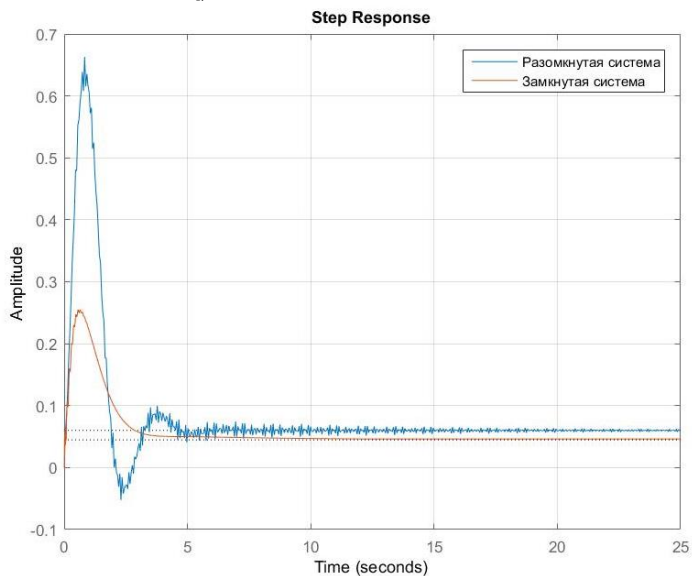


Рис. 5. Переходный процесс системы с ОС

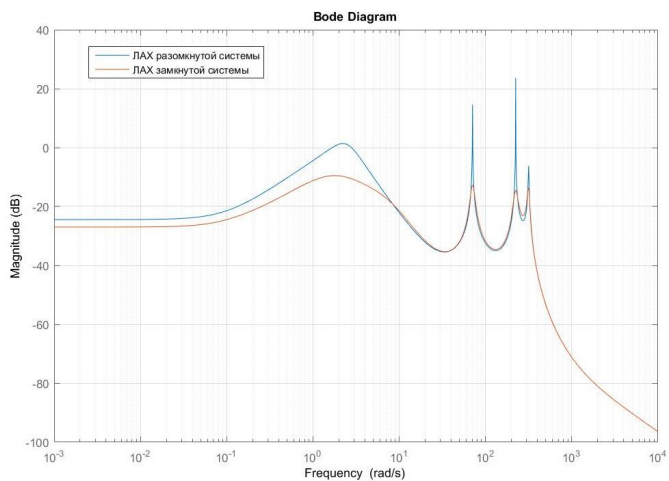


Рис. 6. ЛАХ системы с ОС

Получили более плавную реакцию на внешнее воздействие, с уменьшенными амплитудами колебаний на резонансных частотах и максимальным отклонением от заданного значения.

Заключение

В результате были рассмотрены особенности управления большим упругим КА, межпланетным буксиром для перемещения грузов в космическом пространстве. Рассмотрели способ подавления колебаний КА, которые образуются от воздействия внешних возмущающих сил, вводя оптимальный регулятор, который оказывает минимальное воздействие на быстродействие системы.

Библиографический список

1. Космическая лента. URL: <https://kosmolenta.com/index.php/new-tech/nuclear-propulsion-module> (дата обращения: 17.04.2022).
2. Пилотируемая экспедиция на Марс / Под редакцией А. С. Коротеева. М.: Российская академия космонавтики им. К. Э. Циолковского, 2006. 320 с.
3. Синяков А. Н. Системы управления упругими подвижными объектами. Л.: ЛГУ, 1981.
4. Колганов А. Р. Основные разделы современной теории автоматического управления: электронный конспект лекций. URL: <http://elibr.ispu.ru/library/lessons/kolganov2/index.html> (дата обращения: 17.04.2022).
5. Panferov A. I. Nebylov A. V., Brodskiy S. A. Theory and Software Package for Simulation and Smart Control Design for Complex Flexible Aerospace Vehicles 18th IFAC World Congress, Universita Cattolica del Sacro Cuore. Милан. 2011.

УДК 629.7.05

Л. В. Макарова

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

Ю. А. Кузьмичев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ УГЛОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

Введение

В данной работе рассматривается система угловой стабилизации ракеты-носителя (РН), в которой реализован пропорционально-дифференциальный алгоритм. Чаще всего в системах стабилизации РН используют линейные законы управления, которые являются частным случаем нелинейных. Нелинейность в законе управления позволяет достичь системе новых свойств.

Устойчивая система может иметь колебательный или аperiodический характер [1]. Цифровая система позволяет комбинировать эти алгоритмы. Одним из важных достоинств цифровых систем является то, что в каждый момент времени в законе управления возможно изменение коэффициентов, как пропорциональных углу отклонения от программного значения регулируемого параметра, так и применение логических зависимостей от различных характеристик процесса управления. В аналоговых же системах данное изменение трудно реализуемо, что вызвано сложностью смены коэффициента усиления усилителя.

Все вышечисленное позволяет применить нелинейный закон управления в терминальном методе наведения РН, в котором предполагается, что в полете по заданной траектории в определенный момент времени происходит изменение программы полета в зависимости от текущих условий и конечной цели функционирования. Количество коррекции траектории не ограничено в связи наличия высокопроизводительных бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ). Следует заметить, что чем чаще траектория корректируется, тем выше точность достижения конечных условий выведения полезной нагрузки, так как в процессе пересчета программы управления обнуляются ошибки работы системы стабилизации РН. А от одного момента времени пересчета программы управления до другого ошибки накапливаются.

Моделирование в MATLAB Simulink

На рис. 1 приведена обобщенная функциональная схема системы с нелинейным законом управления, которая состоит из переключающего устройства, законов управления, исполнительного устройства, возмущающего воздействия, объекта управления.

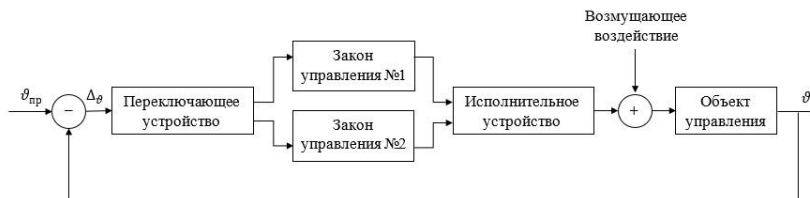


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема системы с нелинейным законом управления

Переключающее устройство производит выбор закона управления в зависимости от текущего отклонения регулируемого параметра $\Delta\vartheta$. При больших его отклонениях происходит выбор колеба-

тельного, а при малых – аperiodического закона управления. Таким образом, система будет обладать повышенным быстродействием [2].

На рис. 2 представлена структурная схема системы угловой стабилизации РН, которая реализована с помощью программного обеспечения MATLAB Simulink.

Счетчик времени предназначен для определения времени окончания переходного процесса и представляет собой переключающее устройство с функцией памяти и дисплеем.

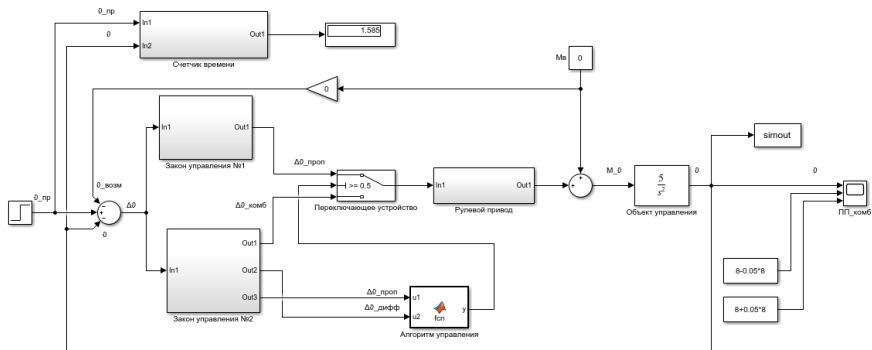


Рис. 2. Структурная схема системы угловой стабилизации РН

Для данной системы угловой стабилизации РН введены следующие допущения:

- используется метод замороженных коэффициентов;
- объектом управления является абсолютно жесткое тело, т. е. отсутствуют упругие колебания, колебания жидкости;
- рассматривается только канал тангажа;
- не учитываются возмущающие воздействия;
- для колебательного алгоритма управления отсутствует, однако достаточным является использование инженерной формулировки условий переключения.

Результаты моделирования

Рулевой привод является исполнительным устройством и описывается уравнением второго порядка. Он обладает инерционностью, в связи с чем имеется запаздывание в формировании управляющего воздействия.

Переключающее устройство изменяет закон управления в зависимости от значения текущей ошибки и скорости изменения ошибки стабилизации с учетом инерционности рулевого привода. Условие переключения формируется в блоке управления алгоритмом. Следует отметить, что аналитическое выражение алгоритма управления отсутствует, однако достаточным является использование инженерной формулировки условий переключения.

Условием переключения с одного закона управления на другой является вхождение погрешности стабилизации в область заданных значений точности регулирования управляемого параметра без перерегулирования ($\Delta < \Delta_{зад}$). Путем пошаговой итерации с точностью 0,01 с, находится точка переключения, при которой обеспечивается наилучшее условие по быстродействию в системе стабилизации. Переключающее устройство в данном случае срабатывает почти мгновенно, а это приводит к увеличению быстродействия системы в целом.

При использовании комбинации законов управления переходная характеристика системы угловой стабилизации РН имеет вид, представленный на рис. 3. Время окончания переходного процесса составляет 1,585 с. Считаем переходный процесс законченным при выполнении условия: погрешность стабилизации принимает значение меньше допустимой, требуемой точности регулирования заданной величины.

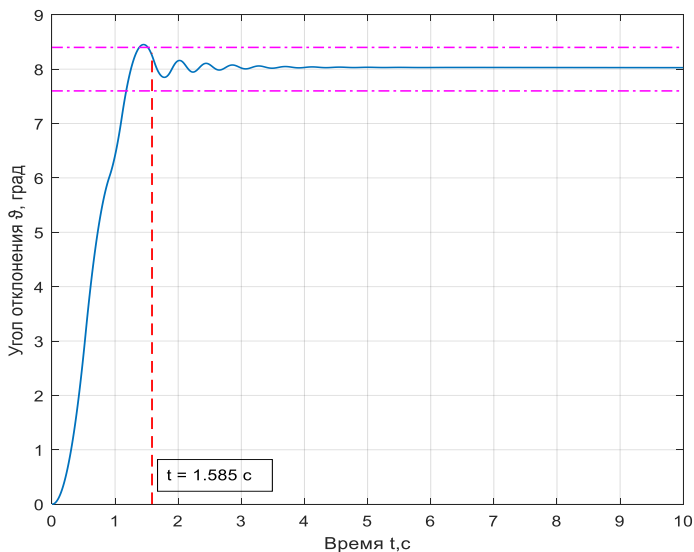


Рис. 3. Переходная характеристика системы угловой стабилизации РН при использовании комбинации законов управления

Заключение

Использование комбинации колебательного и апериодического законов управления позволяет повысить быстродействие системы угловой стабилизации РН.

Нелинейные законы управления в системах стабилизации РН целесообразно использовать при компенсации скачкообразного изменения условий полета. Такие случаи возникают:

- при смене программы полета при терминальном управлении [3];
- после прохождения РН максимальных скоростных напоров в плотных слоях атмосферы (включается система стабилизации центра масс, изменяется структура системы стабилизации РН);
- после разделения ступеней или отделения головного обтекателя.

Для дальнейшего исследования системы угловой стабилизации РН могут быть выделены следующие направления: учет возмущающих воздействий и вывод аналитического выражения для условия переключения между законами управления.

Библиографический список

1. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория автоматического управления. СПб.: Профессия, 2004. 752 с.
2. Кузьмичев Ю. А., Шабалатов А. С. Метод использования нелинейных алгоритмов управления в системе угловой стабилизации ракеты-носителя // Сборник трудов ВКА им. А. Ф. Можайского. СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2019.
3. Сихарулидзе Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. 3-е изд. (эл.). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 410 с.

УДК 62-1

М. А. Марголин

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

П. А. Назаренко – ассистент – научный руководитель

КОНСТРУКЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ФЮЗЕЛЯЖЕЙ ВЕРТОЛЕТОВ AS 355, AW 139. ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОССИИ

Введение

За последние годы спрос на коммерческий воздушный транспорт возрос в разы. Отсутствие на рынке отечественной авиатехники, способной конкурировать с иностранной, достаточно ощутимо. Это вынуждает компании и государственные структуры закупать технику иностранного производства, тем самым создавая крупный денежный рынок.

Наиболее востребованными видами авиационной техники для многих компаний, являются вертолеты, так как зачастую работа связана с ограниченным пространством и не возможностью использования самолетов. На конец 2021 года в гражданской авиации Российской Федерации в эксплуатации находилось 2546 воздушных судов, в том числе 1494 вертолета и 1052 вертолета, имеющих действующие сертификаты летной годности.

Для вертолетов запрашиваются высокие требования по надежности в особо суровых условиях, но при этом необходима универсальность. Для этих задач отлично подходят многоцелевые легкие и средние вертолеты.

Особенности конструкции фюзеляжа вертолета Eurocopter AS355 Ecureuil-II

Eurocopter AS355 является модификацией одномоторной версии вертолета AS350, на нем устанавливается два мотора Allison 250-C20. AS355 зарекомендовал себя как машина с низкими эксплуатационными расходами и самой привлекательной стоимостью в своем классе. Его эффективные тактико-технические характеристики обусловлены использованием, относительно собратьев по классу, легких и прочных материалов. Таких как: термoplastмассы (полиамиды), которые размягчаются при нагреве и затвердевают при охлаждении или термоотверждаемые пластмассы, которые при нагреве и взаимодействии с отвердителем образуют новое вещество (эпоксид); слоистые пластмассы, они изготавливаются на основе термоотверждаемых пластмасс с армированием [1].

Общая характеристика фюзеляжа вертолета AgustaWestland AW139

AgustaWestland AW139 – средний, транспортный, двухдвигательный вертолет общего назначения. Его неоспоримыми преимуществами является применение комплексной авионики и доступности всех систем, что упрощает обслуживание. AW139 является единственным вертолетом в своей весовой категории, который оснащается комплексной системой антиобледенения FIPS (Full Ice Protection System). Убирающееся шасси (передняя опора – двухколесная, основные – одноколесные) и современный пятилопастный несущий винт обеспечивают плавный и быстрый полет. Два двигателя Pratt & Whitney PT6C-67C мощностью на взлетном режиме 1679 л.с. (1252 кВт) обеспечивают вертолету [2].

Сравнительный анализ планеров зарубежных вертолетов

Сравнивая фюзеляжи и оперение на зарубежных вертолетах, возможно, прибегнуть к оценке таких параметров как: аэродинамические показатели вертолета, оригинальность конструкции с точки зрения применения современных материалов, объемы технического обслуживания данных узлов.

Вертолет AgustaWestland AW-139 является более современным представителем авиационной техники. Использование в конструкции 75% композитных материалов значительно снижает массу вертолета, при этом, не уступая по прочности металлическим аналогам [3].

Носовая часть вертолета выполнена с использованием дополнительного носового обтекателя, что позволяет воздушному потоку более плавно проходить обводы вертолета. Вследствие чего лобовое аэродинамическое сопротивление AW-139 ниже, нежели у Ми-8МТВ.

Хвостовая часть фюзеляжа имеет более плавный переход, в связи с отсутствием грузовых створок. Вследствие чего также аэродинамическое сопротивление значительно снижается. Конструкция каркаса хвостовой балки выполнена оптимально с точки зрения минимальной массы, за счет использования композитных материалов и структурированных сотовых панелей в конструкции – масса составляет 80,7 кг.

Конструкция планера вертолета является весьма прогрессивной с точки зрения технологичности (производственной, эксплуатационной, ремонтной), безопасности, весовой отдачи. При изготовлении планера вертолета применены следующие передовые конструктивно-технологические методы:

- модульная схема построения конструкции при минимальном числе модулей;
- панелирование конструкции в границах отдельных модулей;
- минимальное применение заклепочных соединений;
- максимальное использование композитных материалов широкого спектра.

При изготовлении фюзеляжа широко использованы пластмассы – это существенно снижает массу вертолета, весьма позитивно влияет на ЛТХ, полезную коммерческую нагрузку, а также уменьшаются вероятность возникновения и развития опасных резонансных колебаний планера вертолета.

Eurocopter AS355 Ecureuil 2, является более легким нежели два других. Фюзеляж имеет минимальное сопротивление в зоне крейсерских углов атаки, за счет опущенной хвостовой балки.

При изготовлении фюзеляжа широко использованы пластмассы – это существенно снижает массу вертолета, весьма позитивно влияет на производственную технологичность конструкции, летно-технические характеристики вертолета и полезную коммерческую нагрузку.

Как и на зарубежных вертолетах, так и на отечественных конструкциях является проверенной временем и достаточно технологичной при эксплуатации. В современное время с появлением материалов нового типа, такие материалы широко применяются на вертолетах зарубежного типа. Например, такие как кевлар, на вертолете AgustaWestland AW-139 или композитные материалы на основе синтетических смол, на вертолете Eurocopter AS355 Ecureuil-II. Все параметры рассматриваемых вертолетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Летно-технические характеристики вертолетов легкого и среднего класса

Параметры	Модель вертолетов	
	AW-139	AS355 Ecureuil-II
Двигатель	2 x ГТД РТ6С-67С	2 x ГТД АRRIUS 1А
Взлетная мощность, л.с.	2x2000	2x1286
Экипаж	3	1–2
Пассажиры	15	5–6
Максимальная взлетная масса, кг	6400	2600
Нормальная взлетная масса, кг	5900	2200
Пассажиры	15	5-6
Максимальная взлетная масса, кг	6400	2600
Нормальная взлетная масса, кг	5900	2200
Масса пустого, кг	3622	1175
Нагрузка в кабине, кг	2700	880
Максимальная скорость, км/ч	320	256
Крейсерская скорость, км/ч	306	245
Практический потолок, м	5930	5280
Расход топлива, кг/час	390	150
Дальность, км	1061	662
Продолжительность, ч	5,20	4,5

Таким образом, вертолеты среднего класса рассчитаны на перевозки грузов и пассажиров большей массы. На такие эксплуатационные характеристики и рассчитана конструкция вертолетов. Для зарубежных вертолетов легкого класса конструкция планера рассчитана для эксплуатации вертолетов с заявленными эксплуатационными характеристиками и имеет достаточный ресурс. Привести какие-либо общие рекомендации по повышению степени технологичности конструкций не представляется возможным. Однако можно указать на ряд мероприятий, которые существенно повышают технологичность конструкции.

Возможно более широкое применение в конструкции стандартизованных, нормализованных и унифицированных конструктивных элементов.

Уменьшение количества и номенклатуры отдельных деталей, из которых собираются узлы, панели и секции отдельных агрегатов вертолета.

Выбор рациональных технологических допусков и классов чистоты обрабатываемых поверхностей на основании строго обоснованных технических соображения, так как переход на более высокие степени точности размеров и повышение классов чистоты неизбежно влекут за собой повышение трудоемкости и себестоимости.

Выбор рациональной технологии для заготовок должен производиться с учетом экономичности изготовления из них деталей и предъявляемых к ним требований по прочности, массе, форме и размерам. Важное значение при этом имеет выбор материала заготовки с точки зрения его механической обрабатываемости, сварки и возможности обработки его под давлением.

Выбор рационального способа обработки заготовки имеет целью возможно больше сократить поверхность, которая подлежит механической обработке.

Выбор рационального способа соединения элементов конструкции упрощает сборку узлов и повышает производительность сборочных операций.

Увязка конструкции с масштабом производства и технологическим оборудованием имеет целью сократить сроки подготовки серийного производства вертолета.

Возможность организации поточной сборки узлов, панелей, секций и агрегатов конструкции, высокая их взаимозаменяемость и небольшой объем различных подгоночных работ на сборке.

Высокая надежность авиационной техники должна обеспечиваться минимальными трудозатратами на один час полета, а последнее определяется эксплуатационной технологичностью и организацией эксплуатации, обслуживания и ремонта авиационной техники.

Заключение

В процессе анализа конструкции вертолетов выявлены преимущества и недостатки конструктивных решений, применяемых на вертолетах, некоторые из них связаны с типом вертолета. Конструкции фюзеляжей имеют схожий принцип построения.

Силовая схема полумонокков, собираемая из отдельных частей, позволяет организовать более технологичное и дешевое производство.

Но все же преимуществом вертолетов зарубежного производства является простота конструкции и малая масса по сравнению с вертолетами отечественного производства. Это связано с применением более усовершенствованных технологий, в том числе с использованием современных легковесных сплавов и композитных материалов.

Применение большого количества композитных материалов в зарубежных вертолетах, приводит к значительному увеличению технологичности производства и сокращает трудоемкость обслуживания.

Исходя из таких заключений в ходе анализа ясно, что на конструктивные решения и тип конструкции влияет эксплуатационные характеристики вертолета, а также доступность современных технологий.

Важной задачей для эксплуатационной технологичности, требующей решение, является сокращении затрат средств и времени на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Библиографический список

1. Flight Manual AS 350 B3. Arriel 2B. Eurocopter an EADS Company. 05.2010.
2. AW139 Helicopter AIRFRAME MAINTENANCE TYPE TRAINING COURSE TRAINING MANUAL (AMTTC). Agusta Westland. 2010.
3. Agusta Westland A Finmeccanica Company Catalogue. 2011/2012.

УДК 629.7.022

Д. А. Носков, Е. Н. Лаврентьев

студенты кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

В. И. Тимофеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

БИТВА ТИТАНОВ. ТУ-144 VS CONCORDE

Введение

Разработка первого в мире серийного сверхзвукового гражданского самолета началась в аккурат после первого полета самолета, достигшего сверхзвуковой скорости, а именно в 1955–1966 гг. На первых этапах разрабатывалось два самолета, отдельно во Франции (Сюпер-Каравелла) и Англии (ВАС-223), но из-за возросших затрат в 1962 г. было решено совместить разработку сверхзвукового магистрального пассажирского самолета, получившего название «Concorde». Проект оставлял конструкцию Французских инженеров, но силовые установки представлялись Англией. Силовая установка представляла собой турбореактивный двигатель «Олимп 543» совместной разработки фирм «Бристоль» и SNECMA. Всего на самолете располагалось 4 силовые установки, расположенные в двух подкрыльных гондолах. Конструкция Concorde представляет собой самолет, построенный по схеме «бесхвостка» низкоплан с оживальным, поперечно изогнутым крылом. Фюзеляж выполнен в виде цилиндрической конструкции с относительно малым поперечным сечением. Из-за достаточно длинного фюзеляжа угол атаки во время взлета и посадки порядка 18 градусов. Шасси трехстоечное, со спаренными передними колесами и четырехколесными тележками на главных стойках.

Основные проблемы были связаны с незнанием, как конструировать сверхзвуковые гражданские самолеты, вследствие этого, первоначальные желание конструкторов были отодвинуты назад суровой реальностью. Основы изменений в ходе испытаний лежали в неустойчивости конструкции, из-за высоких перепадов давлений, температур, а также вследствие преодоления звукового барьера. Из-за этих проблем пришлось в срочном порядке усовершенствовать конструкцию, отсюда и пришло увеличение массы самолета с 130 000 кг до 180 000 кг, пассажироемкость достигала 144 человек, длина самолета составила 61,66 м [1].

В итоге, концерн Англии и Франции к началу 1973 г. был запущен в серийное производство. Из-за возросших затрат на укрепление центроплана, а также самого планера конечные затраты Англии и Франции были оценены в 1200 млн ф. ст. Вследствие этого цена самолета в 1974 г. была оценена в 60 млн долл.

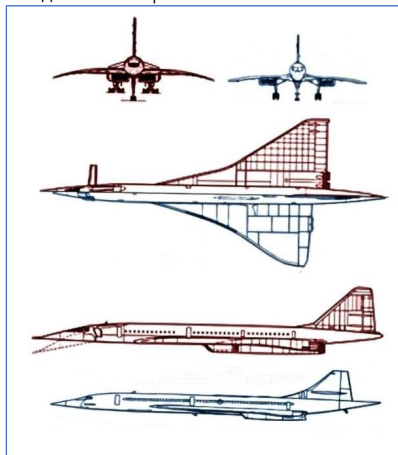


Рис. 1. Сравнение Ту-144 и Concorde

Советский сверхзвуковой самолет начал свое развитие в 1964 г., на 9 лет позже европейского аналога, а уже в 1965 г. первая версия была показана на Парижском Авиационном салоне, а облет был совершен уже в 31 декабря 1965 г. Так как СССР видел перспективы в развитии поставок Ту-144 за рубеж, то непосредственно с выставки в Париже, между конструкторами Concorde и Ту-144 шел активный диалог, ведь как уже было замечено, европейский аналог прошел 9 лет разработок, к тому времени, как над Туполевым активно размышляли лишь год. В своем строении Ту-144 не слишком отличен от Concorde, он тоже представляет собой выполненный по схеме «бесхвостка» низкоплан. Крыло выполнено в виде оживального планера. В процессе разработки, были выявлены те же проблемы, что и при разработке Concorde, из-за чего была увеличена масса, но увеличилась и пассажироемкость, с 121 человека у прототипа, до 150 человек у серийных самолетов. СССР не мог допустить, чтобы Concorde первым покорило воздушное пространство, поэтому сборка и разработка велись совместно, и некоторые решения приходили уже в процессе сборки. Еще одной из проблем являлось проблема реверса тяги. Из-за высоких скоростей, посадка являлась большой проблемой. Concorde решил эту проблему при помощи реверсной тяги, которая достигала до 45% от взлетной тяги самолета. В СССР тоже пытались использовать данную разработку, однако из-за сжатых сроков был применен обычный парашют.

31 декабря 1968 г. Ту-144 совершил первый полет. Полчаса в воздухе, посадка – машина продемонстрировала хорошую управляемость и отсутствие проблем.

Итак, как мы с вами можем увидеть, в условиях сжатых сроков КБ Туполева смогло построить работоспособный самолет, который мог исполнять свою основную цель, однако из-за этих же сжатых сроков полный цикл производства не был полностью спланирован, из-за чего запуск в серию пришлось отложить, вследствие чего выход на европейский рынок оказался под вопросом.

В данной работе мы сравниваем именно Ту-144 с Concorde, а не наоборот, связано это, прежде всего с тем, что именно европейский самолет был первым, и именно он проявил многие проблемы проектирования, что могли свободно позаимствовать ОКБ Туполева. Не смотря, на то, что многие называют Ту-144 клоном Concorde, в летно-технических характеристиках (ЛТХ) они серьезно отличаются.

Таблица 1

Сравнение ЛТХ

Характеристики	Concorde	Ту-144	Характеристики	Concorde	Ту-144
Размах крыла, м	25,56	28,80	Максимальное отношение массы самолета к форсажной тяге, кг/даН	2,73	2,29
Длина, м	62,10	65,70	Максимальное число Маха	2,04	2,29
Высота, м	11,40	12,85	Экипаж	3	4
Площадь несущей поверхности, м ²	358,25	507	Взлетная скорость, км/ч	397	330
Масса пустого самолета, кг	78700	85000	Посадочная скорость, км/ч	300	270
Максимальная взлетная масса, кг	185065	195000	Практический потолок, м	18300	20000
Максимальная посадочная масса, кг	111130	120000	Дальность (ном/макс), км	5110	4900
Грузоподъемность, кг	12700	15000	Взлетная дистанция, м	3410	2930
Емкость внутренних топливных баков, л	119786	100000	Посадочная дистанция, м	2220	2570
Максимальная удельная нагрузка на крыло, кг/м ²	517	385	–	–	–

Проверка временем

Проверку временем самолеты не прошли. С развитием авиаперевозок стало понятно, что ресурсы, затрачиваемые на производство и дальнейшую летную эксплуатацию сверхзвукового самолета в реалиях гражданской авиации слишком большие. Неэкономичность была не единственной проблемой, авиакатастрофы всегда являлись частью разработки авиационных судов, но, к сожалению, в истории Ту-144 и Concorde именно они стали решающим фактором.

Первой катастрофой стало крушение Ту-144 на 30-м международном авиасалоне Ле-Бурже, близ Парижа, 3 июня 1973 г. Выполняя штатный взлет и выход на эшелон 1200 м, самолет резко начал пикировать, после чего разбился. Точной причины крушения установлено не было [2].

Это событие оставило негативный след на истории Ту-144, вследствие чего международные перелеты были приостановлены. Эксплуатация в рамках СССР приостановилась в 1977 г. Приостановили ее, по задумке конструкторов, для того чтобы модернизировать лайнер, после чего Ту-144 должен был летать по рейсу Москва – Красноярск. Однако сбыться этому не позволила авиакатастрофа под Егорьевском, 23 мая 1978 г. В ходе летных испытаний Ту-144Д произошла утечка топлива, после чего произошло возгорание паров топлива, что привело к пожару силовой установки и выводу из строя двигателей. Разница между катастрофами составила 5 лет, речь о дальнейшей эксплуатации уже не имела смысла.



Рис. 2. Крушение Concorde в 2000 г.

Concorde пролетал намного дольше своего советского собрата, однако причиной конца эксплуатации также явилась катастрофа, 25 июля 2000 г. Concorde выполнял перелет из Парижа в Нью-Йорк. Во время разбега по взлетно-посадочной полосе, на скорости примерно 280 км/ч, лайнер наехал на металлический обломок самолета DC-10, вследствие чего покрышка правого колеса на стойке шасси лопнула. Из-за разрушившейся покрышки началось утечка топлива и возгорание 2 двигателя. Так как самолет уже набрал взлетную скорость, экипаж решил завершить взлет и тут же сесть в аэродроме вылета, однако сразу после взлета отказал еще один двигатель, как итог лайнер начало кренить влево после чего нос задрался и самолет рухнул. Погибли все 113 человек находившихся на борту. После этой авиакатастрофы эксплуатация была остановлена навсегда [3].

Итоги «сверхзвуковой гонки»

Самые передовые идеи и технологии были внедрены в Ту-144 и Concorde, это были самые дорогие проекты своего времени. Их гонка была поистине красивой и завораживающей. Однако, вслед-

ствие большинства факторов, таких как технологическая сложность эксплуатации, дороговизна, авиакатастрофы сделало Ту-144 и Concorde не привлекательными для авиакомпаний. Франция, Англия и СССР, активно продвигали эти проекты в начале разработки, прежде всего ради имиджа государств, также остановили свой пыл и сосредоточились на боевых сверхзвуковых бомбардировщиках. Это противостояние многому научило конструкторов всего мира и дало толчок к дальнейшему развитию.

Заключение

В наши дни ситуация сильно не изменилась, сверхзвуковые самолеты все так же нерентабельны. Особенно сейчас, когда главная тенденция современных авиаперевозок- переход от системы крупных аэропортов, так называемых «хабов», к развитию аэропортов в небольших городах, сверхзвуковые пассажирские самолеты просто не нужны. Несмотря на все это, до сих пор есть огромный спрос на частные и чартерные перевозки, в том числе и на большие расстояния. В этой же ситуации сверхзвуковая пассажирская авиация очень выгодна. Есть группа потребителей, для которых цена билета не является основным критерием, для выбора рейса. Для этой группы и разрабатывается концепция сверхзвуковых «истребителей» для бизнеса. К созданию сверхзвукового бизнес-джета ближе всех подошли американцы: на 2023 г. намечен первый полет 12-местного сверхзвукового самолета Корпорации Аэрон (Aerion) AS2. Разработчики называют его «истребитель» для бизнеса. Максимальная дальность полета равняется практически 8 тыс. км при крейсерской скорости полета 1,4 маха. Ожидается, что самолет AS2 сможет сократить трансатлантические перелеты на целых три часа.



Рис. 3. Внешний вид самолета Aerion As2

В 2011 г. EADS в день открытия Парижского авиасалона продемонстрировала концепцию самолета будущего, которая предусматривает перелет со скоростью, превышающей 4 маха. Разработчики предполагают долететь из Токио в Лондон менее, чем за 2,5 часа. Проект назвали ZEHST (Zero Emission HyperSonic Transport –высокоскоростной транспорт с нулевым уровнем выбросов). Самолет имеет три типа двигательных установок и может перевозить пассажиров на высоте 32 км [4].

Библиографический список

1. Цихош Э. Сверхзвуковые самолеты / Пер. с польского; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Микеладзе и канд. техн. наук Е. В. Зябрева. М.: Мир, 1983. С. 362.
2. Близнюк В., Васильев Л., Вуль В. Правда о сверхзвуковых пассажирских самолетах. М.: Московский рабочий, 2000. С. 234.
3. Муромов И. А. 100 великих авиакатастроф. М.: Вече, 2004. С. 264.
4. Краев В. М., Тихонов А. И, Новиков С. В. Перспективы развития сверхзвуковой гражданской авиации в России // Двигатель. 2018. № 115. С. 14–17.

УДК 629.7.024.18

М. А. Погудин, А. С. Сероокий

студенты кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

А. М. Павлов – старший преподаватель – научный руководитель

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ «СМЕШАННОЕ КРЫЛО» В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Введение

Аэродинамическая схема «смешанное крыло» (англ. Blended Wing) – это схема – родственник «летающего крыла», которую в настоящее время исследуют NASA совместно с Boeing. NASA рассматривает «комбинированное крыло» как потенциальную революцию в конструкции пассажирских самолетов [1].

Рынок авиаперевозок уже много лет отличается высоким уровнем конкуренции. Совершенно очевидно, что любая авиакомпания пытается сократить расходы, стараясь занять как можно более выгодное положение относительно своих конкурентов, однако авиационный керосин дорожает с каждым годом. В 2019 г. тонна авиационного керосина стоила в среднем 44 000–45 000 руб., тогда как в 2015–2017 гг. – 32 000 руб. Расходы на топливо составляют до 30% затрат авиакомпаний, что пагубно влияет на стоимость билетов. Ухудшает положение и сохраняющийся уже длительное время финансовый кризис, по причине которого платежеспособность населения постоянно падает. Доходит до того, что государство вынуждено субсидировать дальние перелеты для обеспечения их доступности. Значит, повышение топливной эффективности является одним из главных способов развития авиации, так как он в силах прямо повлиять на цены, главный, как мы считаем, стимул увеличения авиаперевозок и, следовательно, развития авиации в России.

Преимущества «смешанного крыла»

Классическая аэродинамическая схема современных авиалайнеров имеет два существенных недостатка, которые «комбинированное крыло» (далее BWB – Blended Wing Body) может частично или полностью решить проблемы:

1. Потери энергии на стабилизацию самолета с помощью хвостовой части.
2. Изгибающее напряжение консолей крыла, вызванное неравномерным распределением массы и подъемной силы [2].

Также естественным плюсом «комбинированного крыла» являются увеличенная подъемная сила и улучшенные аэродинамические качества в целом. Согласно приблизительной оценке, аэродинамические качества нашего концепта превосходят таковые у Boeing 737 примерно на 30%, что улучшает топливную эффективность примерно на 20%, таким образом достигается улучшенная дальность и уменьшается стоимость летного часа [3].

Проекты, использовавшие схожую аэродинамическую схему, уже находились в разработке (такие как Ту-404 и Airbus MAVERIC), однако все они проектировались как пассажирские самолеты сверхбольшой вместимости. Такого рода проекты не жизнеспособны в современных реалиях, учитывая тренд на уменьшение пассажирских самолетов, вызванного все растущей эффективностью и дальностью двухдвигательной компоновки.

Расчет летательного аппарата в первом приближении

Как мы знаем, самым массовым пассажирским самолетом за всю историю авиации является продукт американской корпорации Boeing 737 в разных модификациях. Будучи выпущенным в массовое производство в 1968 г., этот лайнер прошел огромный путь модификаций, что позволяет ему оставаться конкурентоспособным и в наше время. В России же данные воздушные судна тоже широко используются как для среднемагистральных, так и для дальнемагистральных перелетов (к примеру, авиакомпания S7(Сибирь) или Аэрофлот используют Boeing 737 для перелетов из Москвы в Читу или

Благовещенск). Следовательно, стоит разрабатывать нашу модель самолета, учитывая параметры «737-го», а именно вместимость, размах крыла и силовую установку.

Первостепенные задачи, которые стоят перед любым разрабатываемым сегодня пассажирским самолетом – повышение топливной эффективности и снижение стоимости летного часа.

Главное преимущество «комбинированного крыла» перед конкурентами – отсутствие потерь энергии на пассивную стабилизацию оси тангажа. Несовпадение центра тяжести и центра давления в традиционной схеме создает вращающий момент, который опустит нос самолета вниз, если его не скомпенсировать. За компенсацию отвечают горизонтальные стабилизаторы. Проблема заключается в том, что компенсирующие силы, направленные вниз, так или иначе противодействуют подъемным силам крыла, создавая энергетические потери. В этом и заключается преимущество BWB. Стабилизация оси тангажа достигается не с помощью компенсирующих сил, а с помощью активных корректировок, вносящихся электродистанционной системой управления. Кроме того, наша схема предполагает сужение фюзеляжа к хвостовой части, что позволит фюзеляжу так же участвовать в создании подъемной силы. Также расположение двигателей выше поверхности крыла аэродинамически выгодно, так как двигатели не создают помех в воздушном потоке под крылом, что увеличивает подъемную силу.

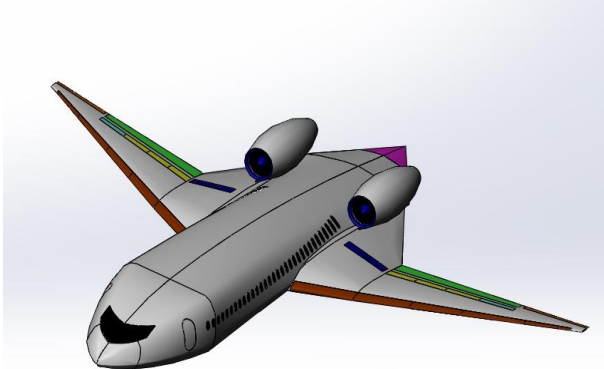


Рис. 1. Общий вид самолета

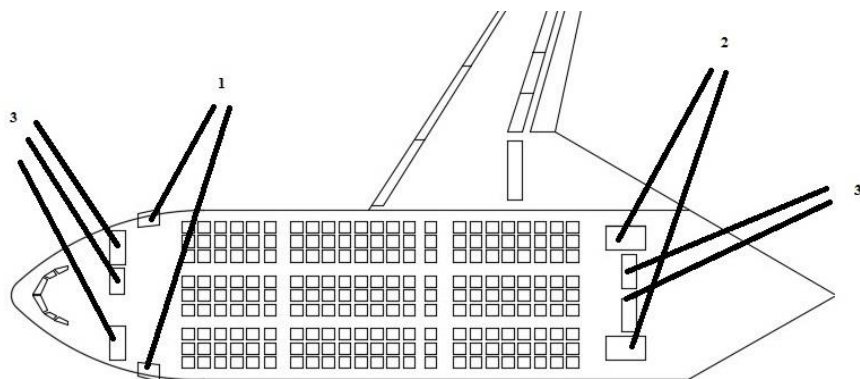


Рис. 2. Компоновка салона:

1 – передние входные двери, 2 – задние трапы, 3 – кухонные и туалетные модули

Компоновка салона предполагает 9 рядов сидений по 23 кресла (207 мест в моноклассе). Взлетная масса самолета в первом приближении составила 115,5 т, размах крыла составил 28 м.

В носовой части располагается два выхода. Также предусмотрено расположение двух выходов в хвостовой части с собственными трапами (аналогично заднему выходу Як-42).

Аварийные выходы располагаются перед передней кромкой крыла. Кроме того, при должной проектировке силовой установки возможно расположение аварийного выхода между двигателями, ведущего на поверхность крыла. Таким образом, эвакуация может быть организована приблизительно так же, как и на традиционных самолетах.

Таким образом, на рис. 3 изображены элементы управления, они выделены разными цветами: розовый – бобровый хвост, осуществляющий стабилизацию по оси тангажа; оранжевый – элевоны, осуществляющие управление самолетом по оси крена и тангажа; зеленый – закрылки; желтый – интерцепторы, предназначенные для уменьшения тормозного пути; голубой – щитки, предназначенные для управления самолетом по оси рыскания; коричневый – предкрылки; синий – тормозные щитки.

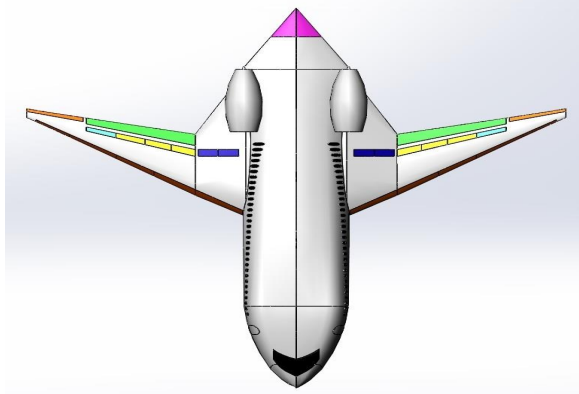


Рис. 3. Вид самолета сверху

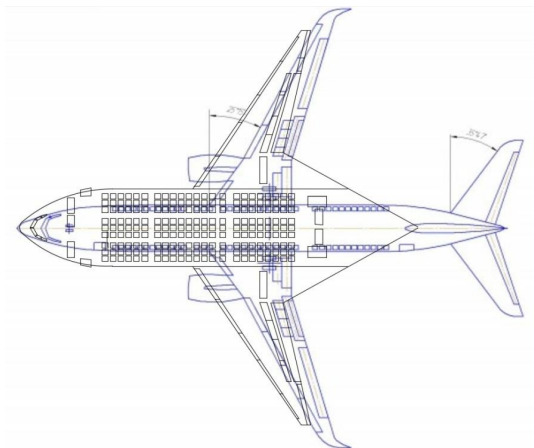


Рис. 4. Сравнение габаритов Boeing 737 и проектируемого самолета

Система управления не имеет радикальных отличий от традиционной, однако несколько особенностей имеются. Вместо элеронов и рулей высоты предполагается использование элевонов. По оси рыскания стабилизация будет достигаться с помощью щитков. В хвосте самолета расположен так называемый «бобровый хвост», аналогичный тому, что расположен в хвостовой части бомбардировщика Northrop B-2 Spirit. Этот орган управления может выполнять роль руля высоты, а также активно обеспечивать устойчивость летательного аппарата по оси тангажа. Для силовой установки предполагается использование двигателей CFM International LEAP-1B, аналогичных тем, что установлены на Boeing 737.

Заключение

Аэродинамическая схема «смешанное крыло» имеет перспективы внедрения в среднемагистральный сектор гражданских авиаперевозок и может быть более эффективна по сравнению с классическими схемами, тем самым значительно удешевив авиаперевозки.

Библиографический список

1. Beyond Tube-and-Wing: The X-48 Blended Wing-Body and NASA's. Quest to Reshape Future. Transport Aircraft. URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/beyond_tube-and-wing_tagged.pdf (дата обращения: 20.05.2022).
2. Blended Wing Body Aircraft with Mark Page. URL: https://www.youtube.com/watch?v=x0vYUPmOPYE&t=341s&ab_channel=KashmirWorldFoundation (дата обращения: 24.05.2022).
3. Design of a Blended Wing Body Aircraft. URL: <https://www.sjsu.edu/ae/docs/project-thesis/Brar.Randhir%20Nov14.pdf> (дата обращения: 24.05.2022).

УДК 62-503.51

Т. П. Познякова

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

Ю. А. Кузьмичев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С УПРАВЛЯЮЩИМИ ОРГАНАМИ В ВИДЕ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Введение

К настоящему моменту, на орбите находится несколько сотен десятков тысяч антропогенных объектов, около двух тысяч из них – активные спутники, а оставшееся количество является космическим мусором. При этом лишь 5–10% от общего числа космических объектов наблюдаемы с Земли [1]. Специалистам, которые сталкиваются с необходимостью принимать решения, предоставлять данные о ситуации на околоземных орбитах, выполнять научные исследования, зачастую не хватает инструментов, которые помогли бы выполнить надлежащим образом данную работу. Поэтому актуальным становится вопрос о системах слежения за орбитальными объектами посредством космических аппаратов.

Среди активных систем ориентации первыми появились реактивные системы. К ним относятся космические корабли «Восток», «Восход», «Союз», «Салют», «Джемини», «Аполлон», «Шатл» и др. [2] Реактивные системы обладают высоким быстродействием, что обусловлено большими управляющими моментами, создаваемыми реактивными двигателями. К достоинствам реактивных двигателей следует отнести возможность создания управляющего момента большого значения, простоту технической реализации и высокую надежность. К недостаткам – использование невозможных источников энергии, ступенчатую характеристику управляющего момента, низкую точность стабилизации и возможность фоновой засветки спецаппаратуры.

Постановка задачи

Необходимо определить оптимальную по быстродействию траекторию разворота КА с управляющими органами в виде реактивных двигателей для наблюдения за одиночными объектами на орбите.

Предполагается, что поворот линии визирования аппаратуры наблюдения осуществляется путем разворота корпуса КА. Основные допущения: объект управления КА представляет собой твердое тело. Известны момент инерции I , максимально возможный управляющий момент M_y , максимально допустимая угловая скорость разворота φ_{\max} , угол и угловая скорость линии визирования в момент начала разворота ($\varphi_0, \dot{\varphi}_0$), угол и угловая скорость орбитального объекта ($\varphi_c, \dot{\varphi}_c$).

Датчики угла и угловой скорости имеют линейные характеристики, без насыщения и запаздывания, в течение всего времени включения реактивных двигателей управляющий момент M_y остается постоянным, а его знак зависит от управляющего воздействия.

Математическая модель движения космического аппарата

Система управления угловым движением представлена уравнениями углового движения КА и уравнением регулятора.

Вращательное движение твердого КА описывается дифференциальным уравнением [3]:

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_y + M_b, \quad (1)$$

где I – момент инерции КА, M_y – управляющий момент; M_b – возмущающий момент.

Уравнение регулятора:

$$M_y = M_{y1} \Phi(\varphi, \dot{\varphi}), \quad (2)$$

где $\Phi(\varphi, \dot{\varphi})$ – управляющая логическая функция, которая может принимать дискретные значения +1, 0, -1.

Уравнения (1) и (2) составляют систему нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка. Для исследования такой системы удобно воспользоваться методом фазовой плоскости ввиду его простоты, наглядности и точности. Уравнение фазовой траектории будет иметь вид:

$$\dot{\varphi}^2 - \dot{\varphi}_0^2 = 2[w_{y1}\Phi(\varphi, \dot{\varphi}) + w_{\varepsilon}](\varphi - \varphi_0), \quad (3)$$

где $w_{y1} = \frac{M_{y1}}{I}$ – номинальное управляющее угловое ускорение, создаваемое УРД, $w_{\varepsilon} = \frac{M_{\varepsilon}}{I}$ – возмущающее угловое ускорение.

Поскольку обычно $|M_{y1}| \gg |M_{\varepsilon}|$, возмущающим ускорением во многих случаях можно пренебречь, и уравнение фазовой траектории тогда принимает вид:

$$\dot{\varphi}^2 - \dot{\varphi}_0^2 = 2w_{y1}\Phi(\varphi, \dot{\varphi}) \cdot (\varphi - \varphi_0). \quad (4)$$

Во временной области уравнение (4) может быть записано в виде:

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \varphi(t_0) + \dot{\varphi}(t_0)(t - t_0) \pm 0,5w(t - t_0)^2, \\ \dot{\varphi}(t) &= \dot{\varphi}(t_0) \pm w(t - t_0), \end{aligned} \quad (5)$$

где $w = \frac{M_{y\max}}{I}$ – управляющее угловое ускорение.

Определение параметров управляющего воздействия для оптимального разворота

Для оптимального по быстрдействию разворота КА управление должно содержать не более двух интервалов – разгон и торможение [2]. Для этого необходимо определить точку переключения режимов.

Так как фазовые траектории представляют собой параболы, симметричные относительно оси абсцисс, то в соответствии с системой (5) система уравнений, описывающая процесс перевода КА будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi_0 + \dot{\varphi}_0 t_p + 0,5w t_p^2, \\ \dot{\varphi}_1 &= \dot{\varphi}_0 + w t_p, \\ \varphi_u &= \varphi_1 + \dot{\varphi}_1 t_T - 0,5w t_T^2, \\ \varphi_u &= \varphi_1 - w t_T. \end{aligned} \quad (6)$$

где $\varphi_0, \dot{\varphi}_0$ – начальные фазовые координаты КА, $\varphi_1, \dot{\varphi}_1$ – фазовые координаты точки переключения режимов, $\varphi_u, \dot{\varphi}_u$ – фазовые координаты цели, t_p – время разгона, t_T – время торможения.

Точка переключения принадлежит как кривой разгона, так и кривой торможения, следовательно:

$$\begin{aligned} \varphi_0 + \dot{\varphi}_0 t_p + 0,5w t_p^2 &= \varphi_u + \dot{\varphi}_u t_T - 0,5w t_T^2, \\ \dot{\varphi}_0 + w t_p &= \dot{\varphi}_u - w t_T. \end{aligned} \quad (7)$$

Решением системы (7) будут значения времени разгона и времени торможения для заданных начальных условий:

$$t_T = \frac{2\dot{\varphi}_u + \sqrt{2(\dot{\varphi}_u^2 + \dot{\varphi}_0^2) - 4\frac{\varphi_0 - \varphi_u}{w}}}{2} \cdot \frac{\varphi_0 - \varphi_u}{w} \quad (8)$$

$$t_p = t_T - \frac{\dot{\varphi}_u + \dot{\varphi}_0}{w}.$$

Точка переключения режимов определяется согласно системе (6).

На рис. 1 показаны результаты моделирования полученной математической модели в пакете Matlab Simulink при различных начальных условиях.

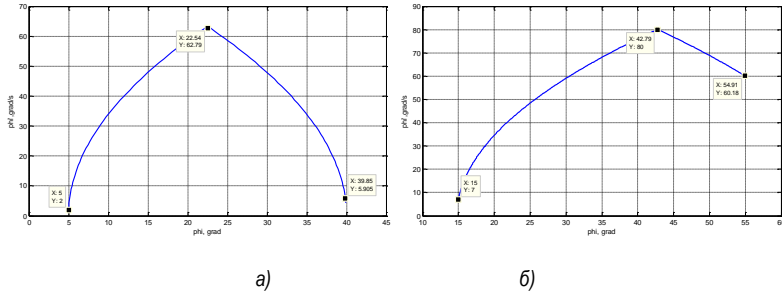


Рис. 1. Результаты моделирования: а – при $\varphi_0 = 5^\circ, \dot{\varphi}_0 = 2$ град/с; $\varphi_u = 40^\circ, \dot{\varphi}_u = 6$ град/с; б – при $\varphi_0 = 15^\circ, \dot{\varphi}_0 = 7$ град/с; $\varphi_u = 55^\circ, \dot{\varphi}_u = 60$ град/с

На рис. 2 показаны результаты моделирования полученной математической модели в пакете Matlab Simulink при наличии максимальной угловой скорости КА.

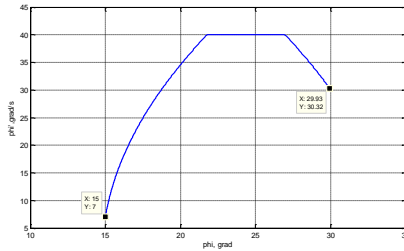


Рис. 2. Результаты моделирования при ограничении угловой скорости при $\varphi_0 = 15^\circ, \dot{\varphi}_0 = 7$ град/с; $\varphi_u = 30^\circ, \dot{\varphi}_u = 30$ град/с, $\dot{\varphi}_{\max} = 40$ град/с

Согласно рис. 1 и 2 КА достигает заданную точку фазовой плоскости с погрешностью, не превышающей шаг моделирования программы Matlab Simulink.

Заключение

Разработанная математическая модель позволяет решить задачу определения параметров управляющего воздействия, реализующего оптимальный по быстрдействию разворот КА с управляющими органами в виде реактивных двигателей. Полученное решение обеспечивает в конечной точке

равенство углов и угловых скоростей КА и линии визирования на орбитальный объект из любых начальных условий.

Реализация элементарных математических и логических операций может быть выполнена стандартными бортовыми вычислительными устройствами.

Библиографический список

1. Груздев С. С., Журкин И. Г., Орлов П. Ю., Панкин А. В. Анализ состояния и перспектив по созданию электронного каталога объектов околоземного космического пространства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 6. С. 51–59.
2. Васильев В. Н. Системы ориентации космических аппаратов. М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. 310 с.
3. Мануйлов Ю. С. Теория управления пространственным угловым маневрированием космических аппаратов с упругими элементами конструкции. СПб.: МО РФ, 2001. 497 с.
4. Власов В. А., Горбулин В. И., Зозуля Л. П. Расчет оптимального по быстродействию перенацеливания оптико-электронной аппаратуры космического аппарата дистанционного зондирования Земли // Информация и космос. 2009. № 1. С. 71–82.

УДК 629

И. А. Полищук

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

В. К. Пономарев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЯЕМОГО ГИРОСКОПА НА ШАРОВОЙ ОПОРЕ

В данной статье рассматривается динамика гироскопа с шарикоподшипниковым подвесом. Исследуется влияние эффекта радиальной коррекции и перекрестной связи на прецессионное движение и нутационные колебания гироскопа Д-7.

Ключевые слова: гироскоп, шарикоподшипниковый подвес, эффект радиальной коррекции.

Введение

Гироскопы на шарикоподшипниковой опоре разработаны как чувствительный элемент для систем гироскопической стабилизации. В России развито проектирование, изготовление и серийное производство таких гироскопов. Гироскопы с ШПП (шарикоподшипниковым подвесом) отличаются максимальной простотой из-за отсутствия рамок карданова подвеса и имеют малые массу и габариты. Предшественником их является гироскоп серии МГТУ (миниатюрный гироскоп трехстепенный управляемый), прибор такого же назначения, но с рамочным подвесом ротора. Гироскоп с ШПП модели Д-7 имеет более простое устройство и имеет меньшие габариты.

Особенности конструкции

Рассмотрим гироскоп Д-7 (рис. 1). Ротор 3 опирается на стержень 17 и состоит из непосредственно ротора 13 с двумя ферритовыми кольцами и балансировочного кольца 14. Внутри ротора расположены внутреннее и наружное кольца шарикоподшипника 21 и 22 соответственно с шариками 16. В конструкции гироскопа есть радиальный шарикоподшипник 18 для ограничения углов поворота. На магнитопроводе 15 с шагом 45 градусов расположены 8 датчиков момента 20, а на противоположной стороне ротора находятся 4 датчика угла 19. Сам прибор защищен кожухом 10 и защитным экраном 11 [1].

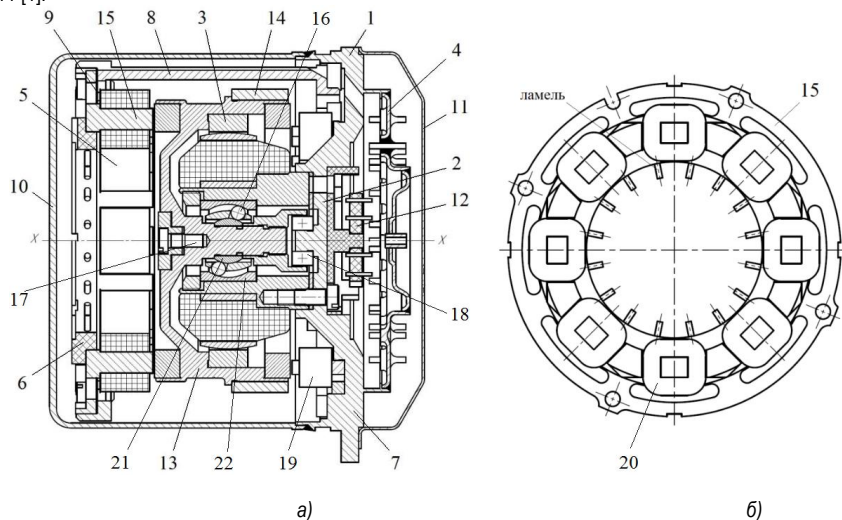


Рис. 1. Конструкция гироскопа Д-7: а – общий вид, б – расположение датчиков момента

Математическое описание

Существует несколько математических моделей, рассматривающих динамику гироскопа на шаровой опоре с разных сторон.

В литературе [2] описана динамика гироскопа с ШПП на подвижном основании без учета внутренних моментов (1):

$$\begin{aligned} \frac{dH_X}{dt} = m_X, J_3(\ddot{\beta} + \dot{\omega}_B) + H_X[(\dot{\alpha} + \omega_C) \cos \beta + \omega_D \sin \beta] - \frac{1}{2} J_3 \sin 2\beta [\omega_D^2 - (\dot{\alpha} + \omega_C)^2] - \\ - J_3 \cos 2\beta (\dot{\alpha} + \omega_C) \omega_D = m_Y, J_3 \cos \beta (\ddot{\alpha} + \dot{\omega}_C) - H_X(\dot{\beta} + \omega_B) + J_3 \sin \beta \dot{\omega}_D + 2J_3 \cos \beta \dot{\beta} \omega_D - (1) \\ - 2J_3 \cos \beta \dot{\beta} (\dot{\alpha} + \omega_C) - J_3 \sin \beta (\dot{\alpha} + \omega_C) \omega_B + J_3 \cos \beta \omega_B \omega_D = m_Z, \end{aligned}$$

где α, β – углы Эйлера-Крылова; J_3 – экваториальный момент инерции ротора; H_X – кинетический момент ротора; $\omega_B, \omega_C, \omega_D$ – проекции скоростей вращения отсчетной системы координат, на три ортогональных направления осей подвеса гироскопа, m_X, m_Y, m_Z – моменты внешних сил по осям Резаля.

В [3] система уравнений описывает динамику с учетом момента радиальной коррекции и перекрестного момента, но на неподвижном основании (2):

$$\begin{aligned} A\ddot{\alpha} + h\dot{\alpha} + m_{\Gamma}\alpha - H\dot{\beta} - m_{\rho k}\beta = M_B^\alpha + M_Y^\alpha, \\ A\ddot{\beta} + h\dot{\beta} + m_{\Gamma}\beta + H\dot{\alpha} + m_{\rho k}\alpha = M_B^\beta + M_Y^\beta, \end{aligned} \quad (2)$$

где α, β – углы Эйлера-Крылова; A – экваториальный момент инерции ротора; h – коэффициент демпфирования; m_{Γ} – удельный перекрестный момент; H – кинетический момент ротора; $m_{\rho k}$ – момент радиальной коррекции; M_B^α, M_B^β – возмущающие моменты по соответствующим координатам; M_Y^α, M_Y^β – управляющие моменты по соответствующим координатам.

Еще одна модель в статье [4] учитывает и внутренние моменты, и составлена для подвижного основания в операторной форме, но не описывает изменение угла между платформой и ротором (3):

$$\begin{aligned} (J_3 p^2 + \nu p + m_n) \psi(p) - H p(\theta(p) + a(p)) - m_{\rho\theta} \theta(p) = M_B^{\psi} + M_{упр}^{\psi}, \\ (J_3 p^2 + \nu p + m_n) \theta(p) + H p(\psi(p) + \beta(p)) + m_{\rho\psi} \psi(p) = M_B^{\theta} + M_{упр}^{\theta}, \end{aligned} \quad (3)$$

где J_3 – экваториальный момент ротора; ν – коэффициент демпфирования; m_{Γ} – удельный перекрестный момент; H – кинетический момент ротора; $m_{\rho\theta}$ – удельный радиально-восстанавливающий момент; ψ, θ – углы поворота ротора относительно измерительных осей; α, β – углы поворота корпуса (измерительных осей) гироскопа в инерциальном пространстве; M_B^{ψ}, M_B^{θ} – возмущающие моменты гироскопа; $M_{упр}^{\psi}, M_{упр}^{\theta}$ – моменты управления; p – оператор дифференцирования.

Четвертая модель дана в литературе [5] (уравнения (4)). Система представляет собой дифференциальные уравнения, описывающие динамику гироскопа на шарикоподшипниковой опоре на подвижной платформе с учетом внутренних моментов и угловой скорости ротора, однако она так же, как и предыдущая модель, не описывает изменение угла между платформой и ротором:

$$\begin{aligned} A(\ddot{\alpha} + \dot{\Omega}_Y) + h\dot{\alpha} + m_{\Gamma}\alpha - C\phi(\Omega_X + \dot{\beta} - \Omega_Z\alpha) - m_{\rho\beta}\beta = M_{\alpha\Sigma}, \\ A(\ddot{\beta} + \dot{\Omega}_X) + h\dot{\beta} + m_{\Gamma}\beta + C\phi(\Omega_Z\beta + \Omega_Y + \dot{\alpha}) + m_{\rho\alpha}\alpha = M_{\beta\Sigma}, \end{aligned} \quad (4)$$

где A – экваториальный момент инерции ротора; h – коэффициент демпфирования; m_{Γ} – удельный перекрестный момент; C – осевой момент инерции ротора; ϕ – угловая скорость ротора; $M_{\alpha\Sigma}, M_{\beta\Sigma}$ – моменты управления; $m_{\rho\beta}, m_{\rho\alpha}$ – удельный радиально-восстанавливающий момент; α, β – обобщенные координаты движения ротора.

Исследования проводятся с учетом системы уравнений (2).

Результаты моделирования

Для определения влияния момента радиальной коррекции и демпфирования на нутацию и прецессию гироскопа с ШПП рассмотрим следующие соотношения:

1. Системы без учета момента радиальной коррекции и демпфирования.
2. Подключен отдельно радиально-восстанавливающий момент.
3. Отдельно включен демпфирующий момент.
4. Система с учетом обоих воздействий.

ЛАФЧХ (логарифмическая амплитудная фазово-частотная характеристика) системы представлено на рис. 2: а – соотношение 1, б – соотношение 4. При этом для всех соотношений получим, что значение частоты нутационных колебаний не изменяется. Величина пика на графиках характеризует амплитуду нутационных колебаний. При отсутствии внутренних моментов он высокий, а при наличии – уменьшается. Однако этот пик не пропадает, и поэтому при формировании сигнала в структуру гироскопа включают режекторный фильтр для подавления этой частоты.

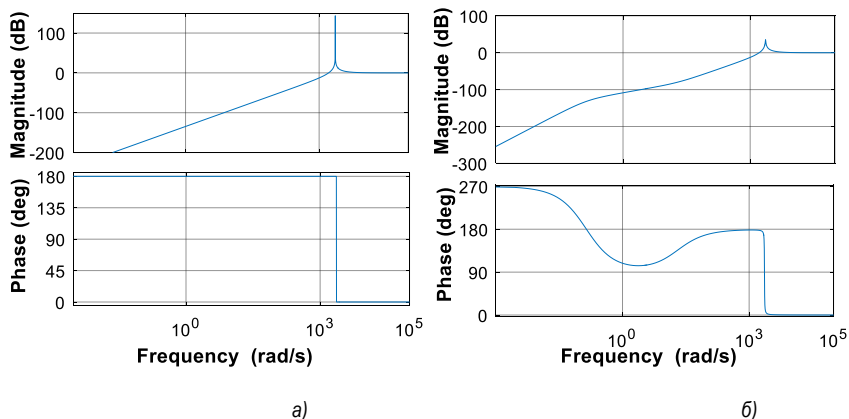


Рис. 2. ЛАФЧХ гироскопа с ШПП

Для наглядности реакции системы по углу β на единичное ступенчатое воздействие для всех соотношений сведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние внутренних на динамику гироскопа

№ п/п	Демпфирование	Момент радиальной коррекции	Нутационные колебания	Прецессия
1	-	-		

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

№ п/п	Демпфирование	Момент радиальной коррекции	Нутационные колебания	Прецессия
2	-	+		
3	+	-		
4	+	+		

Заключение

В результате можно сделать следующие выводы:

1. Момент радиальной коррекции и демпфирование не влияют на частоту, но влияют на амплитуду нутационных колебаний.
2. Прецессионное движение сильно зависит от эффекта радиальной коррекции.
3. Гироскоп Д-7 представляет собой не интегрирующее, а аperiodическое звено.

Библиографический список

1. Алалуев Р. В., Малютин Д. М., Расповов В. Я., Телухин С. В. [и др.] Результаты экспериментальных исследований датчика углов со сферическим шарикоподшипниковым подвесом // Технические науки. 2017. Вып. 9. Ч. 2. С. 43–51. Тула: Известия ТулГУ.
2. Северов Л. А. Механика гироскопических систем. М.: МАИ, 1996. 212 с.
3. Лукьянов Д. П., Расповов В. Я., Филатов Ю. В. Прикладная теория гироскопов. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», 2015. 316 с.
4. Малютин Д. М. Гироскоп увеличенной точности со сферическим шарикоподшипниковым подвесом // Технические науки. 2021. Вып. 10. С. 235–243. Тула: Известия ТулГУ.
5. Шепилов С. И., Лихошерст В. В. Комплексная математическая модель гироскопа со сферическим шарикоподшипниковым подвесом // Технические науки. 2017. Вып. 9. Ч. 2. С. 34–42. Тула: Известия ТулГУ.

УДК 528.8.042

И. В. Савельева

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

Г. И. Лашкевич

магистрант кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

А. С. Кошкароев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО ЛИДАРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Введение

Целью развития электроэнергетики РФ является, с одной стороны, максимальное содействие социально-экономическому развитию страны, а с другой, укрепление и сохранение позиций РФ как крупного поставщика электроэнергии на мировой рынок. В настоящее время реализуется широкий перечень программ по расширению линий электропередач (ЛЭП). Диагностика ЛЭП является очень важным элементом в управлении электросетевым хозяйством. Без систематизированных данных о текущем состоянии воздушных линий электросетевой комплекс уязвим.

Оценка возможности использования воздушного лидарного сканирования

Воздушные линии (ВЛ) в течение длительного периода подвергаются воздействию таких факторов как: резкие изменения температуры, влажности, наледи, вибрации, вызванной ветом и т. д. Приведенные факторы, приводят к усталостным разрушениям, которые сокращают срок службы линий и приводят к высоким потерям.

Техническое обслуживание ВЛ включает проведение осмотров (различных видов), выполнение профилактических проверок и измерений, устранение мелких неисправностей (табл. 1) [1].

Бригада обходчиков с помощью традиционной методики осматривает от 10 до 20 км в день (в зависимости от способа проверки) [1]. Такой способ считаем не эффективным так как выявляется ограниченный перечень дефектов и на результаты сильно влияет человеческий фактор. Так же задача в труднодоступных регионах задача проведения ТО усложняется погодными условиями.

Таблица 1

Перечень работ по осмотру воздушных линий электропередач 35–800кВ

Наименование работы	Сроки проведения
Периодический осмотр в дневное время без подъема на опоры	Не реже 1 раз в год
Верховой осмотр с выборочной проверкой состояния проводов, тросов в зажимах и дистанционных распорок (их участков)	Не реже 1 раза в 12 лет со сроком службы более 20 лет – не реже 1 раза в 6 лет
Выборочный осмотр отдельных ВЛ (их участков) инженерно-техническим персоналом	Не реже 1 раза в год
Осмотры инженерно-техническим персоналом ВЛ, подлежащих капитальному ремонту и прошедших капитальный ремонт	В течение года предшествующего капитальному ремонту и в период подконтрольной эксплуатации
Внеочередной осмотр	После отключений при нарушении работы, после стихийных бедствий, при возникновении условий, которые могут привести к повреждению ВЛ

Таким образом, целью электроэнергетических компаний по всему миру является создание системы, основанной на автономной и мобильной платформе, которая бы позволила осуществить быстрое автоматическое обнаружение дефектов или аномальных условий работы ЛЭП.

Обследование высоковольтных линий электропередач и электростанций с применением БПЛА или роботизированных систем – это инновационное решение, которое сегодня актуально во всем мире. В России услуги по проведению воздушного осмотра ЛЭП предоставляют такие компании как «Гео-скан» и АО «Лаборатория будущего» (рис. 1), которые выполняли несколько проектов по заказу ПАО «ФС ЕЭС» [2].

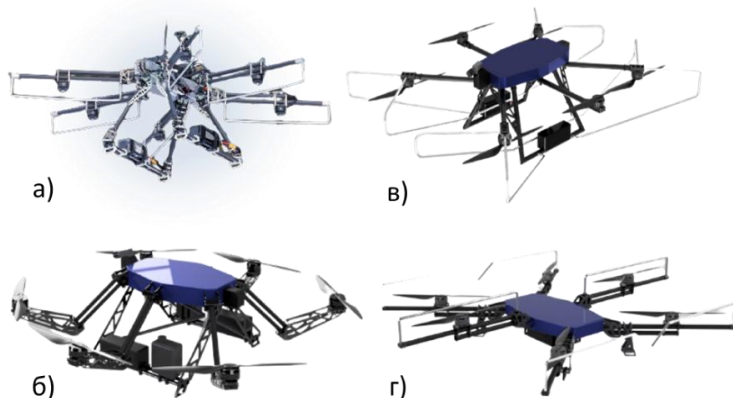


Рис. 1. Технологии АО «Лаборатория будущего»: а – платформа для диагностики «Канатход»; б – платформа для диагностики «Стрекоза»; в – платформа для технического обслуживания «Паук»; г – платформа для локального ремонта «Оса»



Рис. 2. Анализ основных причин технологических нарушений в 2019–2020 гг., в %

Обслуживание элементов сетевой инфраструктуры посредством БПЛА позволяет оперативно обнаружить повреждения и предотвратить аварийное отключение ЛЭП. Как правило, осмотр одной высоковольтной линии, расположенной в труднодоступной местности, требует несколько дней. Если ис-

пользовать дрон, время диагностики можно существенно сократить. Кроме того, этот метод превосходит все альтернативные способы с применением наземной техники и малой авиации, благодаря ряду других преимуществ:

- устранение рисков производственного травматизма и облегчение труда обслуживающего персонала;
- высокая точность результатов и большой объем данных, позволяющий принимать ряд решений: о продолжении эксплуатации ВЛ, формировании журнала дефектов, планирование ремонта или реконструкции;
- возможность обследовать труднопроходимые участки;
- значительная экономия затрат на выполнение работ.

Как показали испытания, одним из основных достоинств применения БПЛА является сокращение сроков осмотра объектов сетевого хозяйства. Так осмотр 175 км ВЛ с использованием беспилотного воздушного судна (БВС) производится за 2,5–3 часа [3].

Наиболее частой причиной технологических нарушений ВЛ (рис. 3) является падение веток и деревьев из-за ветра [4]. Проблема падающих и обрывающих провода деревьев всегда актуальна, особенно остро она обстоит во время лесных пожаров. Поэтому важно производить своевременную диагностику трасс ВЛ на предмет выявления нарушений ширины просек.

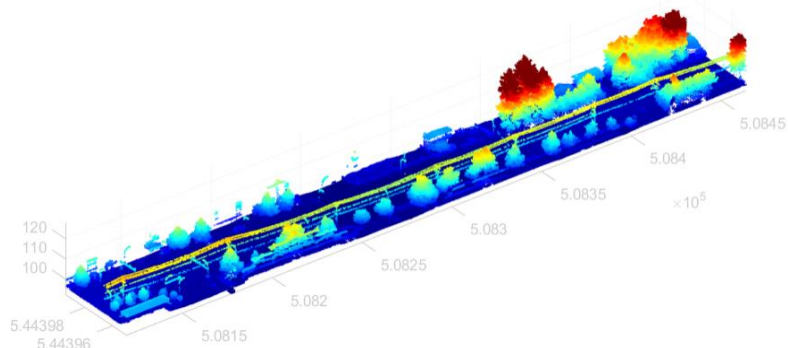


Рис. 3. Визуализированное облако точек с ярко выраженной протяженной ЛЭП в среде технического моделирования MATLAB

Видео и инфракрасные камеры не дают информации о таких характеристиках как высота провеса провода, ширина просеки под ЛЭП, высота близстоящих деревьев и т. д.

Решить поставленные задачи может применение воздушного лазерного сканирования (ВЛС) при мониторинге ЛЭП. ВЛС – это один из самых современных видов съемки, позволяющий получить информацию о местности. В последнее десятилетие развитие лидарных технологий и их удешевление позволяет устанавливать лидары на беспилотные летательные аппараты. Лидарное сканирование предоставляет богатые источники данных для всесторонних и точных проверок линий электропередачи.

Результатом ВЛС является цифровая 3D-модель объекта на основе набора (облака) точек с определенными пространственными координатами. Для их получения используется лазерный сканер, который в процессе съемки записывает для каждой точки координаты (XYZ) и численный показатель интенсивности отраженного сигнала. После проведения сканирования лидарные данные обрабатываются и выделяется линия ЛЭП.

Заключение

Таким образом, лидарное сканирование может стать перспективным направлением проведения технического мониторинга воздушных линий электропередач. Рассматриваемый вид мониторинга поз-

воляет автоматически определять основные аномалии на линиях, а также ширину просеки и высоту провеса проводов, по показателям которых будет разрабатываться документация на проведение ремонтных работ или работ по расширению просек. Особенно можно отметить сохранение результатов мониторинга в цифровом виде и создание баз данных состояния энергохозяйства в каждом регионе РФ.

Библиографический список

1. РД 34.20.504-94 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35–800 кв: Утверждено Департаментом электрических сетей РАО «ЕЭС России» 19 сентября 1994 г: введен впервые: дата введения 1 января 1996 г. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. 133 с.
2. CableWalker. 2021. URL: <https://cablewalker.com-/index.html> (дата обращения: 10.02.2022).
3. Специалисты «Липецкэнерго» продемонстрировали беспилотные технологии для решения задач энергетики. 2021. URL: https://lipetsktime.ru/news/society/spetsialisty_lipetskenergo_prodemonstrirovali_bespilotnye_tekhnologii_dlya_resheniya_zadach_energetii/ (дата обращения: 21.02.2022).
4. Годовой отчет публичного акционерного общества «Межрегиональная распределительная компания Центра и Приволжья» за 2020 год. 2022. URL: <https://mrskcp.ru/upload/iblock/af6/af609683aca9999c-8b61b14be282100.pdf> (дата обращения: 11.05.2022).

УДК 62-52

Е. О. Смирнова, Н. В. Леоненко

студенты кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

С. Ф. Скорина – доцент, кандидат технических наук – научный руководитель

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИЕЙ КРЫЛА СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА

Введение

В настоящее время в сфере гражданской авиации Российской Федерации предъявляются высокие требования к безопасности систем управления летательными аппаратами. Однако, несмотря на высокую надежность гражданских среднемагистральных воздушных судов, нередко случаются инциденты, связанные с отказами в системах управления механизацией крыла самолета. Как правило, они не приводят к катастрофическим последствиям, однако вызывают серьезные экономические и временные потери, а также оказывают дополнительную нежелательную нагрузку на экипаж ВС.

Актуальность и цель работы

Закрылки выполняют критически важную функцию на самых ответственных этапах полета – при взлете и посадке. На взлете они позволяют увеличить подъемную силу крыла при меньшей скорости, а во время посадки являются одними из ключевых элементов снижения скорости самолета.

Принцип работы закрылков заключается в том, что при их выпуске увеличивается кривизна профиля и площадь поверхности крыла, следовательно, увеличивается и несущая способность крыла. Возросшая несущая способность крыла позволяет летательным аппаратам лететь без сваливания при меньшей скорости. Таким образом, выпуск закрылков является эффективным способом снизить взлетную и посадочную скорости.

Важнейшим следствием выпуска закрылков является увеличение аэродинамического сопротивления. Если при посадке возросшее лобовое сопротивление способствует торможению самолета, то при взлете дополнительное лобовое сопротивление отнимает часть тяги двигателей [1].

Еще одно важнейшее следствие выпуска закрылков – продольная перекантовка самолета из-за возникновения дополнительного продольного момента. Это обстоятельство используется как положительный эксплуатационный фактор – увеличивается крутизна траектории при планировании перед посадкой и, следовательно, самолет становится менее требователен к качеству подходов в створе посадочной полосы.

Невыпуск закрылков на этапе посадки приведет к необходимости садиться с «гладким крылом», что повлечет за собой лишнюю нежелательную нагрузку на экипаж. В самых критических ситуациях данные неисправности могут привести к авиакатастрофе [1].

При несимметричном выпуске закрылков самолет начинает энергичное кренение в сторону невыпущенного закрылка вследствие неодинаковых подъемных сил на правом и левом полукрыльях. Как правило, эффективность поперечного управления недостаточна для парирования кренения.

Данные неисправности накладывают на летный экипаж повышенные нагрузки, что в перспективе может привести к негативным последствиям.

Описание и принцип работы модернизируемой системы

На крыле самолета SJS-100 установлены внутренний и внешний закрылки, одноцелевые, одностепенные, каждый из них отклоняется во взлетное и посадочное положение с помощью двух винтовых механизмов [2]. Расположение закрылков изображено на рис. 1.

Система управления закрылками включает в себя два контроллера электропривода. Каналы управления и контроля контроллеров имеют отдельные источники питания. Два контроллера управляя электроприводом закрылков/предкрылков (каждый контроллер управляет одним электромотором).

Контроллер электропривода получает управляющие сигналы от ручки управления закрылками/предкрылками. Этот сигнал демодулируется непосредственно в контроллере электропривода и [3]:

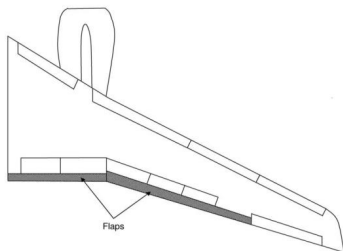


Рис. 1. Расположение закрылков на правой консоли крыла

– в нормальном режиме передается в вычислитель верхнего уровня, где сравнивается с данными, полученными от других систем (например, информация о приборной скорости для реализации режима автоматической коррекции положения закрылков). Этот адаптированный сигнал передается назад в контроллер электропривода, а затем в электропривод.

– в минимальном режиме контроллер передает сигнал непосредственно в электропривод. В результате, сигнал управляет работой электромоторов электропривода. Канал управления в контроллере управляет отклонением управляющих поверхностей.

На рис. 2 изображена схема системы управления закрылками.

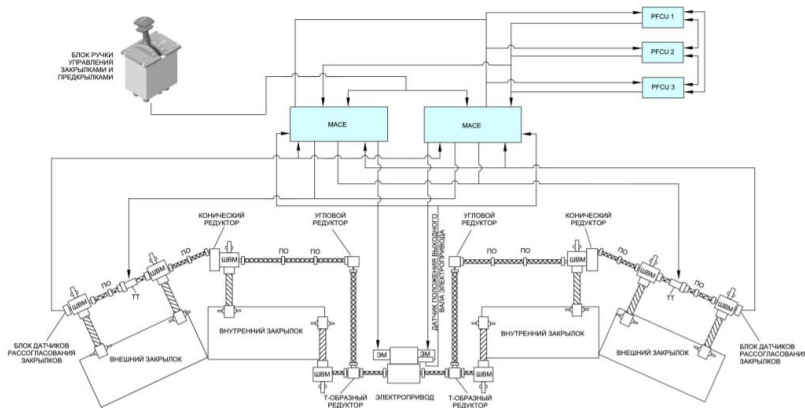


Рис. 2. Функциональная схема системы управления закрылками

В самолете SSJ-100 [2] осуществляется контроль и автоматическая коррекция положения закрылков.

В нормальном режиме осуществляется автоматическая коррекция:

- для ручки управления закрылками и предкрылками в фиксированном положении 1 предусмотрено два положения закрылков в зависимости от скорости самолета (3° для скорости более 200 км/ч, 9° для скорости меньше 200 км/ч);
- автоматическая приборка предкрылков и закрылков, если скорость самолета выходит за пределы допустимого порога конфигурации выпущенной механизации;
- автоматическое выдвигание предкрылков и закрылков, если скорость самолета уменьшается ниже предела, допустимого в данной конфигурации выпущенной механизации;

– блокировка закрылков и предкрылков на малой высоте (ниже 120 м закрылки и предкрылки остаются в положении, выбранном перед взлетом или посадкой).

Во всех режимах управления и работы система управления закрылками и система управления предкрылками обеспечивают обнаружение:

- неконтролируемого перемещения (если закрылки/предкрылки уходят от заданного положения или, если система продолжает перемещение после достижения заданного положения);
- асимметрии (если асимметрия между левой и правой стороной больше 3°);
- заклинивания (если система не перемещается или перемещается слишком медленно);
- превышения скорости работы (если система управления предкрылками или закрылками движется на 150% быстрее номинальной скорости);
- работы с половинной скоростью (если систему управления закрылками/предкрылками) перемещается со скоростью 50% от номинальной).

Обнаружение неконтролируемого перемещения, асимметрии, заклинивания и превышения скорости работы приводит к отключению системы. Обнаружение работы с половинной скоростью происходит при отказе одного из двух моторов электропривода закрылков/предкрылков. В этом случае система продолжает работать со скоростью 50% от номинальной.

Обнаружение неконтролируемого перемещения, асимметрии, заклинивания и превышения скорости работы приводит к отключению системы. Обнаружение работы с половинной скоростью происходит при отказе одного из двух моторов электропривода закрылков/предкрылков. В этом случае система продолжает работать со скоростью 50% от номинальной.

Суть предложения

В качестве встроенного контроля системы предлагается внедрить индуктивные датчики положения между внутренней и внешней секциями закрылков на двух консолях крыла.

Каждому датчику соответствует мишень из нержавеющей стали. При изменении расстояния между мишенью и датчиком меняется величина тока, пропускаемая датчиком. Величина тока соответствует сигналу о положении секций закрылков. Датчики посылают сигнал о дальности расположения секций закрылков в контроллер электропривода, если цель перемещается более чем на 15 мм от центрального положения. При возникновении возможного рассогласования закрылков, контроллер электропривода посылает сигнал на тормоз трансмиссии, происходит активация тормозов и деактивация электромоторов электропривода.

При выходе из строя датчиков рассогласования закрылков, расположенных на каждой консоли крыла, система получает информацию от датчиков, расположенных непосредственно между внутренней и внешней секциями закрылков.

Заключение

По результатам расчетов основных параметров надежности увеличилась средняя наработка на отказ системы, а также вероятность безотказной работы.

Таким образом, внедрение бесконтактных датчиков положения индукционного типа для обеспечения контроля рассогласования внутренней и внешней секций закрылков повысит надежность существующей системы управления закрылками, а также предотвратит авиационные происшествия, связанные с отказами в системе управления механизацией крыла и ошибками экипажа.

Библиографический список

1. Агентство по авиационной безопасности. URL: <https://www.easa.europa.eu/home> (дата обращения: 10.04.2022).
2. Sukhoi Superjet 100 – технические характеристики самолета. URL: <http://superjet.wikidot.com> (дата обращения: 09.04.2022).
3. Алейников А. Ф., Гридчин В. А., Цапенко М. П. Датчики. Перспективные направления развития. Изд-во НГТУ, 2001. 176 с.

УДК 681.5

Т. Е. Тимошенко

студент кафедры управления и эксплуатации аэрокосмическими системами

А. И. Панфров – кандидат технических, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА ПО КУРСУ

Введение

Для дальнейшего развития расширения объема морских и речных перевозок осуществляется программа при наиболее полном использовании достижений научно – технического прогресса в области судостроения, значительного повышения экономической эффективности транспортных судов и их оборудования, а также внедрения на судах механизации и автоматизации производственных процессов.

На сегодняшний день, системы автоматического управления движением судна (САУ) по курсу очень распространены на речном и морском флотах. В качестве основного источника навигационной информации используется гирокомпас.

Настоящая работа посвящена исследованию автоматизированного движения судна по курсу, т. е. поиску таких значений настраиваемых параметров в пропорционально – интегрально – дифференциальном законе управления, чтобы траектории движения динамической системы не выходили за пределы заданного курса. Также проведено исследование о поведении судна при настройке курса на 30° и 90° и выявлена зависимость времени перерегулирования от угла поворота.

Первый пригодный к эксплуатации на судах электромеханический рулевой привод был изобретен в Германии фирмой «Аншютц» в 1921 г. Он был разработан сразу вслед после создания морского гироскопического компаса. Конструкция прибора авторулевого привода была настолько практичной и рабочей, что он до сих пор эксплуатируется на судах без особых модернизаций [1].

Математическое описание движения судна

В работе используется математическая модель движения судна (1), которая представляет собой описание системы в пространстве состояний:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + b_1\beta, \\ \dot{x}_2 = -\frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1\tau_2}x_2 - \frac{1}{\tau_1\tau_2}x_1 - \frac{c_2}{\tau_1\tau_2}x_1|x_1| - \frac{c_3}{\tau_1\tau_2}x_1^3 + b_2\beta, \\ \dot{x}_3 = x_1 \end{cases} \quad (1)$$

В данной модели угловой скорости ω соответствует переменная состояния x_1 , а углу ψ – переменная состояния x_3 . Коэффициенты $b_{1,2}$ определяются из соотношений (2):

$$\begin{cases} b_1 = \frac{k_1\tau_3}{\tau_1\tau_2}, \\ b_2 = k_1 \frac{\tau_1\tau_2 - \tau_1\tau_3 - \tau_2\tau_3}{\tau_1^2\tau_2^2}. \end{cases} \quad (2)$$

Обеспечить выполнение требований малой колебательности и быстродействия системы возможно с помощью пропорционально-интегрально-дифференциального закона управления (ПИД – регулятора):

$$u = k_p\psi + k_d\dot{\psi} + k_u \int \psi dt, \quad (3)$$

где k_n , k_U , k_θ – коэффициенты регулятора [2].

Результаты программы моделирования

На основе данных уравнений (1)–(3) создается Simulink – модель в среде Matlab. Результатом исследуемой системы являются графики зависимости переходного процесса автоматической настройки судна на заданный курс от времени (рис. 1, 3) и графики определения амплитуды рыскания (рис. 2, 4) [3].

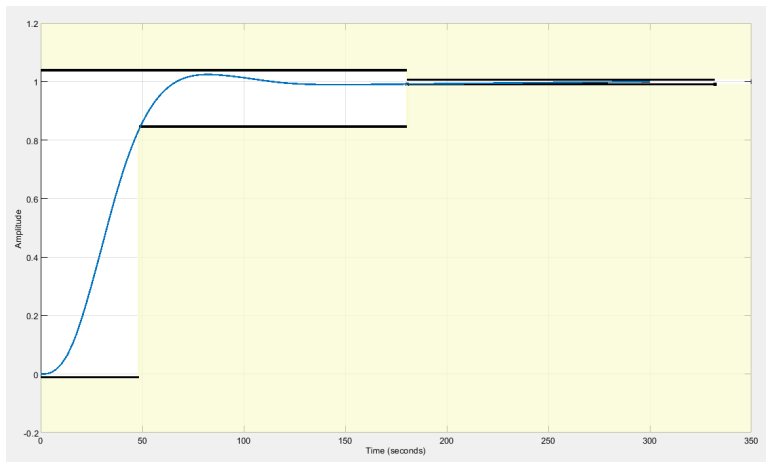


Рис. 1. Оптимизированный график переходного процесса при повороте судна на 30°

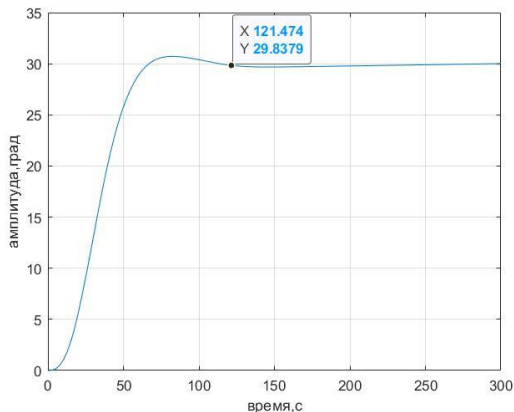


Рис. 2. Определение амплитуды рыскания при повороте судна на 30°

Данные графики говорят о том, что переходный процесс вошел в заданный коридор, т. е. судно устойчиво приняло заданный курс 30°, потратив на это около 120 секунд. Также у нас появилось пере-регулирование, равное 1,01 нормированной величины, т.е. превышение заданного значения примерно

на 1–2%. Это позволяет выводить судно на заданный курс быстрее и не влечет за собой никаких негативных последствий в открытом пространстве.

Значения полученных коэффициентов регулятора соответственно:

$$[k_p, k_d, k_i] = [-2, 1579, -0,9706, 0,0150].$$

При настройке поворота судна на 90° картина складывается следующая:

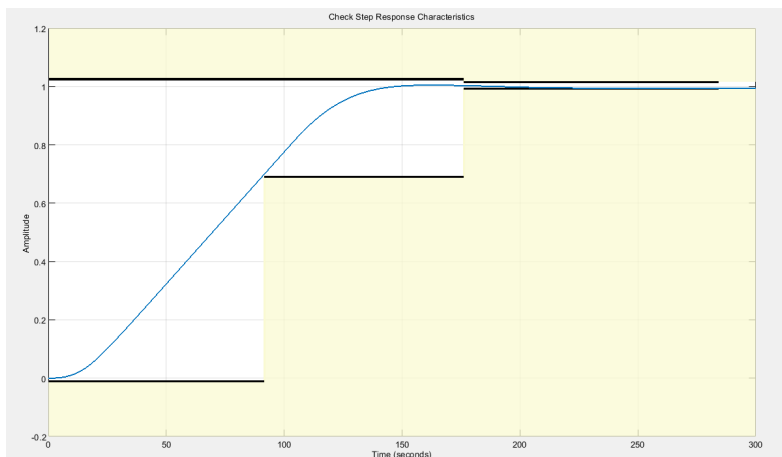


Рис. 3. Оптимизированный график переходного процесса при повороте судна на 90°

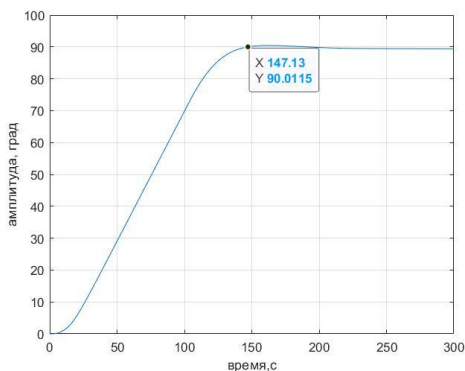


Рис. 4. Определение амплитуды рыскания при повороте судна на 90°

Данные графики говорят о том, что переходный процесс вошел в заданный коридор, т. е. судно приняло заданный курс 90°, потратив на это около уже гораздо больше времени. Полностью нивелировалась статическая ошибка. Также отсутствует перерегулирование, что как раз таки свидетельствует более длительному переходному процессу.

Значения полученных коэффициентов регулятора соответственно:

$$[k_p, k_d, k_i] = [-1,8793, -0,9611, 0,0106].$$

Заключение

Анализ всей работы говорит нам о том, что значение времени перерегулирования процесса переходной характеристики тем меньше, чем меньше угол поворота судна. Однако в этом случае происходит колебание курса относительно желаемого, нежели, чем при принятии большего значения поворота судна.

Библиографический список

1. Березин С. Я., Тетюев Б. А. Системы автоматического управления движением судна по курсу. М.: Ленинград «Судостроение», 1990. 5 с.
2. Панферов А. И., Лопарев А. В. Компьютерный анализ и синтез систем ориентации, стабилизации и навигации, 2008. 12 с.
3. Саранчин А. И., Завьялов В. В. Системы автоматического управления в навигационных приборах. Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. 76 с.

УДК 62-503.51

А. Д. Шеварок

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

А. И. Панферов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Введение

Системой стабилизации летательного аппарата (ЛА) принято называть совокупность устройств (включая сам ЛА как объект управления), расположенных на борту ЛА и предназначенных для коррекции динамических характеристик ЛА и программного изменения некоторых угловых его координат (чаще всего углов крена, тангажа и рыскания [1]).

В состав системы стабилизации входят исполнительные механизмы (рулевые приводы ЛА), датчики информации о состоянии ЛА (измерители угловых скоростей, углов и нормальных ускорений), а также различные усилительно-преобразовательные устройства, реализующие обратные связи по этим координатам.

Существуют системы стабилизации с внутренним контуром тангажа, крена и курса.

Мы будем рассматривать систему стабилизации с внутренним контуром тангажа для поддержания истинной высоты полета БПЛА.

Любой летательный аппарат должен осуществлять движение по заданной траектории. Отклонения от траектории устраняются в процессе управления самолетом системой стабилизации летательного аппарата [2]. На данный момент применение БПЛА в комплексе с геофизическим оборудованием помогает интегрировать преимущества наземных методов геологоразведки с дистанционными. БПЛА для геофизических исследований предназначен для магнитосъемки поверхности Земли, поиск полезных ископаемых, взятие проб воды, поиск сейсмических отклонений. Для таких работ БПЛА важно поддерживать истинную высоту полета [3].

Постановка задачи

Необходимо создать модель системы стабилизации с внутренним контуром тангажа для поддержания постоянной истинной высоты полета ЛА.

Предполагается, что стабилизация истинной высоты происходит с помощью изменения угла тангажа по вычисленному углу изменения траектории рельефа местности. Как объект управления БПЛА самолетного типа представляет собой жесткое тело, известны момент инерции I , максимально возможный угол тангажа момент ϑ , максимально допустимая угловая скорость изменения угла тангажа ω_{\max} , начальная высота h . Датчики угла и угловой скорости линейные, введено запаздывание сигнала изменения угловой скорости.

Разработка вычислителя угла тангажа по изменению истинной высоты

Рассмотрим пример системы стабилизации БПЛА с внутренним контуром тангажа для стабилизации истинной высоты полета.

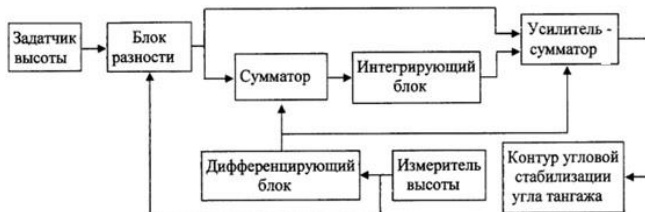


Рис. 1. Блок-схема связи истинной высоты с углом тангажа

БПЛА для экологического мониторинга в режиме обзора, в зависимости от дальности применяемой целевой аппаратуры (оптическая, телевизионная камера, механизм взятия пробы воды) и метеорологических условий, в целях обеспечения высокого качества изображения на экране оператора должен летать на различных высотах. При взятии пробы воды, БПЛА должен летать на предельно малой высоте. Его устройство стабилизации высоты должно обеспечить эти режимы полета [2].

Задатчик высоты формирует сигнал, пропорциональный $h_{зад}(t)$. Высотомер выдает сигнал, пропорциональный высоте ЛА $h(t)$. На выходе блока разности формируется сигнал, пропорциональный $\Delta h(t) = h(t) - h_{зад}(t)$. Этот сигнал поступает в контур угловой стабилизации угла тангажа. За счет разницы высот можно найти отклонение неровностей на земной поверхности, угол тангажа будет равен углу между горизонталью и касательной к земной поверхности [3].

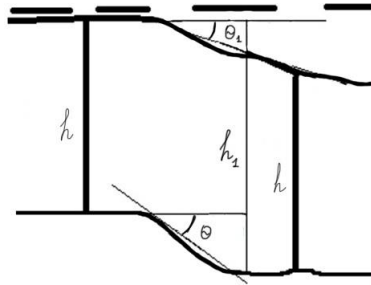


Рис. 2. Вычисление угла тангажа по изменению истинной высоты

Математическая модель системы стабилизации с внутренним контуром тангажа

После линеаризации уравнения движения примут вид:

$$\begin{aligned} \dot{\alpha} &= -C_4\alpha + \omega_z; \\ \dot{\omega}_z &= -C_2\alpha - C_1\omega_z - C_5\dot{\alpha} - C_3\delta_B; \\ \Delta\dot{H} &= C_6\vartheta - C_6\alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

где $C_6 = \frac{V}{180} \pi$, C_1 – коэффициент из уравнения сил; C_2 – коэффициент из уравнения моментов; $C_{3,4}$ – коэффициент из кинематических уравнений, $\Delta\delta_B$ – приращение угла отклонения руля высоты, управляемого стабилизатора или элевонов.

Тогда передаточная функция замкнутой системы стабилизации угла тангажа имеет вид

$$W_{\vartheta_{зад}}^{\vartheta}(S) = \frac{1}{T_2^2 S^2 + 2\xi T_2 S + 1}; \quad (2)$$

где

$$T_2 = \frac{\sqrt{a_0}}{\sqrt{T_0} \cdot K_{\vartheta} \cdot C_3 \cdot C_4}. \quad (3)$$

С учетом выражения (3) ПФ разомкнутой системы стабилизации имеет вид:

$$W_P^H(S) = \frac{K_H \cdot C_6}{S(1 + T_0 S) \cdot (T_2^2 S^2 + 2\xi T_2 S + 1)}. \quad (4)$$

Передаточный коэффициент K_H выбирают из условия, чтобы частота среза АЧХ располагалась левее граничной частоты T_0^{-1} , а именно:

$$\omega_{cp} \approx 0,8 \cdot T_0^{-1}. \quad (5)$$

Тогда с учетом (5) получим

$$K_H = 0,8 \frac{1}{T_0 C_6}. \quad (6)$$

Сформируем закон управления для ССТ с жесткой обратной связью

$$\delta_\theta = k_9(\vartheta - \vartheta_3) + k_9 s \vartheta. \quad (7)$$

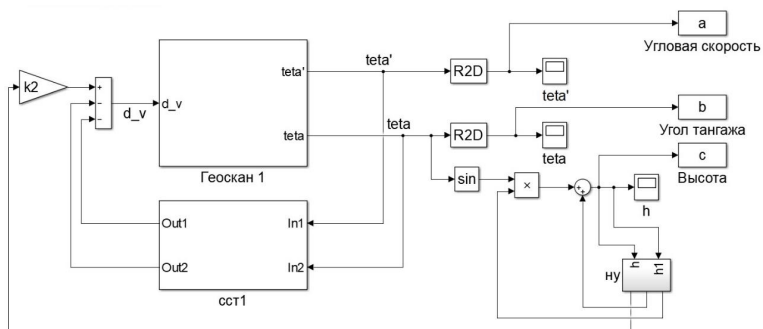


Рис. 3. Модель системы стабилизации с внутренним контуром тангажа для стабилизации истинной высоты полета

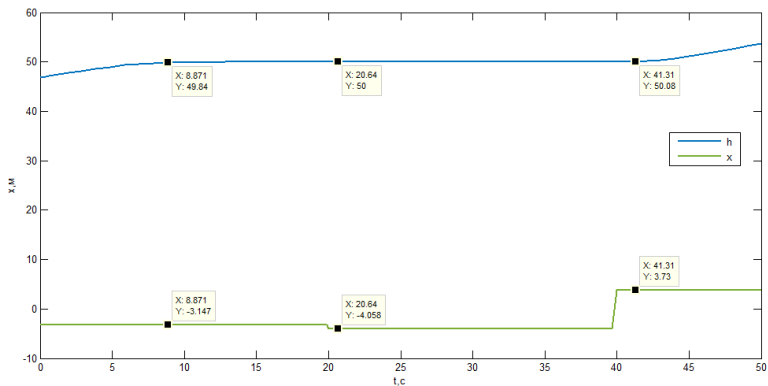


Рис. 4. Траектория полета относительно неровной земной поверхности

На рис. 3 представлена модель системы стабилизации с внутренним контуром по углу тангажа для стабилизации истинной высоты полета БПЛА. В блоке «ну» заданы начальные условия высоты полета и находятся измеритель истинной высоты и измеритель изменения угла траектории рельефа

местности, этот блок вычисляет текущий угол тангажа. Блок «Геоскан 1» содержит передаточную функцию БПЛА. Блок «ССТ1» содержит коэффициенты обратной связи для стабилизации БПЛА.

Данная система осуществляет стабилизацию истинной высоты полета относительно стохастических неровностей поверхностей Земли.

В результате моделирования получаем зависимость истинной высоты от времени и зависимость поверхности Земли от времени (рис. 4).

Заключение

Разработанная математическая модель позволяет решить задачу стабилизации истинной высоты полета БПЛА по углу тангажа, соответствующему изменению угла траектории рельефа местности.

Для работы данной системы требуется выполнение линейных математических операций, поэтому необходимые расчеты просто реализовать стандартными вычислительными устройствами, используемыми в существующих БПЛА.

Библиографический список

1. Воробьев В. В., Киселев А. М., Поляков В. В. Системы управления летательными аппаратами // ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского. 2008. С. 25–37.
2. Федосов Е. А. Динамическое проектирование систем управления автоматических маневренных летательных аппаратов. М. Машиностроение, 1997. 336 с.
3. Полетаев С. Н. Аэромагнитная съемка с БПЛА как наиболее прогрессивный метод геолого-разведки. Кировск: МАГУ, 2020. 31 с.

Аэрокосмические компьютерные и программные системы

УДК 004.021

С. О. Абабков

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Р. О. Малашин – кандидат технических наук – научный руководитель

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА

Введение

Оптический поток (optical flow) – это изображение сдвига каждого пикселя между двумя сверяемыми изображениями, представляющее собой векторное поле того же размера, что и изображения, и отображающее движение между изображениями. Оптический поток используется практически повсеместно, для стабилизации видео, сопоставления в робототехнике, в умных автомобилях и камерах наблюдения. Целью данной статьи является ознакомление с современными методами оптического потока.

Методы оптического потока

В данной работе будут рассматриваться методы оптического потока с использованием сверточных нейронных сетей (СНС). Поскольку начиная с FlowNet2.0 [1] данные методы обладают точностью, превосходящей классические и методы без использования машинного обучения. В случае FlowNet2 это было достигнуто путем объединения нескольких FlowNet-подобных сетей так, чтобы более поздние этапы обработки эффективно улучшали результат (рис. 1).

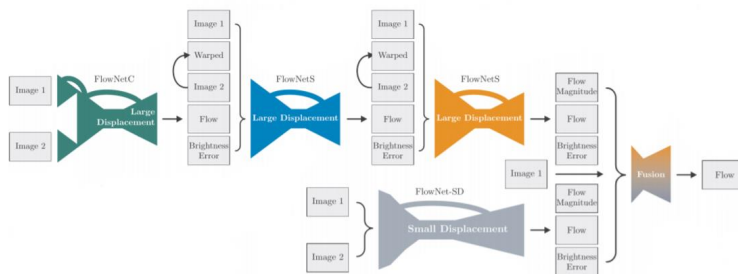


Рис. 1. Структура FlowNet2

Однако подобный метод приводит к увеличению числа параметров и усложнению процедуры обучения, поскольку требуют последовательного обучения. Для точной оценки потока FlowNet2 требуется более 160 млн параметров [2]. Существуют и другие, более эффективные, архитектуры для оценки оптического потока.

PWC-Net – продукт компании NVIDIA. Отличительной особенностью является использование многоуровневых пирамид карт признаков, полученных в результате выполнения операции свертки, что позволяет, в свою очередь, повысить устойчивость алгоритма к резкому изменению яркости или контрастности, или обоих параметров одновременно. То есть алгоритм сам «выучивает» преобразования, необходимые для коррекции изменений. Также в данном методе используется «оборачивание» в качестве слоя для оценки больших движений. Еще один слой в сети занимается построением матрицы корреляционной энергии, что позволяет оценить поток. Так как слои «оборачивания» и подсчета объема затрат не имеют обучающих параметров, это уменьшает размер модели [4].

В дальнейшем происходит постобработка оптического потока с использованием контекстной информации. Сеть на вход получает два изображения и генерирует l -уровневые пирамиды карт признаков, причем нижний уровень является входным изображением. Начиная l_n -го уровня пирамиды второго изображения, производится «оборачивание» в сторону первого изображения с помощью двойного потока дискретизации с $l+1$ уровня. Оно будет производиться до тех пор, пока не будет достигнут желаемый уровень l_0 .

Существует также LiteFlowNet – это облегченная СНС, предложенная на конференции CVPR 2018. Она состоит из пары кодер-декодер. Кодер занимается преобразованием пары изображений в две многослойные пирамиды признаков. Декодер занимается последовательной оценкой потока оптического потока: от самого грубого уровня пирамиды до более точного. На каждом слое пирамиды он выбирает объекты с одинаковым разрешением [2].

Подобная конструкция позволяет получить более вычислительно эффективную архитектуру сети, чем FlowNet2, которая использует для вывода оптического потока архитектуру U-Net [6]. LiteFlowNet превосходит PWC-Net по результатам тестирования с использованием набора KITTY.

Так же LiteFlowNet разделяет оценку потока и определение признаков. Это, помогает лучше определить, когда уменьшение размера модели начинает влиять на ее точность. Также она «оборачивает», вычисленные кодировщиком, карты объектов второго изображения. Подобный способ позволяет вместо уменьшения расстояния между объектами в пространстве RGB, уменьшить расстояние между признаками. Реализовано в модели это следующим образом: на каждом уровне пирамиды вводится каскад из двух облегченных сетей, каждая из которых в себе имеет слой feature warping (f-warp) – слой, предназначенный для смещения карт признаков второго изображения с использованием оценки оптического потока с предыдущего слоя в сторону первого изображения. Эти две облегченных «подсети» имеют название NetC и NetE (рис. 2 и 3).

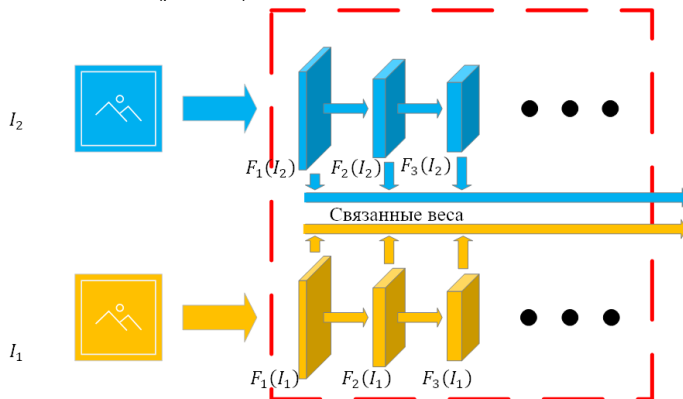


Рис. 2. Сетевая структура NetC

NetC, принимая на вход два изображения I_1 и I_2 , создает две пирамиды признаков $F_n(I_1)$ и $F_n(I_2)$, где $n \in [1, n]$, число уровней (слоев) пирамиды. На выходе сеть выводит дескрипторы (векторы) признаков.

На рис. 3, для простоты, представлена трехуровневая структура сети. Сеть NetE принимает на вход дескрипторы и выводит многомасштабные поля потока (flowfield). Каждое из них создается каскадным модулем вывода потока $M:S$, где M – блок сопоставления дескрипторов, S – блок уточнения субпикселей. Его структуру можно увидеть на рис. 4. Также на рис. 3 присутствует модуль R – модуль регуляризации. Он нужен для того, чтобы сеть не переобучалась, используя снижение весовых коэффициентов [8].

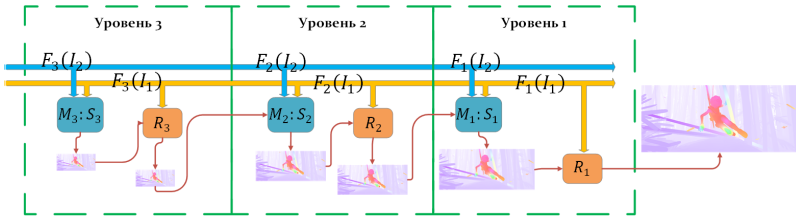


Рис. 3. Сетевая структура NetE

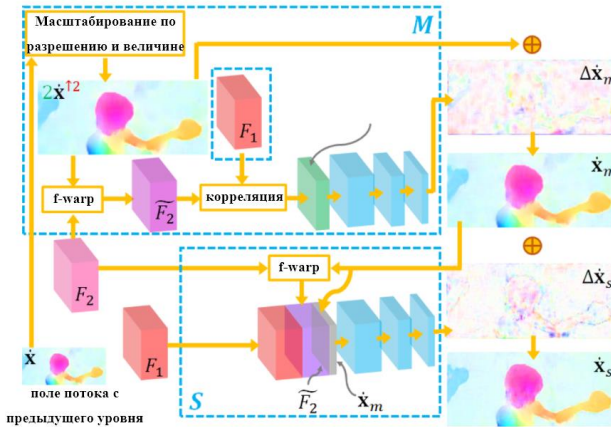


Рис. 4. Каскадный модуль вывода потока M:S

Для дальнейшего уменьшения расстояния между изображениями вычисляется остаток потока. По сравнению с использованием единой сети, подобная конструкция обладает рядом преимуществ. Благодаря постепенному повышению точности потока, возможно скорректировать оценку заранее, не передавая на следующий слой большое число ошибок. Также на каждом уровне расстояние между изображениями уменьшено «оборачиванием», а сопоставление производится только по выборочным позициям, поэтому вычислительная нагрузка на сеть существенно снижается, по сравнению с явным сопоставлением.

В 2020 г. была предложена третья версия метода LiteFlowNet3 [5]. Он построен на основе LiteFlowNet2 с добавлением некоторых модулей (CM и FD) для того, чтобы повысить точность потока (рис. 5).

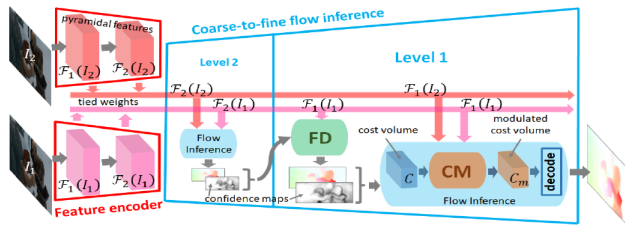


Рис. 5. Сетевая структура LiteFlowNet3

На рис. 5, для простоты, представлены только два уровня структуры кодера-декодера. Вышеуказанные модули можно применить и к другим уровням.

СМ расшифровывается как модуляция объема затрат. Данный модуль был добавлен, чтобы решить проблему плохого сопоставления изображений при наличии частичной окклюзии и однородных областей (рис. 6).

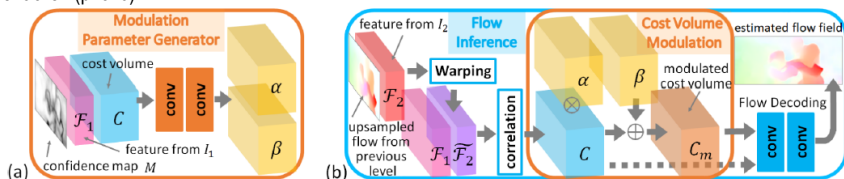


Рис. 6. Модуляция объема затрат

Чтобы решить проблему неоднозначности, модуль отфильтровывает «выбросы» – уровни активности, не соответствующие другим наблюдениям, в матрице корреляционной энергии, с помощью адаптивной модуляции. Также на рис. 7 видно, что добавляется карта достоверности (confidence map) M , она облегчает генерацию параметров модуляции.

FD означает «деформация поля потока». Этот модуль позволяет уточнить данные поля потока, заменив ошибочные оптические потоки правильными из ближайшего местоположения. Это достигается путем мета-деформации поля потока в соответствии с полем смещения (рис. 7).

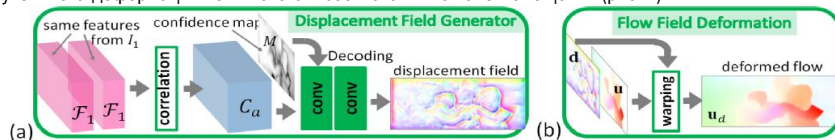


Рис. 7. Деформация поля потока

Мета-деформация в данном модуле ограничена двумя каналами. Поле смещения, на рис. 7, а строится в соответствии с автокорреляцией объема затрат C_a и карты достоверности M . На рис. 7, б представлена деформация поля потока.

Библиографический список

1. E. Ilg and N. Mayer and T. Saikia and M. Keuper and A. Dosovitskiy and T. Brox. FlowNet 2.0: Evolution of Optical Flow Estimation with Deep Networks // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017. URL: <https://lmb.informatik.uni-freiburg.de/Publications/2017/IMKDB17/> (дата обращения: 20.04.2022).
2. Tak-Wai Hui; Xiaoou Tang; Chen Change Loy. A Lightweight Optical Flow CNN –Revisiting Data Fidelity and Regularization // IEEE. 15.03.2019. DOI: 10.1109/TPAMI.2020.2976928.
3. GitHub. URL: <https://github.com/anuragranj/spynet> (дата обращения: 20.04.2022).
4. GitHub. URL: <https://github.com/NVlabs/PWC-Net> (дата обращения: 20.04.2022).
5. GitHub. URL: <https://github.com/twhui/LiteFlowNet3> (дата обращения: 23.05.2021).
6. Tak-Wai Hui, Xiaoou Tang, Chen Change Loy. LiteFlowNet: A Lightweight Convolutional Neural Network for Optical Flow Estimation // CUHK-SenseTime Joint Lab, The Chinese University of Hong Kong.
7. Andreas Geiger (MPI Tübingen), Philip Lenz (KIT), Christoph Stiller (KIT), Raquel Urtasun (University of Toronto). The KITTI Vision Benchmark Suite// Karlsruhe Institute of Technology. URL: <http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/> (дата обращения: 20.04.2022).
8. Analytics Vidhya. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/04/fundamentals-deep-learning-regularization-techniques/> (дата обращения: 20.04.2022).

УДК 004.7

В. А. Акимова

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Е. А. Суворова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

Рассмотрим алгоритмы маршрутизации, как классические, так и новые, которые требуют специфической топологии системы.

Изначально использовалась общая шина, которая объединяла несколько компонентов, такие как процессор, память и прочее, но это притормаживало время передачи информации. Таким образом возникла новая система маршрутизации пакетов информации между несколькими узлами.

Рассмотрим одни из популярных и удобных топологий, такие как сетка и тор. В топологии «сетка» маршрутизаторы соединены по углам «квадратов», где при помощи детерминированного алгоритма, который идет по заранее установленным маршрутам, находит нужную для поиска ячейку. Такой алгоритм не является гибким, так как путь заранее вычислен, но более удобен при равномерном трафике, обеспечивая более высокую пропускную способность. Если говорить о второй по популярности топологии – тор (узлы расположены также, как и в «сетке», но крайние маршрутизаторы соединены между собой), то в основном используется адаптивный метод, благодаря которому мы находим узел назначения путем постоянной подстройки под входные данные [1]. Детерминированные алгоритмы недоиспользуют каналы передачи, тогда как адаптивные алгоритмы распределяют более равномерный трафик в сети за счет наличия нескольких маршрутов прохождения пакетов. Однако схема маршрутизатора, реализующая алгоритм адаптивной маршрутизации, более сложна и также требует передачи дополнительных служебных данных, что приводит к потреблению дополнительных ресурсов.

Топологии сложного типа редко используют, так как они сложнее в плане построения алгоритма. Оптимальными являются топологии с числом узлов, являющимся степенями натуральных чисел. При разном количестве узлов разработчики вынуждены обращаться к прямоугольным топологиям, которые не являются оптимальными, или использовать дополнительные маршрутизаторы.

Говоря о методах маршрутизации на нестандартных топологиях, таких как «звезда», то можем использовать метод маршрутизации, который будет удобней для этой топологии. Работает она таким образом: берем первый маршрутизатор и от него выбираем направление перехода пакетов (по либо против часовой стрелки), если разница между узлами-источниками и узлами-приемниками меньше половины числа узлов, то выбирается движение по часовой стрелке, если больше – против часовой. Когда выбрано направление движения, выбор маршрутизатора по направлению информации происходит относительно дальности до получателя информации за счет значения флипа адреса [2]. Вычитая эти значения, мы понимаем, как далеко до нужного значения. Нулевое значение адресного поля головного флипа является окончанием пакетной передачи.

Заключение

Таким образом, в этой статье мы охватили стандартные алгоритмы для классических и более дешевых топологий, так и частные случаи, способные удовлетворить запросы потребителя для конкретных задач.

Библиографический список

1. Пролетарский А. В. Компьютерные системы и сети. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 390 с.
2. Смирнова Е. В., Пролетарский А. В., Баскаков И. В., Федотов Р. А. Управление коммутируемой средой. М.: РУСАКИ, 2011. 335 с.

УДК 004.627

С. А. Баталев

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Е. П. Овсянников – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОНОМНОГО НАКОПИТЕЛЯ

Тема исследования связана с разработкой алгоритма сжатия видеоданных для автономного накопителя. В ходе моей работы должно быть разработано устройство очень похожее на видеорегистратор. Оно будет прикрепляться на рабочую форму должностного лица, медика или пожарного, записывать на флеш-карту весь рабочий день. С помощью этого видео можно будет анализировать работу человека, а также правильность действий в той или иной ситуации. Главной особенностью данного устройства должна выступать автономность работы и хорошее сжатие данных, сравнимое с JPEG. Устройство должно работать целый рабочий день без замены аккумуляторов и подзарядки, допускается выключение устройства в перерывах или на обед.

Кодирование видеоданных очень похоже на процесс кодирования картинок, потому что видео – это некоторый поток изображений, которые меняются друг за другом с определенной частотой. На данный момент существуют два вида сжатия таких данных [1]:

- Покадровое сжатие.
- Межкадровое сжатие.

Покадровое сжатие – это очень простой тип сжатия, каждый кадр видео сжимается независимо друг от друга. В межкадровом сначала происходит анализ всего кадра целиком, выявляются различия между предыдущим кадром и кодируется только покадровая разница. Такой метод кодирования позволяет значительно сэкономить объем видеофайла. Но, с другой стороны, для него нужна большая мощность процессора и больший объем оперативной памяти устройства, для того чтобы хранить несколько предыдущих кадров для анализа.

В автономном накопителе, главным ограничением являются ресурсы – размер оперативной памяти (RAM) и емкость аккумулятора. Данное устройство будет работать на базе программируемой пользователем вентильной матрицы (FPGA) Xilinx Kintex, поэтому нужно провести анализ алгоритмов и способов сжатия и выбрать лучший из них, учитывая специфику данной программируемой логической интегральной схемы. Количество памяти необходимое для хранения одного HD кадра в памяти устройства приведено в табл. 1. Видеокодеры работают с сигналами в формате YUV4:2:0, поэтому цвет каждого пикселя можно представить с помощью 12 бит, поле Y является полным и занимает один 8 бит, поля U и V прореженные вдвое, поэтому занимают по 2 бита [2].

Таблица 1

Характеристики HD кадра

Формат видео	Размер кадра (пикселей)	Размер кадра (Мбайт)
HD	1920x1080	3,11

Для хранения одного HD кадра в оперативную память надо загрузить 3,11 Мб данных. Если выбрать способ межкадрового сжатия, то можно получить очень хороший выигрыш в занимаемом объеме видео на флеш-накопителе. Но для того, чтобы использовать межкадровое сжатие, нужно одновременно держать в оперативной памяти устройства несколько кадров, производить расчет разности кадров. Для хранения предыдущего кадра, текущего и накопленного, устройству потребуется 9,33 Мб памяти. Xilinx Kintex не обладает таким объемом встроенной оперативной памяти, поэтому придется использовать дополнительные внешние блоки памяти. Данное решение приведет к увеличению размеров устройства, энергопотребления и конечной стоимости.

Существуют два основных метода использующих межкадровую разность:

1. Поблочное сравнение, при котором изображение разбивается на отдельные блоки аналогично алгоритму JPEG. Сравнение между кадрами производится на уровне блоков в соответствии с вы-

бранным критерием. Первый кадр сжимается независимо от остальных аналогично алгоритму JPEG. Последующие кадры сжимаются только в объеме изменившихся блоков. Блоки, считающиеся неизменными, заимствуются из предыдущего кадра [3].

2. Метод, использующий компенсацию движения. В этом случае выявляются не только изменившиеся блоки, но и анализируется направление перемещения фрагментов изображения. При этом удается определить вектор движения отдельных блоков и достичь дополнительного эффекта сжатия видеопоследовательности за счет исключения информации о самих движущихся блоках, заменив ее на вектора движения этих блоков [3].

При использовании метода межкадрового сжатия без компенсации движения необходимо держать в памяти три кадра – прошлый (опорный) кадр, текущий и накапливающийся.

Для метода с использованием компенсации движения, необходимо вычислять суммы абсолютных разностей двух блоков в определенной окрестности. Если использовать размер блока 16×16 пикселей и выбрать размер области $\pm 32 \times \pm 32$, то необходимо будет сделать 4096 вычислений разности для каждого обрабатываемого блока. В HD кадре вмещается 8100 блоков 16×16 , то для анализа кадра потребуется 33 177 600 вычислений абсолютных разниц между блоками, что энергозатратно, количество операций будет расти в квадратичной зависимости при увеличении размера окрестности поиска [4].

В общем случае полный перебор всех возможных вариантов при поиске наилучшего вектора движения требует много времени, поэтому имеет смысл заняться поиском подоптимальных алгоритмов, которые осуществляют поиск не для всех вариантов, а для наиболее вероятных. Естественно, что такие методы не всегда находят самый похожий блок, но они существенно сокращают время поиска, а это часто важнее.

На сегодняшний день известно множество алгоритмов подоптимального поиска векторов движения. Рассмотрим наиболее известные среди них:

Последовательный поиск – макроблок, центрированный в каждой из позиций в окне, сравнивается с макроблоком в целомом кадре пиксель за пикселем с учетом MAD, затем выводится с использованием формулы из предыдущего слайда.

$$(2p+1) \cdot (2p+1) \cdot N^2 \cdot 3 = O(p^2 N^2). \quad (1)$$

Двухмерный логарифмический поиск. Допустим имеется квадратная область $(2d+1)(2d+1)$. В этой области берется пять точек с шагом с координатами (a,b) $(a-s,b)$ $(a+s,b)$ $(a,b-s)$ $(a,b+s)$, т. е. в форме знака +. Затем выбирается наилучший блок из этих 5 и если лучший в точке (a,b) , то s делится на 2 и поиск продолжается. В противном случае алгоритм перемещается в новую точку с тем же шагом. На последнем шаге работы этого алгоритма $S = 1$ и тогда берутся все 9 точек и для них находится лучший блок.

Методы иерархического поиска. Иерархические методы основаны на преимуществе, которое обеспечивается тем, что близость блоков чувствительна к размеру блока. Иерархический поиск начинает с блоков больших размеров и использует их векторы перемещения как исходную точку поисков для блоков меньших размеров. Большие блоки с меньшей вероятностью могут привести к ошибочному локальному минимуму, одновременно с этим, малые блоки обычно производят лучшие векторы перемещения. Метод иерархического поиска имеет высокую вычислительную сложность, и ускорить его можно, сократив число выполняемых операций. Это делается несколькими способами. Вот некоторые из них:

1. На первом шаге, когда размер блока еще велик, выбрать приблизительно подходящие блоки. Соответствующие им векторы перемещения не будут наилучшими, но они будут использоваться лишь как отправные точки для дальнейших лучших векторов.

2. При исследовании больших блоков пропустить некоторые пиксели. Например, алгоритм может использовать только четверть пикселей больших блоков, половину пикселей меньших блоков и так далее.

3. Выбрать размеры блоков так, что блоки, используемые на шаге, делятся на несколько (обычно четыре или девять) меньших блоков, используемых на следующем шаге. На этом пути каждый

вектор перемещения, вычисленный на шаге, будет служить приближенной оценкой для нескольких векторов перемещений меньших блоков шага.

4. Сравнительная таблица количества операций от выбранного метода компенсации движения.

Таблица 2

Сравнительная таблица видов поиска

Методы поиска	$P = 15$	$P = 7$
Последовательный поиск	$28,89 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^9$
Двухмерный логарифмический поиск	$1,25 \cdot 10^9$	$0,78 \cdot 10^9$
Трехмерный иерархический поиск	$0,51 \cdot 10^9$	$0,40 \cdot 10^9$

Использование межкадрового сжатия усложняет схемотехнику устройства, увеличивает его размеры и уменьшает время автономной работы от аккумулятора, потому что требует больших вычислений. Логичным шагом является отказ от межкадрового сжатия и использование только покадрового. Увеличение объема записываемого файла, можно компенсировать размером флеш-накопителя, потому что их стоимость не высока.

Квантование

Человек практически не способен замечать изменения в высокочастотных составляющих, поэтому коэффициенты, отвечающие за высокие частоты, можно хранить с меньшей точностью. Для этого используется покомпонентное умножение (и округление) матриц, полученных в результате ДКП, на матрицу квантования. На данном этапе тоже можно регулировать степень сжатия (чем ближе к нулю компоненты матрицы квантования, тем меньше будет диапазон итоговой матрицы).

Зигзаг обход матрицы – это специальное направление обхода (рис. 1).



Рис. 1. Обход матрицы по зигзагу

Для покадрового сжатия был выбран кодек MJPEG, он позволяет сжимать каждый кадр видеопотока с помощью алгоритма сжатия JPEG. Его основными плюсами является простота реализации, что позволяет его использовать в устройствах с ограниченными ресурсами. Еще одним плюсом являются качественные стоп-кадры, легко можно разглядеть лицо человека или номер проезжающей машины. Из недостатков можно отметить довольно низкий коэффициент сжатия по сравнению с другими потоковыми методами сжатия, такими как MPEG-4. Для того чтобы получить лучшее сжатие, можно заменить преобразование 8×8 на 16×16 . Благодаря этому будет лучшая локализация энергии в спектрах. Также можно заменить фиксированный код на адаптивный контекстный код Хаффмана, который позволяет иметь память на полосу видео 16×1980 пикселей. С такой схемой не потребуются установка дополнительных блоков оперативной памяти, что поможет сделать устройство более энергоэффективным.

Кодирование Хаффмана/Run-Level

В MPEG кодирование Хаффмана в сочетании с Run-Level и зигзагообразным сканированием применяется к квантованным коэффициентам DCT. "Run-Level" помогает сжато представить последовательности нулей (вместо последовательности нулей передается число, определяющее их количество).

Код Хаффмана – жадный алгоритм оптимального префиксного кодирования алфавита с минимальной избыточностью. Средняя длина кодового слова больше либо равна энтропии источника.

На рис. 2 показан типичный блок 8×8 квантованных коэффициентов DCT. Большинство коэффициентов более высокого порядка были квантованы до 0.

12	34	0	54	0	0	0	0
87	0	0	12	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Внешний вид макроблока

После зигзаг преобразования коэффициентов получим следующий вектор:
34|87|16|0054|00000012|003|000...

При изучении больших объемов видеоданных, закодированных таким образом, были обнаружены общие последовательности на уровне выполнения. Эти общие последовательности кодируются относительно короткими кодовыми словами и постоянно хранятся в таблице в декодере. Это сильно упрощает процесс кодирования. Специальное кодовое слово конца блока указывает, что все последующие квантованные коэффициенты DCT в блоке 8×8 равны 0.

Менее распространенные последовательности, которые не закодированы таким образом (поскольку их нет в таблице Хаффмана), обозначаются escape-последовательностью.

Заключение

Используя рассмотренные приемы и способы кодирования, правильно настроив их, можно получить энергоэффективное сжатие потока видеоданных с последующей записью во флеш-память, при этом сохранить автономность устройства. На данный момент проект разрабатывается на языке программирования Си для того, чтобы понять какие алгоритмы и способы сжатия рационально использовать, оценить их уровень сжатия и энергоэффективность. В дальнейшем планируется перенос проекта на язык программирования аппаратуры Verilog с использованием программируемой логической матрицей Xilinx Kintex.

Библиографический список

1. Charles Poynton, Digital Video and HDTV, Algorithms and interfaces, Morgan Kaufmann Publishers, 2003. 736 с.
2. Mohammed Ghanbari. Video Coding: An Introduction of Standard Codecs, Inst of Engineering & Technology, 1999. 264 с.
3. Wangeta Y. Video Processing and communications. URL: https://www.researchgate.net/publication/242477641_Video_processing_and_communications (дата обращения: 10.02.2021).
4. Djordje Mitrovic. Video Compression. URL: https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/AV0506/s0561282.pdf (дата обращения: 10.02.2021).

УДК 004.62

А. А. Джалилов

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Е. Н. Яблоков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ ДЛЯ ПОСТОЯННОГО БРАУЗЕРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Постоянное браузерное соединение – это соединение между браузером и сервером с возможностью обмена данными в любой момент времени без создания новых соединений. Эта концепция предполагает использование одного и того же соединения для отправки и получения большого количества запросов и ответов.

В качестве транспортного протокола, обеспечивающего связь между клиентом и сервером, HTTP по большей части использует TCP. Это краткосрочные (short-lived) соединения: при каждой отправке запроса открывается новое соединение, которое закрывается после того, как ответ получен [1]. Такой модели присущи проблемы в отношении производительности: ресурсы приходится затрачивать на открытие каждого TCP соединения. Клиенту и серверу необходимо производить обмен данными многократно, а также не стоит забывать о запаздывании и пропускной способности сети. Современным веб-ресурсам требуется выполнять большое количество запросов к серверу для передачи необходимых данных, что делает данную концепцию неэффективной.

В HTTP/1.1 были созданы две новые модели. Модель постоянного соединения оставляет соединение открытым между последовательными запросами, экономя время, требуемое для открытия новых соединений. Модель конвейерной обработки HTTP делает следующий шаг – она позволяет отсылать несколько запросов подряд, не дожидаясь ответа, что существенно сокращает время ожидания в сети, рис. 1 [1].

Соединения протокола HTTP/1.0 по умолчанию не являются постоянными, в отличие от HTTP/1.1. Для превращения их в постоянные надо присвоить заголовку Connection значение, отличное от close – обычно retry-after. В протоколе HTTP/1.1 данный заголовок уже не требуется, но его часто добавляют в целях безопасности на случай работы на HTTP/1.0.

Протокол WebSocket, описанный в спецификации RFC 6455 [3], обеспечивает возможность обмена данными между браузером и сервером через постоянное соединение [2]. Данные передаются по нему в обоих направлениях в виде «пакетов или фреймов», без разрыва соединения и дополнительных HTTP-запросов.

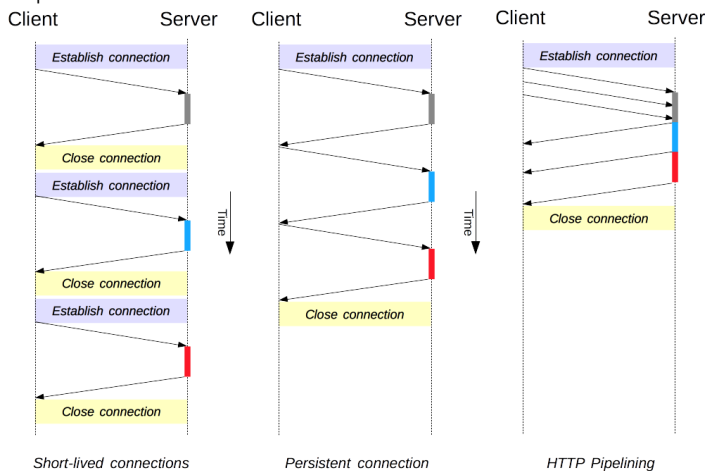


Рис. 1. Новые модели соединения в HTTP/1.1

Прежде чем начать обмен данными, браузер спрашивает сервер, поддерживает ли он общение через WebSocket и если сервер отвечает «да», то браузер отправляет специальный заголовок о переходе на WebSocket (рис. 2).

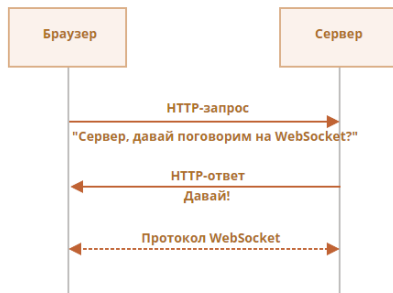


Рис. 2. Пример начала соединения через WebSocket протокол

Поток данных в WebSocket состоит из «фреймов», фрагментов данных, которые могут быть отправлены любой стороной, и которые могут быть следующих видов:

- «текстовые фреймы» – содержат текстовые данные, которые могут быть отправлены любой стороной;
- «бинарные фреймы» – содержат бинарные данные, которые могут быть отправлены любой стороной;
- «пинг-понг фреймы» используется для проверки соединения; отправляется с сервера, браузер реагирует на них автоматически;
- «фрейм закрытия соединения» и некоторые другие служебные фреймы.

В браузере мы напрямую работаем только с текстовыми и бинарными фреймами.

Спецификация Server-Sent Events [4] описывает технологию EventSource [5], который позволяет поддерживать соединение с сервером и получать от него данные в любой момент.

В сравнении с WebSocket, технология EventSource однонаправленна, данные посылает только сервер, передавая данные браузеру. EventSource поддерживает передачу только текста и работает на протоколе HTTP.

Заключение

Для начала общения через EventSource, требуется установить соединение с сервером и получить ответ со специальным заголовком Content-Type: text/event-stream, после чего сервер сохраняет соединение открытым и передает по нему данные.

EventSource значительно проще в сравнении с WebSocket, что делает его хорошей альтернативой в веб-ресурсах и приложениях, где не требуется двунаправленное общение с сервером.

Библиографический список

1. Connection management in HTTP/1.x. URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTTP/Connection_management_in_HTTP_1.x (дата обращения: 10.04.2022).
2. RFC 6455 – The WebSocket Protocol URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6455> (дата обращения: 18.04.2022).
3. WebSocket. URL: <https://learn.javascript.ru/websocket> (дата обращения: 16.04.2022).
4. Server Sent Events. URL: <https://learn.javascript.ru/server-sent-events> (дата обращения: 18.04.2022).
5. HTML Living Standard. URL: <https://html.spec.whatwg.org/multipage/server-sent-events.html#the-eventsource-interface> (дата обращения: 18.04.2022).

УДК 004.9

Е. В. Егоров, Д. В. Иванов

студенты кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

В. Н. Иванов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ТЕСТИРОВАНИЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО РАДИО

Введение

В работе рассматриваются реконфигурируемые радиоустройства, т. е. устройства, в которых возможно изменение существенных характеристик радиоприема и радиопередачи с помощью прикладного программного обеспечения либо аппаратной реконфигурации. Значительные усилия в последние годы были потрачены на стандартизацию подхода к реконфигурации радиоустройств, что нашло отражение в разработке в ряде стандартов, выпущенных рабочей группой RRS (Reconfigurable Radio Systems) ETSI (European Telecommunication Standardization Institute):

– reconfigurable Radio Systems (RRS); Radio Reconfiguration related architecture for Mobile Devices (MD) [1];

– reconfigurable Radio Systems (RRS); Radio Equipment (RE) reconfiguration architecture [2];

– reconfigurable Radio Systems (RRS); Mobile Device (MD) information models and protocols; Part 1: Multiradio Interface (MURI) [3];

– reconfigurable Radio Systems (RRS); Mobile Device (MD) information models and protocols; Part 2: Reconfigurable Radio Frequency Interface (RRFI) [4];

– reconfigurable Radio Systems (RRS); Mobile Device (MD) information models and protocols; Part 3: Unified Radio Application Interface (URA) [5].

Указанные стандарты определяют различные интерфейсы радиоустройств и стандартизируют методы реконфигурации, однако, в значительной степени их ценность снижается в связи с отсутствием общепринятого подхода к тестированию реализаций стандартных решений. В настоящей работе мы стараемся закрыть указанный пробел и определяем основной подход и методы тестирования таких устройств. Наш вклад состоит в описании и реализации методов тестирования интерфейса MURI (Multiradio Interface), посредством которого осуществляется доступ, реконфигурация и управление радиоустройством. Указанный интерфейс является основным кандидатом для включения в гармонизированный вариант стандарта для реконфигурируемого радио. Именно это обстоятельство определяет актуальность настоящей работы.

Описание архитектуры RRS

Реконфигурируемая радиосистема представляет собой реализацию такой концепции, при которой существует возможность изменять программным способом основные характеристики радиоаппаратуры. Особенности архитектуры RRS:

– возможность загружать ПО (программное обеспечение) сторонних производителей;

– гибкость разработки – модульность программ позволяет представить их в виде совокупности блоков, которые в любой момент можно успешно заменять на более подходящие;

– переносимость ПО на виртуальных машинах;

– возможность эффективной реализации программ на аппаратных архитектурах различного типа.

На рис. 1 представлено схематичное изображение архитектуры RRS [6].

MURI-интерфейс предоставляет доступ к радиокomпьютеру, где Radio Platform – аппаратная часть, а RCF (Radio Control Framework) – программная часть. URA (Unified Radio Application) представляет собой непосредственно радиоприложения, исполняемые на радиокomпьютере. Уровень CSL (Communication Services Layer) осуществляет доступ к радиокomпьютеру и предоставляет функциональность для инсталляции/деинсталляции, выбора и конфигурации программных компонентов, а также управления потоками данных [6]. Интерфейс URAI (Unified Radio Applications Interface) предоставляет доступ к радиоприложениям со стороны уровня RCF.

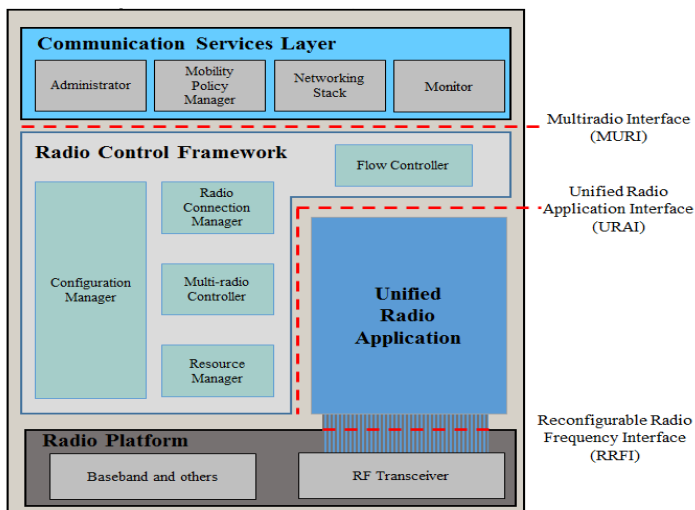


Рис. 1. Архитектура реконфигурируемой радиосистемы

Интерфейс MURI позволяет получить доступ непосредственно к радиокomпьютеру. Данный интерфейс координирует между собой уровни CSL и RCF. Виды сервисов, содержащихся в MURI [3]:

- administrative Services (инсталляция/деинсталляция приложений, выделение и освобождение ресурсов и пр.);
- access Control Services (управление пользовательским доступом);
- data Flow Services (управление потоками данных).

Тестирование RRS

Как и любой другой программный компонент, реконфигурируемую радиосистему необходимо правильно протестировать, чтобы убедиться в корректности ее функционирования.

На рис. 2 схематично представлена тестируемая система.

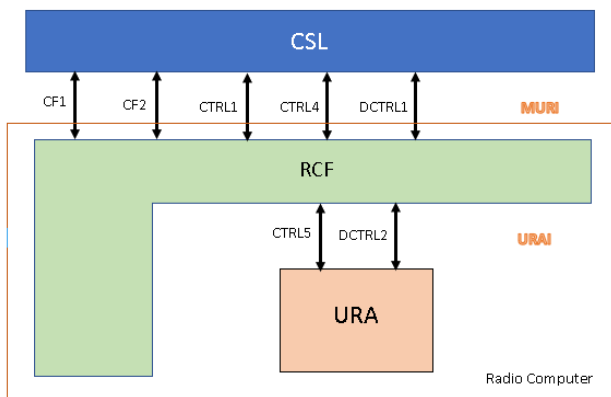


Рис. 2. Общая схема тестирования

Контрольные точки для интерфейса MURI, функциональность которых необходимо протестировать:

- CF1 – установка/деинсталляция радиоприложений, выделение и освобождение ресурсов для их исполнения;
 - CF2 – получения списка радиоприложений на текущем радиокomпьютере;
 - CTRL1 – активация/деактивация радиоприложений, создание потоков данных, запуск и прерывание вычислений и т. д.;
 - CTRL4 – изменение конфигурации потоков данных;
 - DCTRL1 – контроль потоков данных.
- Контрольные точки для URAI-интерфейса:
- CTRL5 – изменение конфигурации потоков данных;
 - DCTRL2 – контроль потоков данных.

Тестирование интерфейса MURI

Рассмотрим стратегию тестирования интерфейса MURI. Тестируемым объектом в данном случае является радиокomпьютер (совокупность RCF, радиоаппаратуры и радиоприложений). Схема для тестирования интерфейса MURI изображена на рис. 3.

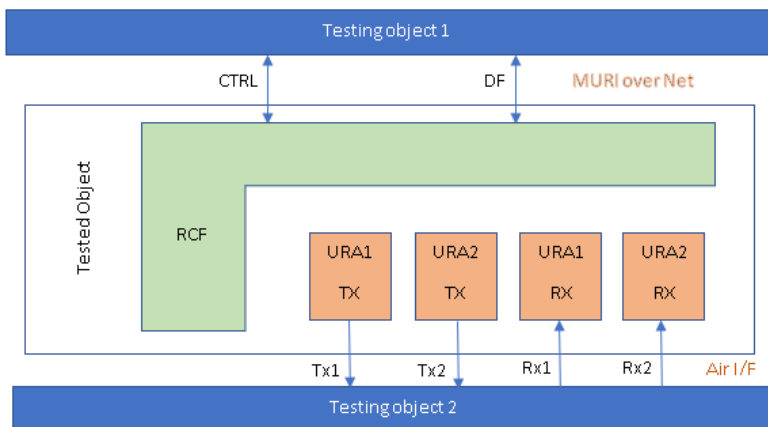


Рис. 3. Схема тестирования интерфейсов в реконфигурируемой радиосистеме

В данный момент наибольший интерес представляет Testing object 1 (первый тестовый объект). Предполагается, что при тестировании интерфейса MURI происходит генерация сообщений-команд (на установку/деинсталляцию радиоприложений и т. д.), а затем проверяется корректность отклика уровня RCF. Также проверяются выходные и входные данные у радиоприложений.

Кроме тестирования самого интерфейса, необходимо протестировать машину состояний (state machine) радиосистемы. В данном случае выполняются те же операции, что и при тестировании интерфейса, но проверяется также корректность изменения состояний уровня RCF, связанного с набором URA данного радиокomпьютера.

Рассмотрим, как осуществляется взаимодействие между первым тестовым объектом и тестируемым объектом при тестировании интерфейса MURI:

- CTRL – соединение с локальной сетью (TCP-соединение) для тестирования CF1, CF2, CTRL1, CTRL4;
- DF – пакеты данных для DCTRL1.

На рис. 4 ниже изображена схема для варианта тестирования машины состояний реконфигурируемой радиосистемы.

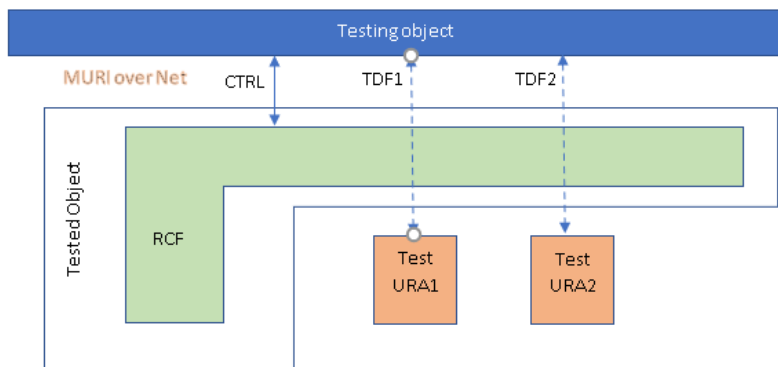


Рис. 4. Схема тестирования машины состояний

Ниже представлены способы взаимодействия тестового объекта и тестируемого объекта:

- CTRL – соединение с локальной сетью (TCP-соединение) для тестирования CF1, CF2, CTRL1 (активация/деактивация радиоприложений);
- TDF1 и TDF2 – прямое соединение тестового объекта с тестовым радиоприложением для обмена тестовыми данными.

Рассмотрим возможные сценарии тестирования интерфейса MURI:

- первый тестовый объект отправляет отдельные сообщения с различными параметрами, включая валидные и некорректные, а затем оценивает отклики;
- первый тестовый объект отправляет комбинации сообщений, которые также могут содержать валидные и некорректные параметры, затем оценивает отклики;
- первый тестовый объект отправляет сообщения и оценивает входы и выходы интерфейса.

При тестировании машины состояний RCF рассматривает тестовое радиоприложение таким же образом, как и обычное. Рассмотрим особенности тестового URA, оно:

- может напрямую подключаться к тестовому объекту (например, по UDP);
- генерирует определенные сигналы;
- создает файл журнала со своим текущим состоянием;
- может быть представлено в виде исходного, исполняемого или промежуточного кода;
- хранится в радиопакете RAP (Radio Application Package) в зашифрованном виде.

Тестовое радиоприложение позволяет идентифицировать машину состояний RCF:

- правильно установленное тестовое радиоприложение означает, что тестовое радиоприложение перешло в состояние «Установлено»;
- правильное принятие параметров тестового радиоприложения означает, что оно перешло в состояние «Готово к запуску» («Instantiated»);
- правильная генерация тестового сигнала означает, что тестовое радиоприложение перешло в состояние «Активировано».

Реализация тестового объекта 2

Тестовый объект 2 создан для качественной проверки сигнала. Осуществляется проверка его целостности. Тестовый объект 2 имеет 3 фиксированных порта. Первый предназначен для входного сигнала, второй – для выходного сигнала к приемнику, третий – для уведомления передатчика.

Тестовый объект 2 получает на вход радиосигнал от передатчика. Он сверяет его с «эталонным» сигналом и отправляет полученный сигнал приемнику. Тестовый объект 2 также отправляет ему уведомление об успешности или неуспешности проверки сигнала.

В процессе тестирования ведется файл логирования. В нем фиксируется несколько событий внутри тестового объекта 2, которые перечислены ниже.

1. Старт тестового объекта 2.
2. Завершение работы тестового объекта 2.
3. Начало приема сигнала от передатчика.
4. Окончание приема сигнала от передатчика.
5. Начало передачи сигнала приемнику.
6. Окончание передачи сигнала приемнику.
7. При несовпадении «эталонного» сигнала с входным сигналом – запись номера некорректного кадра и его значений в нем.

Тестовый объект 2 разработан в среде UNIX на языке программирования C++ 14 версии. Обмен сообщениями между передатчиком, тестовым объектом 2 и приемником осуществляется через протокол UDP.

Тестовый объект 2 не осуществляет тестирование интерфейса RRFI.

На рис. 5 представлена блок-схема тестового объекта 2.

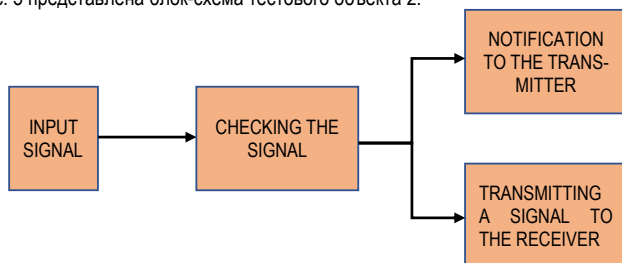


Рис. 5. Блок-схема тестового объекта 2

Контрольные примеры

В табл. 1 представлены некоторые методы тестирования, основанные на принципе «черный ящик» [7].

Помимо представленных в табл. 1, существуют также такие методы тестирования, как таблица решений, анализ граничных значений и др.

Анализ специфики реконфигурируемых радиосистем показывает, что наиболее подходящими решениями поставленной задачи могут стать методы разделения эквивалентности, случайного тестирования и сценарного тестирования.

Таблица 1

Методики тестирования по концепции «черный ящик»

№	Метод тестирования	Описание метода	Примеры тестов
1	Разделение эквивалентности	Тестируемый объект разделяет входы и выходы на эквивалентные классы. Тесты проверяют, сохраняет ли тестируемый объект отношение эквивалентности для всех тестовых стимулов. Тестовый стимул включает действительные и недействительные входные данные. В случае недействительных входных данных тестовый объект не вызывается	Идентификаторы URA можно разделить на два класса: действительные и недействительные. При запросе на установку URA с правильным идентификатором необходимо установить URA. Если ID недействителен, возвращается специальный код ошибки

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

№	Метод тестирования	Описание метода	Примеры тестов
2	Случайное тестирование	Метод тестирования ПО, при котором программы тестируются путем генерации случайных независимых входных данных. Результаты вывода сравниваются со спецификациями ПО, чтобы убедиться, что результаты теста пройдены или не пройдены	Случайно сгенерированные идентификаторы используются для удаления URA с радиокомпьютера. Если радиокомпьютер имеет URA с нужным идентификатором, то данное радиоприложение удаляется. В противном случае сообщается, что необходимое URA не установлено на этом радиокомпьютере
3	Сценарное тестирование	Сценарное тестирование – это процедура верификации ПО, при которой используются заранее составленные сценарии. Идеальный сценарий теста – это достоверная, сложная, убедительная или мотивирующая история, результат которого легко оценить. Эти тесты обычно отличаются от тестовых примеров тем, что тестовые примеры представляют собой отдельные шаги, тогда как сценарии охватывают несколько шагов	Чтобы установить URA: 1) RAP должен быть загружен до запроса на установку; 2) Если в RAP есть нужный URA, RAP распаковывается; 3) URA проходит процедуру установки
4	Синтаксическое тестирование	Синтаксическое тестирование – это метод тестирования, который используется для проверки формата и грамматики входных данных, используемых в приложении, как внешних, так и внутренних, которые могут быть формально описаны в технических обозначениях, таких как форма Бэкуса-Наура, и может использоваться для разработки входных проверочных тестов	Идентификатор URA для установки или установки может передаваться различными способами (строка, число, логическое значение), но успех может быть достигнут только в том случае, если идентификатор является строкой

Заключение

В данной работе были рассмотрены основы устройства архитектуры реконфигурируемых радиосистем, а также возможные наиболее подходящие методы их тестирования. Основной упор в изложении был сделан на описание процедуры верификации MURI-интерфейса, так как он является главным кандидатом для стандартизации в реконфигурируемых радиосистемах.

Данный материал может быть полезен для специалистов в области разработки и тестирования ПО.

Библиографический список

1. Reconfigurable Radio Systems (RRS); Radio Reconfiguration related architecture for Mobile Devices (MD). URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303000_303099/303095/01.03.01_60/en_303095v010301p.pdf (дата обращения: 13.04.2022).
2. Reconfigurable Radio Systems (RRS); Radio Equipment (RE) reconfiguration architecture. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303600_303699/303648/01.01.02_20/en_303648v010102a.pdf (дата обращения: 13.04.2022).

3. Reconfigurable Radio Systems (RRS); Mobile Device (MD) information models and protocols; Part 1: Multiradio Interface (MURI). URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303100_303199/30314601/01.02.01_60/en_30314601v010201p.pdf (дата обращения: 13.04.2022).

4. Reconfigurable Radio Systems (RRS); Mobile Device (MD) information models and protocols; Part 2: Reconfigurable Radio Frequency Interface (RRFI). URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303100_303199/30314602/01.02.01_60/en_30314602v010201p.pdf (дата обращения: 13.04.2022).

5. Reconfigurable Radio Systems (RRS); Mobile Device (MD) information models and protocols; Part 3: Unified Radio Application Interface (URAI). URL: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303100_303199/30314603/01.03.01_60/en_30314603v010301p.pdf (дата обращения: 13.04.2022).

6. ETSI White Paper No. 21. Software Radio Reconfiguration: A highly efficient and modular software reconfiguration approach for mobile devices. URL: https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_wp21_RRS_FINAL.pdf (дата обращения: 13.04.2022).

7. British Computer Society Specialist Interest Group in Software Testing (BCS SIGIST): Standard for Software Component Testing. URL: <http://www.testingstandards.co.uk/> (дата обращения: 13.04.2022).

УДК 004.4.422

Е. Ю. Крылова

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

В. Н. Иванов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**РЕАЛИЗАЦИЯ FRONT-END КОМПИЛЯТОРА ДЛЯ RADIO VIRTUAL MACHINE**

Европейский институт телекоммуникационных стандартов предложил программный способ реализации реконфигурируемого радио, предусматривающий использование в архитектуре Radio Virtual Machine (RVM), другими словами – Радио виртуальную машину [1].

Радио виртуальная машина позволяет запускать специальные радиоприложения, которые подразумевают использование определенных классов моделей и алгоритмов для радио-вычислений [1]. RVM работает по реактивной модели вычислений, т. е. с вычислениями, которые управляются данными [2]. В свою очередь, алгоритмы для радио-вычислений удобно представлять в виде графов, в данном случае – в виде двудольных ориентированных графов. В случае Radio Virtual Machine двудольный ориентированный граф имеет два вида узлов: данные и операторы. Данные связаны с операторами, а все полные входные данные могут активировать связанные с ними операторы для вычисления необходимой операции [2]. Так как алгоритмы должны запускаться на RVM, то для того, чтобы графовое представление алгоритма перевести в специальный конфигурационный код, который запускается на RVM, используется front-end компилятор.

Front-end компилятор Радио виртуальной машины представляет из себя специальный программный модуль. Данный модуль осуществляет компиляцию исходных кодов приложения на программную архитектуру RVM. Исходные коды могут быть составлены разработчиками программного обеспечения в виде файла XML (eXtensible Markup Language) [3]. Компилятор осуществляет анализ производимых файлов и на основе анализа данных формирует специальную последовательность бинарных кодов, определенную европейским стандартом реконфигурируемых радиосистем [2].

Компиляция программы происходит в несколько этапов:

- парсинг файла программного промежуточного представления;
- проецирование объектов промежуточного представления в объекты конфигурационного кода;
- создание входного файла для RVM [2].

Далее рассмотрим каждый из этапов более подробно.

Первый этап

В качестве входных данных для парсинга выступает файл программного промежуточного представления, описанный в формате XML. В данном файле содержится структура тегов, которая представляет из себя описание определенного алгоритма. Каждый файл начинается с главного тега <program>, в который вложены 2 типа тегов: <operator> и <data> со своими атрибутами. Тег <operator> означает оператор, а тег <data> – данные. Дополнительно в тег <operator> могут быть вложены другие теги <data>, а также другие теги <operator>, позволяя тем самым описывать вложенные типы операторов. Каждый оператор связан с соответствующими входными или выходными данными. Совокупность данных и оператора представляет определенную операцию специальной радио библиотеки операций, а уникальный идентификатор оператора однозначно сопоставляет операцию из данной библиотеки [2].

Front-end компилятор получает на вход файл XML и разбирает дерево тегов в свои внутренние структуры. Внутренние структуры представляют из себя классы для хранения данных, операторов и связей между ними. Соответственно класс оператор ассоциируется с тегом <operator>, а класс данных – с тегом <data>, оба класса предназначены для хранения атрибутов и значений тегов и предоставляют удобный интерфейс для взаимодействия с внутренними полями. Класс связей содержит в себе информацию о принадлежности конкретного данного к конкретному оператору, а также информацию о том, является ли данное входным или выходным для рассматриваемого оператора.

Стоит отметить, что данные и операторы должны иметь уникальный идентификатор, т. е. не могут повторяться, в свою очередь, данную особенность учитывает front-end компилятор и на этапе

парсинга XML файла осуществляет выбор данных и операторов без дублирования. Объекты классов хранятся в отдельных списках, что позволяет удобно манипулировать содержимым объектов. Данная возможность манипулирования необходима для следующего этапа компиляции.

Второй этап

Получив внутреннее представление элементов данных и операторов, а также связей между ними, front-end компилятор преобразует полученные объекты в специальные структуры конфигурационного кода. Конфигурационный код – это особая последовательность бинарных полей, которая может быть прочитана Радио виртуальной машиной, бинарный формат подробно описан в стандарте RVM [2].

Конфигурационный код делится на несколько секций [2]. Первая секция – управляющая, она отвечает за хранение общей информации о приложении; вторая секция выделена для объектов данных, она хранит информацию о значениях и атрибутах данных, а также информацию об абстрактной коммутационной структуре, связывающей соответствующие операторы и данные; третья секция нужна для описания свойств операторов таких как количество портов и операция выполнения [2].

Поля структуры конфигурационного кода в компиляторе аналогичны полям конфигурационного кода, описанным в стандарте. Заполнение полей структуры осуществляется путем изъятия информации из объектов внутреннего представления и трансляции информации в соответствующие поля структуры.

Третий этап

На последнем третьем этапе front-end компилятор должен сформировать файл на основе структур конфигурационного кода. Поля структур, заполненные ранее, представляют исходную информацию для формирования выходного файла [2]. Действие по формированию выходного файла выполняется путем последовательной записи байтовых полей в режиме бинарной записи. Получившийся выходной файл представляет из себя бинарный файл, который и является конфигурационным кодом приложения [2]. В дальнейшем такой конфигурационный код будет использоваться радио-виртуальной машиной в качестве входного для настройки и конфигурирования RVM [2].

Для реализации front-end компилятора используется язык C++. На данный момент реализованы функции парсинга XML-файла и классы промежуточного представления для front-end компилятора, а именно класс операторов, данных и их связей. Также реализованы структуры конфигурационного кода. В дальнейшем необходимо на языке C++ спроецировать классы промежуточного представления на структуры конфига, реализовать функции записи в файл конфига и провести тестирование кода. Другими словами, реализован первый этап и часть второго этапа, а в будущем необходимо закончить разработку второго этапа, реализовать третий этап и провести тестирование программного кода.

Заключение

Таким образом, осуществляя последовательность действий во всех ранее рассмотренных этапах, front-end компилятор делает преобразование исходных кодов приложения, описанных в формате XML в понятный для Радио виртуальной машины конфигурационный код.

Библиографический список

1. ETSI White Paper No. 38. Software Radio Reconfiguration: A modular Software Reconfiguration approach for radio equipment in general. URL: https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_WP38_RRS.pdf (дата обращения: 06.04.2022).
2. ETSI EN 303 681-4 V1.1.2 (2020-06). Reconfigurable Radio Systems (RRS); Radio Equipment (RE) information models and protocols for generalized software reconfiguration architecture; Part 4: generalized Radio Programming Interface (gRP). URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303600_303699/30368104/01.01.02_60/en_30368104v010102p.pdf (дата обращения: 04.04.2022).
3. Extensible Markup Language (XML) 1.1 (Second Edition) URL: <https://www.w3.org/TR/xml11/> (дата обращения: 04.04.2022).

УДК 004.932.1

М. В. Морозов

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

В. Р. Луцив – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

СЕГМЕНТАЦИЯ БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В современной медицине для осмотра пациента и определения диагноза зачастую прибегают к использованию компьютерной томографии. Она является основным методом исследования внутренних органов человека при помощи рентгеновского излучения. Для определения правильного диагноза врачу-специалисту необходимо вручную проводить разметку снимков, создавая маску, выделяющую проблемный участок. Создание полуавтоматических и автоматических средств сегментации изображений является важной задачей, так как позволит значительно сократить время, необходимое для постановки диагнозов, потому что результаты компьютерной томографии могут состоять из десятков и сотен изображений – слайсов. Однако, несмотря на важность данной проблемы, из-за разнообразности задач по сегментации не существует единого решения, и для каждой из задач необходимо разрабатывать решение отдельно. Так, например, в данной работе задача сегментации будет рассматривается на примере сегментации результатов компьютерной томографии кисти руки для диагностирования артрита.

Одним из самых распространенных методов решения подобных задач является использование нейронных сетей. Поэтому существует множество примеров готовых решений аналогичных задач, которые можно использовать в качестве основы для решения задачи поставленной. Наибольшей популярностью пользуются сверточные нейронные сети, использующие особенности зрительной коры как основу для своей архитектуры и отлично справляющихся с задачами классификации и сегментации изображений. В данной же работе к рассмотрению предлагается такая сверточная нейронная сеть как U-Net.

Эта сеть была разработана в 2015 г. во Фрайбургском университете в Германии Олафом Ронненбергом, Филипом Фишером и Томасом Броксом. Их задачей было создать такую сеть и стратегию обучения, которые бы полагались на сильную аугментацию имеющихся обучающих примеров с целью повышения эффективности их использования [2].

Сеть состоит из двух частей – сверточной и разверточной, что и дало сети ее название (из-за сходства с буквой U). Архитектура сети представляет собой полносвязную сверточную нейронную сеть, благодаря чему она может обучаться на куда меньшем количестве примеров чем существовавшие ранее сети, в том числе доминировавший до этого метод скользящего окна, и при этом опережать их по качеству сегментации. Так сеть выиграла в испытаниях ISBI по отслеживанию клеток в 2015 г. с большим отрывом от конкурентов [1].

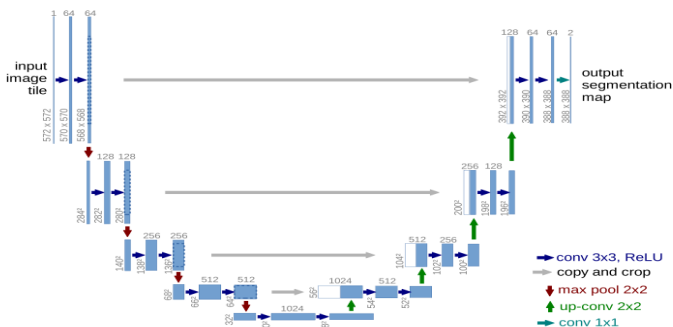


Рис. 1. Архитектура U-Net

В U-Net обычная сверточная сеть дополняется слоями, в которых операторы объединения заменяются операторами увеличения разрешения (upsampling). Эти слои увеличивают выходное разрешение. Рассмотрим более подробно две части сети. Сверточная часть следует типичной архитектуре сверточных сетей. Она состоит из повторяющихся наборов из двух сверток 3×3 , функции активации ReLU и операции объединения 2×2 с шагом 2 для субдискретизации. На каждом из последних шагов удваивается количество признаков. Каждый шаг в разверточной сети состоит из увеличения разрешения карты признаков, за которым следует свертка 2×2 , сокращающая в два раза количество признаков, конкатенация с соответствующе обрезанной картой признаков и два свертки 3×3 , за каждой из которых следует ReLU. Обрезание необходимо из-за потери пикселей на границе при каждой свертке. На последнем слое находится свертка 1×1 , используемая чтобы сопоставить каждый 64-компонентный вектор объектов с желаемым количеством классов. Всего в сети 23 сверточных слоя [3].

Для тренировки сети используются изображения и соответствующие им карты сегментации. Выходные изображения меньше входных. Для аугментации изображений используются их сдвиги и повороты, а также варьирование цветов. Особенно следует выделить случайные эластичные деформации изображения.

Необходимость в большом количестве обучающих примеров является крайне важной проблемой с самого начала существования сверточных нейронных сетей, поэтому способность U-Net обучаться на небольшой выборке изображений делает ее очень полезной. Сеть показала хорошие результаты в различных задачах по биомедицинской сегментации. К преимуществам сети можно отнести скорость ее работы: создатели утверждают, что на современных GPU сегментация изображения 512×512 занимает менее секунды [1, 4].

Библиографический список

1. Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, 2015. 8 с.
2. U-Net URL: <https://mb.informatik.uni-freiburg.de/people/ronneber/u-net/> (дата обращения: 15.03.2022).
3. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation. 2014.
4. Dosovitskiy A., Springenberg J. T., Riedmiller M., Brox T. Discriminative unsupervised feature learning with convolutional neural networks. NIPS. 2014.

УДК 004.23

А. А. Петров

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Е. А. Суворова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОРНЫХ ЯДЕР RISC-V ДЛЯ АДАПТАЦИИ К ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Введение

Архитектура RISC-V представляет собой современную имплементацию RISC-архитектур: малый и простой набор команд, с широкими возможностями по модификации и добавлению нужного функционала. Также RISC-V сейчас одна из популярнейших систем команд, за счет своей открытости, позволяющей использовать самые передовые идеи в проектировании аппаратных устройств разработчикам со всего мира. Мобильные телефоны, ПК, микроконтроллеры, другие встроенные системы и, наконец, суперкомпьютеры – все эти устройства могут использовать RISC-V в качестве основы программно-аппаратного интерфейса.

Базовый набор инструкций

Все инструкции в архитектуре RISC-V, имеют фиксированную длину 32 бита и должны быть выровнены по границе четырех байтов в памяти. Они состоят из opcode – кода инструкции, rd(register destination) – регистра результата, rs1/2(register source) – регистров операндов, funct3/funct7 – полей выбора типа операции и imm(immediate) – непосредственных значений (константы, адреса и т. п.). В базовом наборе RISC-V всего 40 уникальных инструкций, разделенных на 6 форматов (рис. 1).

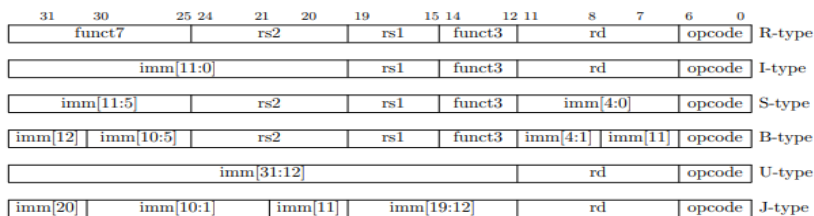


Рис. 1. Базовые форматы инструкций RISC-V

Тип R – инструкции регистр – регистр;

Тип I – инструкции значение – регистр;

Тип S – инструкции сохранения информации в память;

Тип B – инструкции ветвления;

Тип U – инструкции загрузки информации в регистры;

Тип J – инструкции переходов.

Важно заметить, что однотипные поля во всех форматах находятся в тех же местах, чтоб облегчить декодирование инструкций.

В дополнение к системе команд архитектура RISC-V включает набор из 32 регистров общего назначения по 32 бита каждый и отдельный регистр программного счетчика. При выполнении программы первый регистр(x0) всегда должен быть равен 0 и использоваться как константа для сравнения, остальные 31 регистр(x1-x31) аппаратный блок видит, как набор логических значений или как знаковые/беззнаковые целые числа. И единственный специализированный регистр программного счетчика содержит адрес инструкции, которая следующая поступит на выполнение.

Как видно из описанного выше, в наборе регистров не присутствуют специальные регистры, например, для работы с программным стеком. И хотя кодировка инструкций позволяет использовать для этих целей любой регистр, обращение с 31-м регистром общего назначения специализированно

следующим образом: x_1 – используется, для хранения адреса возврата, x_2 – используется в качестве указателя стека, а регистр x_5 – доступен, как регистр альтернативной ссылки [1].

Механизм модификации

Базовая система команд RISC-V не самая компактная, однако основная проблема не в этом. Компактная система команд не всегда универсальная. И в архитектуре RISC-V хорошо это понимают, поэтому в замену универсальности архитектуры разработано большое количество стандартных модификаций, которые позволяют специализировать отдельные устройства RISC-V архитектуры, под конкретные задачи не перегружая систему команд и набор регистров максимальной универсальностью.

Стандартные модификации:

M – Операции умножения и деления;

A – Атомарные инструкции;

F – Операции с плавающей запятой одинарной точностью;

D – Операции с плавающей запятой двойной точностью;

Q – Операции с плавающей запятой четырехкратной точности;

Zicsr – Регистр контроля и состояния, и инструкции для взаимодействия с ним;

C – Операции сжатия;

B – Операции с битами(планируется);

J – Динамическая трансляция(планируется);

T – Операции транзакций(планируется);

P – Пакетные-SIMD инструкции (планируется);

V – Векторные операции;

N – Пользовательские прерывания.

Каждая отдельная модификация добавляет в систему команд свой специфический набор инструкций и регистров, но они не выходят за границу определенных выше форматов. Это позволяет совмещать модификации в любой комбинации и выполнять любые программы, которые не содержат инструкции из отсутствующих модификаций. Механизм такого расширения архитектуры сочетает в себе, казалось бы, невозможное: модульность и совместимость программ. Использование своих модификаций обеспечивается за счет использования не занятых кодов инструкций и/или замены уже имеющихся наборов инструкций стандартных модификаций [1].

Преимущества RISC-V

1. Повышение энергоэффективности и производительности.

Компактность системы команд позволяет разработчиком процессорных ядер для получения работающей системы реализовать только необходимый набор команд, что дает возможность уменьшить количество транзисторов, удешевить разработку и снизить расходы на поддержку разработанных ядер.

2. Модульность и расширяемость.

RISC-V не просто набор кирпичиков, для построения системы это также платформа, для разработки специализированных устройств.

3. Удешевление разработки.

Единая и открытая экосистема позволяет сократить расходы на разработку компиляторов, ОС, драйверов и периферии. А наличие активного сообщества и открытых репозитариев иногда может сократить до нуля затраты на разработку.

4. Обратная совместимость.

Программы, которые разработаны для старых процессоров, не поддерживающих некий набор модификаций, работают без перекомпиляции на процессорах аналогичной архитектуры с новыми модификациями. Также это касается библиотек, ОС, и т.д.

5. Безопасность.

Открытость архитектуры, позволяет при обнаружении уязвимости в процессоре, взять другой процессор и пожертвовав возможным снижением производительности получить систему без «закладок». При этом на нем запуститься то же самое ПО без особых усилий и затрат.

6. Отсутствие неявных внутренних состояний.

В отличие от других архитектур у RISC-V нет регистра флагов или ему подобных регистров. Результаты всех операций всегда помещаются в регистры. Что существенно упрощает реализацию такой системы [2].

Недостатки RISC-V

RISC-V многообещающая архитектура, но у нее есть свои недостатки, а именно к недостаткам можно отнести фактическую закрытость RISC-V: внести свою модификацию архитектуры практически не доступно, не будучи крупным разработчиком. Так же архитектура RISC-V ничего не говорит о повышении производительности системы, а из всех материалов по RISC-V следует вывод о необходимости сильного смещения в сторону суперскалярных ядер с внеочередным выполнением команд, что выглядит как лоббирование определенной технологии. Кроме этого, вследствие относительной новизны архитектуры RISC-V пока мало реальных ее реализаций на кристалле.

Заключение

Современные электронные системы усложнились настолько, что использование открытых архитектур стало необходимостью для экономической целесообразности любого проекта разработки микропроцессора. И RISC-V несомненный лидер отрасли. Его применяют в большом спектре проектов, от беспилотных автомобилей, до искусственного интеллекта [3]. А возможности по его модификации упрощают научные изыскания в сфере разработки микроэлектроники, что особенно ярко заметно в России, где из-за санкционного давления, RISC-V один из немногих оставшихся путей, для дальнейшего продвижения в этой сфере.

Библиографический список

1. Andrew W., Krste A. The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: User-Level ISA, Document Version 20191213., RISC-V Foundation, 2019. 238 с.
2. Владимир Ф., Владимир Г., Вадим С. RISC-V: стандарт, изменивший мир микропроцессоров. URL: <https://www.osp.ru/os/2020/02/13055471> (дата обращения: 04.02.2022).
3. Krste A., Alexander R. [и др.] // Технический симпозиум RISC-V. Москва. 2019. URL: <https://riscv.expert> (дата обращения: 06.02.2022).

УДК 004.4

Г. В. Петров

студент кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Е. Н. Яблоков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СРАВНЕНИЕ MONGODB И SQL БАЗ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ КЭШИРОВАНИЯ HTTP-ЗАПРОСОВ С ЗАДАННЫМ ВРЕМЕНЕМ ХРАНЕНИЯ

Существует два основных направления баз данных: реляционные (SQL) и нереляционные (NoSQL). Они отличаются типом проектирования, вариациями различных типов данных и подходами к хранению информации.

SQL базы данных хранят в себе структурированные данные, которые чаще всего отражают реальные сущности окружающего мира. Например, сведения об организации или данные о пользователях конкретного сервиса. Все эти данные сгруппированы в таблицах, параметры которых известны еще на этапе проектирования БД.

NoSQL базы данных работают по-другому. В случае такого рода хранения информации, объекты могут иметь различный набор атрибутов. Одно из отличий данных подходов заключается в том, что в нереляционных БД данные могут храниться в одной сущности, в то время как в реляционных для этого потребуется иметь несколько взаимосвязанных таблиц [1].

По причине отличия задач хранения информации, многие компании используют как реляционные, так и нереляционные БД в одном проекте. Несмотря на некоторые преимущества NoSQL, такие как масштабируемость и быстродействие, в некоторых ситуациях предпочтение отдается SQL:

1. Соответствие требованиям ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability – атомарность, непротиворечивость, изолированность, долговечность). Эти требования дают возможность обеспечения целостности данных и позволяют уменьшить вероятность неожиданного поведения системы.

2. В случае, если проект не предполагает значительный рост, и структура данных не предполагает частое ее изменение, для использования нереляционных БД нет причин, так как ее преимущества не отражаются непосредственно как на быстродействии, так и на удобстве использования.

С другой стороны, нереляционные БД также имеют свои преимущества:

1. Они имеют возможность хранить большой объем неструктурированной информации, так как такие БД не накладывают ограничений на типы данных.

2. Возможность использовать облачные хранилища и вычисления. Для этого может потребоваться распределение данных по нескольким серверам, что позволит масштабировать проект.

3. Легкость в проектировании. В отличие от реляционных БД, для проектирования NoSQL баз данных не требуется такой объем подготовительных действий [2].

Главное отличие реляционных и нереляционных БД состоит в том, что для NoSQL-решений характерна бессхемная структура, которую чаще всего удобно представить в виде графа (рис. 1). Для SQL типичен структурированный вид, хорошим примером которого являются таблицы (рис. 2).

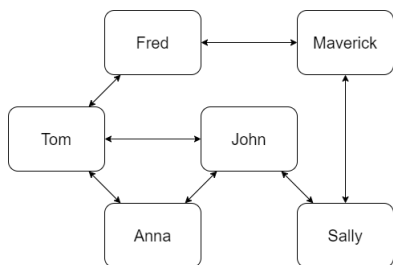


Рис. 1. NoSQL-представление

Person	Friends
Tom	{Fred, Anna, John}
Fred	{Tom, Maverick}
Anna	{Tom, John}
John	{Tom, Anna, Sally}
Maverick	{Fred, Sally}
Sally	{John, Maverick}

Рис. 2. QL-представление

В рамках данной статьи рассматриваются MongoDB Realm SDK (Software Development Kit – набор средств программного обеспечения) и система управления базой данных SQLite. Несмотря на то, что СУБД SQLite в Android является мощным инструментом, чаще всего используются другие библиотеки, являющиеся абстракцией над самой SQLite. В данной работе они не используются, так как они являются ORM – Object-Relational Mapping, или объектно-реляционным отображением [3]. Это технология программирования, которая связывает базы данных с концепциями объектно-ориентированных языков, создавая виртуальную объектную БД. В ней таблицы преобразуются в классы. Разработчик оперирует привычными классами, а ORM транслирует их в таблицы SQLite. Чтобы избежать потерь времени при вышеупомянутом преобразовании, используется «чистый» SQLite [4].

В данной статье рассматривается задача следующего характера:

1. Выполняется HTTP-запрос к удаленному ресурсу.
2. При помощи инструментов Kotlin формируются объекты БД (с тем учетом, что сама модель БД уже спроектирована).
3. Объекты сохраняются (кэшируются) непосредственно в соответствующее хранилище.
4. После сохранения производится получение из БД кэшированных данных.

При выполнении данной задачи вычисляется время формирования объектов, время кэширования и время доступа к данным, а также объем занимаемых данных в памяти. Эти данные могут отличаться в зависимости от некоторых факторов, и в данной работе изменяются объем запрашиваемых от ресурса данных и объем получения из БД уже сохраненных данных. Результаты можно увидеть на диаграммах (рис. 3).

Как видно на диаграмме выше, MongoDB работает быстрее при вставке элементов, однако проигрывает при выполнении запроса на получение и выборки. Выигрыш SQLite при выборках обусловлен относительной простотой модели данных и их целостностью. Несмотря на это, MongoDB показал себя лучше на вставке элементов, что объясняется большей нагрузкой на процессор и чуть большей загрузкой оперативной памяти.

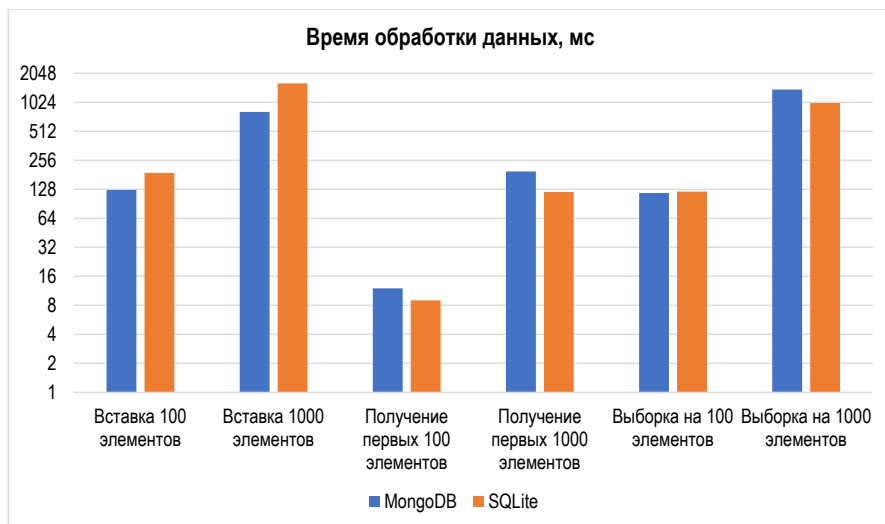


Рис. 3. Сравнение СУБД во времени обработки данных

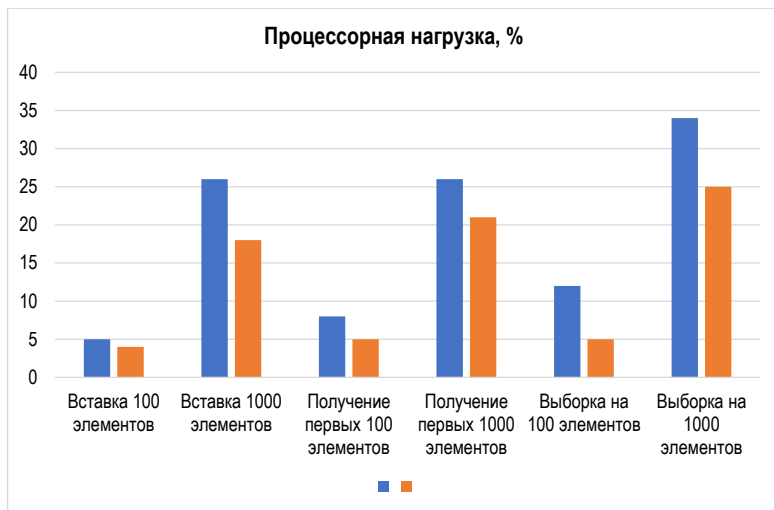


Рис. 4. Сравнение СУБД в процессорной нагрузке

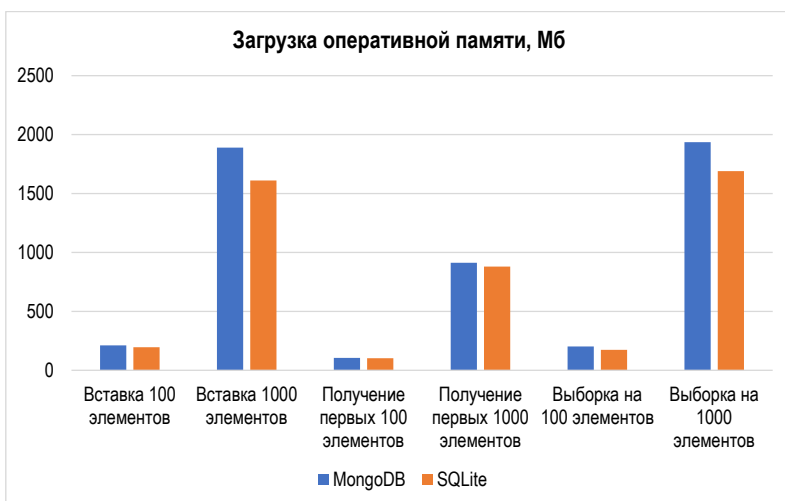


Рис. 5. Сравнение СУБД в загрузке оперативной памяти

Заключение

Подводя итоги, важно заметить, что изначально две данные СУБД создавались для разных задач – реляционная SQLite лучше работает со стабильными моделями данных, в которых структура дольше остается неизменной. Примером могут послужить большие таблицы с однородными данными, будь то данные пользователей сервиса или база данных склада поставщика товаров. MongoDB же в свою очередь предназначена для более разнородных данных, как, например, БД интернет-магазина,

где каждый товар может иметь различное и, что самое главное, отличное от других товаров множество характеристик.

Данная разница влияет и в задаче HTTP-запросов. При более консистентных данных реляционные СУБД могут иметь преимущество, в противном случае – наоборот. По этой причине многие крупные компании и проекты используют оба решения, так как во множестве задач могут быть полезны как одни варианты хранения данных, так и другие.

Библиографический список

1. Build Offline-First Mobile Apps by Caching API Results in Realm. URL: <https://www.mongodb.com/developer/how-to/realm-api-cache/> (дата обращения: 03.04.2022).
2. MySQL и MongoDB – когда и что лучше использовать. URL: <https://habr.com/ru/post/322532/> (дата обращения: 04.04.2022).
3. Save data using SQLite. URL: <https://developer.android.com/training/data-storage/sqlite> (дата обращения: 05.04.2022).
4. SQLite Shared-Cache Mode. URL: <https://sqlite.org/sharedcache.html> (дата обращения: 04.04.2022).

УДК 004.273

В. М. Потапов

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

В. Н. Иванов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РЕАЛИЗАЦИЯ RADIO VIRTUAL MACHINE

В концепции конфигурируемого радио существует подход, предложенный Европейским институтом телекоммуникационных стандартов. Данный подход описывает архитектуру программной части некоторого радиооборудования, где для замены компонентов вычислений или радио протоколов, предусматривается использование специальных радио приложений, поставляемых из пакетов [1]. В свою очередь, чтобы приложения могли запускаться на разных радиоустройствах введено понятие Радио виртуальной машины (Radio Virtual Machine) [2].

Радио виртуальная машина позволяет реализовать концепцию переносимости одного и того же кода на гетерогенные устройства. RVM работает по принципу реактивной модели взаимодействий, где управляющим элементом являются данные, нежели инструкции, как присуще императивной модели [2].

Так как алгоритмы в радио вычислениях удобно представлять в виде графов, то RVM оперирует абстрактными понятиями, которые можно изобразить в виде двудольного ориентированного графа. Существует два базовых объекта взаимодействий – это Объекты данных (Data Object – DO) и Абстрактные элементы вычислений (Abstract Processing Element – APE) [3]. Такие объекты соединены в последовательную цепочку взаимодействий, а связи между ними показывают направление передачи данных. Объекты Данных могут быть либо полные, либо пустые, они также являются главным управляющим элементом в такой цепочке, так как активируют абстрактные элементы вычислений, как только сам объект данных становится полным. Абстрактные элементы вычислений в свою очередь выполняют конкретную операцию над входными данными и генерируют выходные данные в зависимости от операции. Все взаимодействие, а также и работа RVM заканчивается, когда больше нет объектов данных способных активировать абстрактные элементы вычислений.

Описание любых алгоритмов, которые будут работать на RVM, может выполнять разработчик программного обеспечения, тем самым составляя исходный код определенного радио приложения. После этого исходный код проходит этап Front-end компиляции, в связи с чем преобразуется в специальный Конфигурационный код [3]. Такой Конфигурационный код может понимать RVM и на его основании производить конфигурацию и запуск приложения на архитектуре RVM.

Архитектура RVM [2] состоит из определенных блоков, позволяющих правильно конфигурировать RVM, осуществлять контроль работы RVM и поддерживать другие особенные функции RVM. Основной блок архитектуры называется Блок управления (Control Unit), он осуществляет функцию управления всеми другими объектами RVM. Во-первых, он получает из Блока программной памяти очередной Конфигурационный код, просматривая который производит конфигурацию Части данных (Data Path) [2].

Вторая сущность, с которой взаимодействует Блок Управления – это Блок базовых операций (Basic operations). Блок базовых операций нужен для того, чтобы взаимодействовать со специальной Радио библиотекой, искать соответствующую операцию в этой библиотеке и передавать значение конкретной операции Блоку управления. При осуществлении конфигурации Части данных конкретная операция должна быть присвоена каждому объекту APE.

Следующая часть блоков, с которой взаимодействует Блок управления – это так называемая Часть данных. Она состоит из Объектов данных (Data object – DO), Абстрактных вычислительных элементов (Abstract Processing Element – APE) и Абстрактного коммутатора (Abstract Switch Fabric – ASF) [3]. DO хранят в себе истинное значение данных, либо остаются пустыми. В процессе конфигурации таких объектов, на первом этапе Блок управления передает размер возможных хранимых данных, время доступа к данным и специальный идентификатор, позволяющий различать Объекты данных между собой. Второй этап, этап инициализации, позволяет присвоить конкретное значение данных для DO. На ряду с конфигурацией DO происходит конфигурация Абстрактных вычислительных элементов. Блок управления, сначала, устанавливает определенные атрибуты для каждого APE, включающие в

себя количество портов, цену и время вычисления конкретной операции, а также тип доступа ко всем его портам. Затем, на этапе инициализации происходит присвоение конкретной операции, взятой из Радио библиотеки [2]. Чтобы DO и APE могли осуществлять коммуникацию между собой, предусматривается специальный блок – Абстрактный коммутатор. Коммуникация осуществляется благодаря подключению интерфейсных линий DO к портам данных (data ports) Абстрактного коммутатора, а также подключения портов APE к портам вычисления (processing ports) [3]. Для пересылки данных порты ASF связываются внутренними коннекторами (connectors) в зависимости от направления передачи. Данный блок также проходит через процесс конфигурации, на первом этапе передается количество портов данных и портов вычислений, а также направление и связи между портами. В зависимости от этой информации происходит создание объектов портов и объектов коннекторов, которые в свою очередь позволяют установить связи между портами. На втором этапе, этапе инициализации, все порты ASF ассоциируются с конкретными DO и конкретными портами APE.

Когда вся Часть данных сконфигурирована, RVM начинает свою работу. Любые полные DO могут активировать APE, с условием что все входные данные APE полные. Активные APE выполняют установленную на этапе конфигурации операцию и могут получать данные через интерфейсные линии с помощью функций, предусмотренных для чтения, а также записывать результат вычислений с помощью функций записи. Все элементы работают параллельно и асинхронно, позволяя тем самым увеличить скорость вычислений. В процессе работы RVM объекты Data Path могут посылать статусные сигналы о своем состоянии и сигналы об ошибках. Так как во время работы RVM могут возникать конфликты по обращению к памяти, такие ситуации обрабатываются в виде исключений, Блок управления получив сигнал исключения принимает решение о дальнейших действиях. Радио виртуальная машина заканчивает свою работу, когда больше нет DO способных активировать APE.

Разработка RVM производится с использованием языка программирования C++. В части реализации RVM был разработан класс Data Object, который представляет удобный интерфейс для блоков, связанных с DO и позволяет производить манипуляции над некоторым хранимым данным. Аналогичным образом APE и ASF были представлены в виде классов и реализованы частично. Также для возможности конфигурации Data Path были разработаны некоторые функции конфигурации в Control Unit. Следующим этапом реализации необходимо полностью разработать классы ASF и APE, а в части CU разработать функции, которые позволяют взаимодействовать с Program Memory и Basic Operation Block.

Таким образом, Радио виртуальная машина способна производить вычисления на разных платформах используя переносимый код, а также сократить издержки на программирование большой части кода для обращения к данным, используя как альтернативу модель data flow.

Библиографический список

1. ETSI White Paper No. 38. Software Radio Reconfiguration: A modular Software Reconfiguration approach for radio equipment in general. URL: https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_WP38_RRS.pdf (дата обращения: 03.04.2022).
2. Radio Virtual Machine. URL: https://docbox.etsi.org/Workshop/2016/201601_FUTURERADIOTECHNOL_WORKSHOP/S03_RECONFIGURABLE_RADIO_ADAPTIVE_AIR_INTERFACES/RADIO_VIRTUAL_MACHINE_paper.pdf (дата обращения: 05.04.2022).
3. ETSI EN 303 681-4 V1.1.2 (2020-06). Reconfigurable Radio Systems (RRS); Radio Equipment (RE) information models and protocols for generalized software reconfiguration architecture; Part 4: generalized Radio Programming Interface (gRPI). URL: https://docbox.etsi.org/Workshop/2016/201601_FUTURERADIOTECHNOL_WORKSHOP/S03_RECONFIGURABLE_RADIO_ADAPTIVE_AIR_INTERFACES/RADIO_VIRTUAL_MACHINE_paper.pdf (дата обращения: 05.04.2022).

УДК 004.73

В. А. Седов

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

А. Ю. Сыщиков – старший преподаватель – научный руководитель

СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ NVIS СВЯЗИ

Введение

На протяжении столетий человечество стремилось к возможности быстрой передачи информации на расстоянии, решением этой проблемы стала радио связь. Но на земле до сих пор существуют такие уголки где невозможна передача сообщений из-за слабо развитой инфраструктуры или сложного рельефа. К примеру горные регионы, где не применимы длинные и короткие волны. Для этих целей используется механизм NVIS связи.

Предпосылки использования

Если перед нами стоит задача по организации связи в горной местности, она может быть организована с помощью передачи в пределах прямой видимости за счет развертывания ретрансляторов, которые позволят УКВ преодолевать препятствия. Минусом использования такой передачи являются временные затраты на развертывание такой сети, а также денежные затраты на установку ретрансляторов.

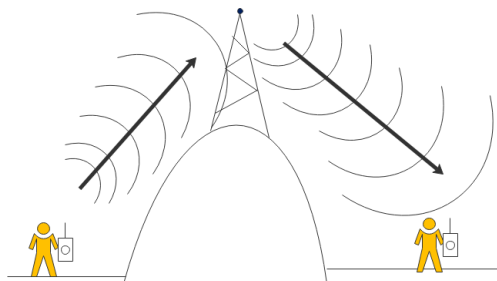


Рис. 1. Схема распространения волн при передаче в пределах прямой видимости

Также данную задачу можно решить с помощью передачи за пределами прямой видимости. В данном случае используется эффект отражения СВ-КВ от ионосферы. Однако есть проблема – наличие зоны молчания, в которую наш радиосигнал не попадает, что вносит неоднородность в нашу зону передачи.

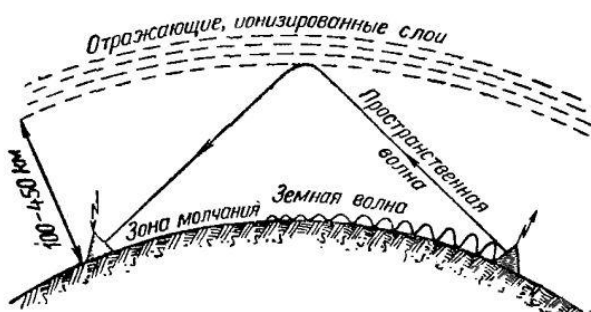


Рис. 2. Схема распространения волн при передаче за пределами прямой видимости

Для решения данной задачи используется NVIS связь.
 Для распространения NVIS электромагнитные волны отправляются почти вертикально в сторону ионосферы, отражаются и попадают в область передатчика.

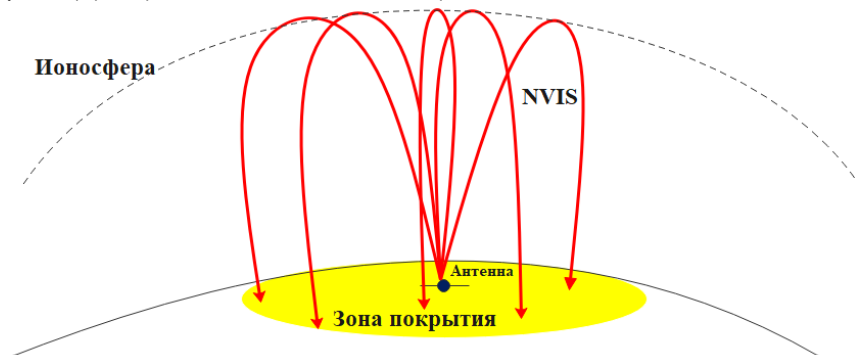


Рис. 3. Схема распространения NVIS волн

О NVIS связи

В последнее время наблюдается растущий интерес к связи на волнах ближнего вертикального падения (NVIS), поскольку они обеспечивают покрытие радиусом 200–250 км с помощью волн, передаваемых почти вертикально на частотах ниже критической частоты слоя F2, обычно от 3 до 10 МГц. При таком виде передачи не требуется прямая видимость, а охват намного больше, чем у любой другой системы, работающей либо в диапазоне очень высоких частот (VHF), либо в диапазоне сверхвысоких частот (UHF) [1].

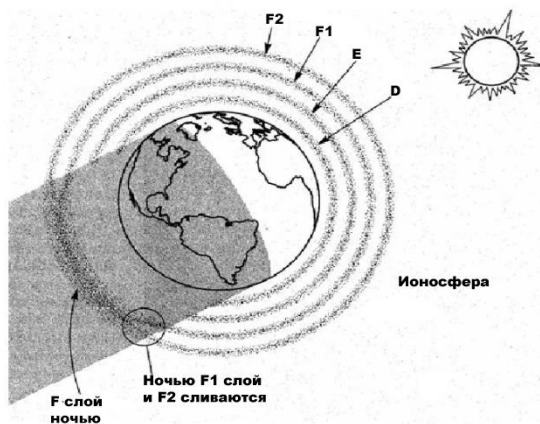


Рис. 4. Схема слоев ионосферы

В 30-е гг. XX века произошел небывалый скачок исследований в области распространения ионосферного радиосигнала, большая их часть была направлена на улучшение связи на большие расстояния с использованием "коротких волн" (электромагнитных волн длиной которых <100М), именно в это время был открыт эффект перетягиваемых волн, в тоже время NVIS связь широкого распространения не нашла. Все изменилось с началом второй мировой войны, NVIS стал важнейшим типом связи в

крупных зонах военных действий. Возможность развертывания на любой местности без использования сторонней инфраструктуры так полюбилось военным, с тех пор был опубликован значительный объем спонсируемых армией исследований по полевой связи NVIS, особенно в период с 60-х по 70-е гг. [2].

На настоящее время данный тип связи претерпел некоторые изменения были разработаны системы модуляции, оптимизированные для ионосферного канала для увеличения пропускной способности данных, а современные протоколы автоматического установления соединения (ALE), позволяют интегрировать каналы NVIS в неоднородных сетях связи, также данная систем включает в себя технологию MIMO.

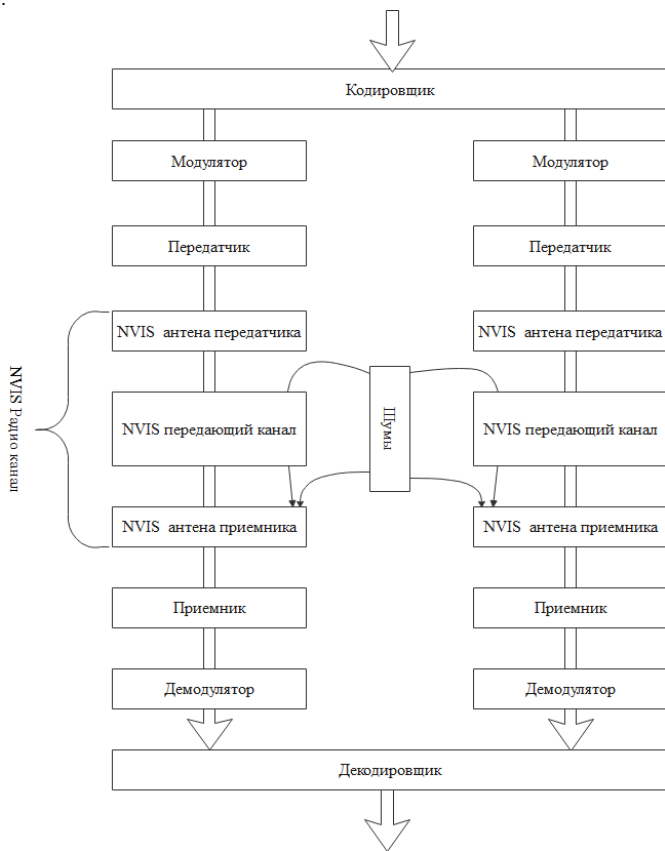


Рис. 5. Структурная схема системы связи NVIS

Структурная схема системы связи MIMO NVIS приведена на рис. 5. Показаны два канала распространения, как в системах с разнесением, множественным вводом и множественным выводом (MIMO). Антенна и несущая частота вместе определяют канал распространения, для которого необходимо оптимизировать модуляцию и кодирование. Радишум присутствует в канале, но также улавливается непосредственно приемной антенной из ее окружения. Оптимизация системы требует исследования параметров антенны, механизма передачи, разнесения каналов, методов модуляции и кодирования.

Применение NVIS связи

В настоящее время данный тип связи используется в военной сфере, где важна мобильность и независимость от местной инфраструктуры. Также она применяется в качестве экстренной связи, так как обеспечивает связь на большой территории без необходимости в сетевой инфраструктуре, спутниках или ретрансляторах. Эта независимость от местной инфраструктуры необходима для связи при оказании помощи при стихийных бедствиях, когда инфраструктура разрушена в результате крупномасштабного стихийного бедствия или в отдаленных регионах, где эта инфраструктура отсутствует. Связь NVIS хорошо зарекомендовала себя как альтернатива спутниковой связи для ГО и ЧС во время нескольких крупных стихийных бедствий, таких как цунами в Индийском океане в 2004 г. и затопление Нового Орлеана после урагана Катрина в 2005 г.

До недавнего времени антенны, используемые для ВЧ-связи, были больших размеров, особенно для нижней части ВЧ-диапазона (3–10 МГц). Были предприняты значительные усилия по разработке компактных ВЧ-антенн с коэффициентом усиления не ниже –20 дБ [3], которые можно использовать для реализации NVIS, при условии, что большая антенна с положительным коэффициентом усиления размещена на другой стороне линии связи. Этот факт позволяет использовать связь NVIS в приложениях дистанционного зондирования, поскольку датчик обычно представляет собой компактное устройство, работающее в низкоскоростном канале с низким энергопотреблением. В следствии этого NVIS связь может быть применена в области интернет вещей (IoT). Данная технология сможет быть использована в районах без какой-либо телекоммуникационной инфраструктуры.[4].

Библиографический список

1. Electronicsnotes. URL: <https://www.electronics-notes.com/articles/antennas-propagation/ionospheric/nvis-near-vertical-incidence-skywave.php> (дата обращения: 19.03.2022).
2. Witvliet B. A., Alsina-Pagès R. M. Radio communication via Near Vertical Incidence Skywave propagation: an overview. *Telecommun Syst* 66, 295–309. 2017. URL: <https://doi.org/10.1007/s11235-017-0287-2> (дата обращения: 19.03.2022).
3. Porte J., Maso J., Pijoan J., Badia D. Design, implementation, and test of an SDR for NVIS communications. *Circuit Theory and Applications*. URL: <https://doi.org/10.1002/cta.2670> (дата обращения: 19.03.2022).
4. Badia D., Pijoan J., Jimenez J., Masó J. Internet of things communications for remote sensors in Antarctica using NVIS. *Nordic HF Conference 2019*. At: Fårö, Sweden, 2019. С. 10.

УДК 004.7

Д. М. Сидоренко

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Е. Н. Яблоков – кандидат технических наук – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ SAP ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Введение

В настоящее время функционирование крупного и среднего бизнеса невозможно без использования специальных систем, которые позволяли бы доводить эффективность предприятий до максимума.

В данной статье будет краткий обзор системы управления и планирования ресурсов под названием SAP. Данный обзор будет произведен путем описания выбранной мной системы и ее преимуществ, а также сравнение ее с конкурентами, которые присутствуют на российском рынке.

Необходимость в применении

Для того, чтоб понять необходимость в применении системы SAP, нужно указать, что она из себя представляет, какие проблемы она решает и какие возможности предоставляет, а также предоставить список конкурентов.

Ни одно предприятие в наши дни не может обойтись без автоматизации своих процессов и есть множество разнообразных систем для планирования и управления ресурсами предприятия. Сама идея развития лежит в основе бизнеса и идеи ускорить внутренние процессы при помощи специальных программных средств появилась еще в 1950-х годах. Со временем это переросло в планирование потребности материалов для производства и вскоре разные компании смогли предоставить разные решения, которые значительно ускоряли отдельные бизнес-процессы (рис. 1).

Одной из таких компаний является SAP, но одной из идей стало то, что SAP стал покупать более маленькие компании, которые предоставляли небольшие решения, и объединил их в единую транзакционную систему, которая позволяет повышать эффективность не только маленького и среднего бизнеса, но и решать крупные задачи для больших предприятий.

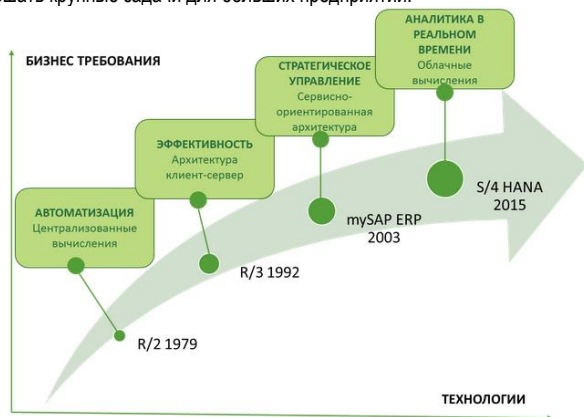


Рис. 1. История развития

Можно привести пример, что для планирования жизненного цикла предприятия на определенный период понадобится в несколько раз больше времени, если планированием будут заниматься

сотрудники, помимо этого в случае использовании системы будут значительно сэкономлены финансовые ресурсы компании и будет значительно уменьшен риск ошибки в расчетах, который мог произойти в связи с человеческими факторами.

Стандартные бизнес-модели предлагают децентрализованное управление данными, что ведет к тому, что данные хранятся в разных базах данных. Это ведет к дублированию данных в разных отделах, а также усложняет доступ сотрудникам к информации подразделений, с которыми они не связаны.

Одно из главных преимуществ системы заключается в том, что она позволяет объединить все бизнес-процессы в одну систему [1]. Это означает, что все данные хранятся в единой базе данных, что позволяет оптимизировать работу предприятия путем централизации управления данными.

Но стоит отметить, что решения предоставляются и другими компаниями, среди которых присутствуют российские представители. Из диаграммы, приведенной на рис. 2 видно, что 1С является самой популярной системой управления ресурсами.



* По данным базы TAdviser за период наблюдений с 2005 г. по октябрь 2017 г.

TAdviser 2017

Рис. 2. Российский рынок ERP систем

Стоит отметить, по данным IDC, в 2015 г. доля выручки SAP на отечественном рынке программного обеспечения информационных систем управления предприятием (ERP, ИСУП) составила 48,9%, а 1С – 32,7% [2]. Данное расхождение по цифрам выходит из-за того, что 1С часто используется мелким бизнесом и является куда более доступным по цене, в то время как SAP предоставляет большую дорогостоящую систему, которая установлена почти во всех крупных компаниях мира.

Преимущества перед конкурентами

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что система, которую предоставляет SAP куда лучше подходит для определенных задач, чем ее конкуренты. Самой важной задачей можно назвать автоматизацию работы с крупными предприятиями, в связи с хорошей масштабируемостью. Так как ERP системы выпускаются этой компанией уже несколько десятилетий, они уже очень хорошо разработаны и в них предусмотрено почти все. У главного конкурента в лице 1С, такая система появилась только в 2010-х гг., и она плохо масштабируется для компаний, число сотрудников которых превышает несколько тысяч человек.

Среди преимуществ 1С стоит отметить, что несмотря на плохую приспособленность к работе с большими компаниями, данная система отличается более доступной ценой, а также она изначально ориентирована на русский рынок и учитывает нюансы российского законодательства при документообороте, в то время как в системе SAP это требует дополнительных доработок [3].

Заключение

В заключение хочется сказать, что выбор платформы – это крайне сложный процесс, в ходе которого нельзя учитывать только один фактор. Основное назначение SAP – не автоматизация рабочих мест, а организация выполнения сложного производственно-логистического функционала. Поэтому идея сравнивать SAP и 1С может появиться только в одной ситуации – когда SAP априори используется не по назначению.

Библиографический список

1. Что такое SAP? URL: <https://www.sap.com/cis/about/company/what-is-sap.html> (дата обращения: 16.04.2022).
2. 1С против SAP. URL: https://www.cnews.ru/articles/2016-12-09_pervoe_nastoyashchee_sravnenie_1serp_i_sap_erp (дата обращения: 16.04.2022).
3. Сравнение 1С и SAP для компаний и сотрудников. URL: <https://zen.yandex.ru/media/youcoder/sap-ili-1s-sravnenie-sap-i-1s-dlia-kompanii-i-sotrudnikov-5f5715e190805024924702af> (дата обращения: 18.04.2022).

УДК 004.627

А. С. Шарпов

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

Е. П. Овсянников – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ КВАДРОДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ СЖАТИЯ ВИДЕОСИГНАЛА

Введение

Основная цель поставленной задачи состоит в том, чтобы измерить, оценить и обосновать целесообразность применения алгоритма трехмерных квадродеревьев в задаче сжатия видеопотока на базе портативных вычислительных устройств, способных к выполнению массово-параллельных вычислений. Предыдущие исследования показали нецелесообразность применения алгоритма ДКП-ЗМ с использованием ядер CUDA от компании Nvidia, в связи с чем было принято решение исследовать оптимизации алгоритма.

Основные ступени конвейера сжатия

В представленной статье будет проведен краткий обзор алгоритма сжатия видеопотока с использованием трехмерных квадродеревьев и обозначены ожидаемые результаты. Пример квадродерева изображен на рис. 1 [1].

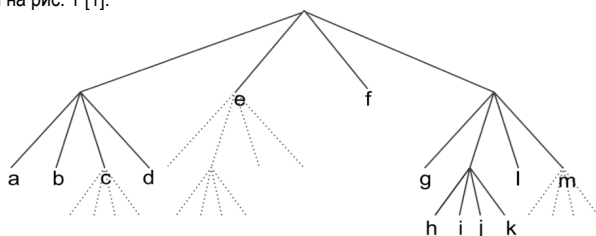


Рис. 1. Квадродерево

Ступени [1] конвейера сжатия следующие:

- выделение блоков кадров для дальнейшего вычисления схожести между ними;
- рекурсивное преобразование каждого отдельного кадра в двумерное квадродерево;
- упаковка полученных двумерных квадродеревьев в трехмерное;
- вычисление спектра трехмерного дискретно-косинусного преобразования;
- квантование спектра, формирование сжатого пакета.

Этапы формирования квадродеревьев

Блоки («стопки») кадров выделяются для того, чтобы вычислять схожесть не только для частей конкретного взятого кадра, а в том числе и для того, чтобы вычислять схожесть симметричных блоков в разных кадрах и обеспечивать лучшее сжатие. При таком подходе приходится жертвовать качеством восстановленного видеопотока в пользу скорости сжатия и минимизированного объема сжатого пакета, что особо актуально для носимых устройств и встраиваемых систем [2, 3].

На следующем этапе происходит формирование квадродеревьев каждого конкретного кадра – первоначально вычисляется размерность одного из 4 фрагментов кадра, при необходимости специализированным подходом кадр подготавливается к этому разбиению (изменяется размер кадра во избежание потери данных, которая значительно ухудшает качество восстановленного видеопотока). Далее, для каждого из полученных фрагментов вычисляется некоторая метрика, оценка которой позволяет принять решение о целесообразности дальнейшего разбиения на под фрагменты (рис. 2). В проводимом исследовании достаточно тривиального среднего арифметического яркостных характеристик

пикселей, но, для более точно формализованных задач могут подойти и другие метрики, например, свертка. Если полученная метрика превышает некоторое пороговое значение (в рассматриваемом случае значение равно 0,5), то дальнейшее разбиение считается целесообразным и производится. Описанная процедура выполняется рекурсивно для каждого из полученных фрагментов. Условия выхода из рекурсии – полученная метрика ниже порогового значения или размер полученного фрагмента приблизился к 4×4 пикселя.

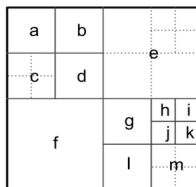


Рис. 2. Вычисление метрики

Полученные квадродерева упаковываются в «стопки» размерности, эквивалентной изначальной стопке. Далее, необходимо вычислить спектр трехмерного дискретно-косинусного преобразования. Вычисление производится для перехода из описания информации в терминах пикселей к частотному представлению. Полученный спектр квантуется, а наименее интенсивные частоты отбрасываются как менее значимые для восприятия изображения глазом человека [4].

Результат квантования шифруется символьным кодом, например, кодом Хаффмана, упаковывается в пакет и готов к передаче.

Заключение

Результатом исследований предложенного метода сжатия видеопотока должен стать видеокoder для мобильных устройств связи, который поможет эффективнее решать одну из наиболее дорогих операций в процессе общения людей с помощью технических средств – передача видео в реальном времени – быстрый и эффективный код ускорит как операцию сжатия, так и уменьшит время самой передачи.

Библиографический список

1. Ostermann J., Bormans J. Video Coding with H.264/AVC: Tools, Performance and Complexity // IEEE Circuits and Systems Magazine. April 2004. Vol. 4. No. 1. Pp. 7–28.
2. Marpe D., Wiegand T., Sullivan G. J. The H.264/MPEG4 Advanced Video Coding Standard and its Applications // IEEE Communications Magazine, Standards Report column series. August 2006. Pp. 134–143.
3. Sullivan G. J., Sun S. // On Dead-Zone Plus Uniform Threshold Scalar Quantization. Proc. SPIE, 2005. Vol. 5960. No. 1.
4. Karczewicz M., Ye Y., Chong I. Rate-Distortion Optimized Quantization // ITU-T Q6/16 Doc. VCEG-AH21, Jan. 2008.

УДК 681.327

П. В. Шлигун

магистрант кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем

В. Л. Оленев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МЕТОДЫ БАЛАНСИРОВКИ ТРАФИКА ПРИ МНОГОПОЛОСНОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Введение

Технология многополосной передачи данных подразумевает использование устройств и протоколов, которые позволяют осуществлять доступ к нескольким различным полосам частот в телекоммуникационном спектре. К примеру, приемопередатчик QSFP-40G-LR4 [1], поддерживающий стандарт 40Gb Ethernet [2], преобразует 4-канальные входные данные со скоростью 10Гбит/с в 4 оптических канала CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing – спектральное уплотнение каналов с грубым разделением по длине волны) и мультиплексирует их в один канал для оптической передачи 40 Гбит/с. Со стороны же приемника данный модуль производит обратную операцию. На рис. 1 представлена схема многополосного стандарта 40-G Ethernet.

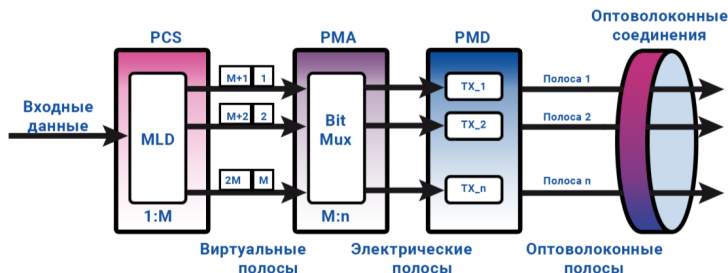


Рис.1. Многополосной 40-G Ethernet. PCS (physical coding sublayer) – подуровень физического кодирования, PMA (physical medium attachment) – физическая среда соединения, PMD (physical medium dependent) – подуровень, зависящий от физической среды

Применение данной технологии позволяет устройствам использовать больше места для передачи данных, тем самым увеличивается скорость передачи данных. Развитие многополосной передачи данных привело к увеличению объема мирового трафика, что влечет за собой увеличение нагрузки на сервера и дата-центры. И для того, чтобы легче было управлять трафиком и уменьшить нагрузку были придуманы методы балансировки трафика.

Метода балансировки нагрузки

Метод балансировки нагрузки [3] дает гарантию, что сервер не будет перегружен за счет распределения входящего сетевого трафика между группой внутренних серверов, так называемого пула серверов. На рис. 2 наглядно представлена схема метода балансировки нагрузки.

Балансировщик нагрузки (Load balancer, далее LB) помогает серверам эффективно перемещать данные между собой, оптимизирует использование ресурсов доставки и непрерывно проверяет работоспособность серверов. Работа этого метода осуществляется с помощью физического или виртуального(программного) сетевого устройства, которое определяет сервер в пуле, удовлетворяющий клиентский запрос наилучшим образом. Самое главное, что интенсивный сетевой трафик не перегружает систему и обеспечивает аварийное переключением между устройствами при какой-либо ошибке. Таким образом, если сервер в пуле выходит из строя, балансировщик мгновенно перенаправляет рабочие нагрузки на резервный сервер, снижая негативное воздействие на получателей.

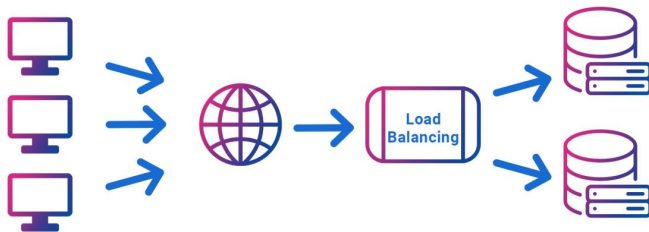


Рис. 2. Балансировка нагрузки

В модели сетевых уровней OSI [3, 4] балансировка происходит на 4 уровне – транспортном, и на 7 – физическом. На транспортном уровне LB отслеживает сетевую информацию о портах и протоколах, доставляет трафик, объединив ограниченные данные с алгоритмом LB и вычислив лучший целевой сервер на основе меньшего количества подключений или времени ответа. На физическом уровне использует информацию, полученную на 4 уровне для принятия более сложных решений по балансировке. LB 7 уровня проверяет весь трафик 4 и 7 уровня и записывает их в журналы (логи), чтобы отследить и облегчить отслеживание передаваемой информации.

Типы балансировки

Существуют 2 типа методов балансировки [5] – статические и динамические. Одним из самых известных статических методов LB является *метод циклического перебора (Round Robin)* [3, 6] – алгоритм кругового обслуживания, представляет собой перебор по круговому циклу: запрос передается одному серверу, а следующий передается другому, так продолжается до достижения последнего сервера, затем все начинается сначала. Данный алгоритм универсален, прост в реализации и имеет низкую стоимость, но его основной недостаток в том, что распределение нагрузки требует, чтобы у каждого сервера в пуле был одинаковый набор ресурсов, и в реальных условиях удовлетворение данному условию невыполнимо в большинстве случаев. Существует более совершенная версия алгоритма *Weighted Round Robin*, обеспечивающая более гибкое распределение ресурсов.

Динамическим методом LB является *метод наименьшего количества подключений* [3, 6] (*Weighted least connection*). Он учитывает количество подключений, поддерживаемых серверами в текущий момент времени. Каждый следующий запрос передается серверу с наименьшим количеством активных подключений, учитывая весовой коэффициент серверов. Также существует похожий метод – *алгоритм наименьшего времени* [3, 6]. Он учитывает время ответа сервера и его активные соединения, отправляя запросы на самые быстрые и незагруженные сервера.

Особенности распределения трафика

Помимо основных функций распределения трафика, LB устройства имеют и другие преимущества:

- высокая пропускная способность за счет ПО, работающего на специализированных процессорах;
- повышенная безопасность, так как только организация, владеющая LB, может получить физический доступ к серверам;
- фиксируемая стоимость покупки.

Программные балансировщики имеют дополнительные преимущества:

- могут адаптироваться к меньшим потребностям;
- возможность масштабирования сверх начальной емкости за счет добавления дополнительных экземпляров ПО;
- более низкая стоимость, чем покупка и обслуживание физических машин.

В итоге, в современном мире ни одна компания, использующая вычислительную технику, не может обойтись без методов балансировки трафика. Грамотное распределение нагрузок с помощью балансировщиков способствует увеличению отказоустойчивости системы, увеличению скорости обмена данными, эффективному обращению к нужным ресурсам сети и проверки работоспособности серверов, что благоприятно сказывается на продуктивности компании в целом.

Библиографический список

1. 40G QSFP Transceiver – A Great Solution for Multi-lane Data Communication. URL: <https://medium.com/@kerryzhang/40g-qsfp-transceiver-a-great-solution-for-multi-lane-data-communication-4c3db180716> (дата обращения: 10.04.2022).
2. John D'Amrosia, Mark Nowell, David Law – 40 Gigabit Ethernet and 100 Gigabit Ethernet Technology Overview (дата обращения: 14.04.2022).
3. Балансировка нагрузки. URL: <https://sbercloud.ru/ru/warp/balansirovka-nagruzki> (дата обращения: 18.04.2022).
4. Настройка балансировщика нагрузки. VMware NSX для самых маленьких. URL: <https://uni.dtin.ru/digest/vmware-nsx-dlya-samyh-malenkih-chast-5-nastroyka-balansirovshchika-nagruzki> (дата обращения: 18.04.2022).
5. Степанов Е. П. Балансировка сетевого трафика. URL: https://asvk.cs.msu.ru/sites/all/themes/professional_theme/files/QoS/2_load_balancing.pdf (дата обращения: 18.04.2022).
6. Балансировка нагрузки: основные алгоритмы и методы. URL: <https://selectel.ru/blog/balansirovka-nagruzki-osnovnye-algoritmy-i-metody/> (дата обращения: 18.04.2022).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Безопасность информационных систем

УДК 004.056

В. О. Верховина

студент кафедры безопасности информационных систем

В. С. Коломойцев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОГО КАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ МЕССЕНДЖЕРОВ

Введение

На текущий день в связи с возросшей заинтересованностью мгновенным обменом сообщениями, онлайн-звонков и онлайн-конференций стали популярны мессенджеры. Мессенджер – это программное приложение для смартфона или персонального компьютера, которое обеспечивает обмен мультимедийными данными в режиме реального времени через Интернет. Такое средство, обрабатывающее и хранящее большой массив конфиденциальной информации, с точки зрения информационной безопасности требует высоко уровня защищенности личных данных пользователей.

Как правило, в мессенджерах используются собственные протоколы передачи данных. Для защиты самих данных используется «end-to-end» (сквозное) шифрование или транспортное шифрование. Согласно сквозному шифрованию, данные шифруются на устройстве отправителя, а дешифруются на устройстве получателя, криптографические ключи хранятся и генерируются на конечных устройствах пользователей, а не на серверах системы. Поэтому, никто кроме адресата не может ознакомиться с содержимым зашифрованных сообщений. В то же время, для транспортного шифрования свойственно наличие между абонентами промежуточного звена – сервера, который, получив передаваемое сообщение, дешифрует его. Несмотря на то, что в транспортном шифровании защищенная передача сообщений основана на доверии к серверу, для обеспечения широкой функциональности мессенджеров удобнее использовать именно его. Например, за счет того, что оно в отличие от сквозного шифрования дает возможность серверу, обеспечить хранение истории переписки и подключение дополнительных абонентов к диалогу.

Таким образом, с точки зрения архитектуры все существующие решения можно разделить на два типа, с симметричными и асимметричными каналами связи. Для систем первого типа обмен данными между участниками диалога реализуется при условии, что все они подключены к единому каналу передачи данных одновременно. Для систем второго типа обмен данными возможен, если хотя бы одна из них имеет доступ к каналу. Второй подход требует наличия службы доставки – устройства, которое постоянно находится в канале связи, хранит сообщения и отправляет их пользователю при его появлении в сети.

Защищенная передача сообщений с симметричным каналом

Рассмотрим защищенную передачу сообщений, основанную на симметричном канале:

1. Двум пользователям «А» и «В» необходимо аутентифицироваться с применением схемы электронной подписи.
2. Сформировать общий секрет, например, по протоколу Диффи – Хеллмана.
3. Пользователям необходимо сгенерировать ключи шифрования из общеизвестного секрета с использованием однонаправленной функции, например, хеш-функции. Для этих ключей существуют обязательные требования о времени их использования: их необходимо обновлять как можно чаще, ис-

пользованные ключи – сразу же стирать с устройства, и, согласно протоколу Диффи – Хеллмана, постоянно генерировать новые общие секреты.

4. Передать зашифрованное сообщение. Например, в большинстве мессенджеров шифрование реализовано с использованием блочного шифра.

Таким образом, конфиденциальность сообщений обеспечивается их шифрованием с помощью алгоритмов блочного шифрования, а контроль целостности сообщений и аутентификация источника данных – за счет использования ключевой хеш-функции.

Для симметричного канала характерно то, что внутри системы выстраиваются отношения, где никто никому не доверяет. А работа всей системы, зависит только от самих пользователей. У рассмотренного подхода есть минусы – например, наличие высокой нагрузки на устройство пользователя из-за постоянной необходимости вычислять новые ключи, шифровать и хранить сообщения до появления получателя в сети. На данный момент большинство мессенджеров имеют функцию сквозного шифрования, которая реализуется на основе показанного подхода.

Защищенная передача сообщений с асимметричным каналом

Рассмотрим защищенную передачу сообщений, основанную на асимметричном канале:

1. Пользователь «А» создает аккаунт на специальном сервисе аутентификации, получает уникальный идентификатор, выдает сервису свои открытые ключи, подписанные электронной подписью.

2. Пользователь «А» запрашивает у сервиса открытый ключ пользователя «В» и вычисляет общий с ним секрет.

3. В первом сообщении пользователь «А» указывает свой подписанный открытый ключ и открытый ключ пользователя «В», который использовался в вычислении общего секрета.

4. Сообщение высылается сервису доставки, который передаст его пользователю «В».

5. Пользователь «В» проверяет подпись, в полученном сообщении и вычисляет общий секрет.

6. С помощью общего секрета получает исходное сообщение.

7. Чтобы отправить новое сообщение, пользователь «В» генерирует новый открытый ключ, используя старый ключ абонента «А» и вычисляет новый общий секрет, например, по протоколу Диффи – Хеллмана для шифрования нового сообщения.

8. Абонент «В», вместе с сообщением, передает пользователю «А» новый открытый ключ.

Таким образом, каждая отправка нового сообщения проходит путь вычисления открытого ключа, формирования нового секрета и шифрования сообщения. Главная проблема системы с асимметричным каналом связи – это постоянная необходимость в доверии к сервису аутентификации, который может оказаться злоумышленником, выдающим себя за другого пользователя. Открытые ключи абоненты получают от сервиса аутентификации и, следовательно, нет возможности проверить их подлинность. Упомянутое ранее транспортное шифрование реализовано на основе показанного подхода.

Заключение

На основании проведенного исследования подходов защищенной передачи информации стоит заметить, что у каждого из подходов присутствуют свои недостатки. Однако на сегодняшний день в сфере электронной связи большую популярность имеет подход с асимметричным каналом передачи информации. При этом пользователи должны понимать, что подобные системы, несмотря на то, что они более удобны в применении, имеют доступ к их личной информации. К тому же в криптографии предполагается, что если что-то может пойти «не так», то рано или поздно это случится. Например, если сервису аутентификации теоретически доступна возможность читать переписку пользователей, то, скорее всего, он может начать это делать. В связи, с чем подобные системы нельзя считать достаточно надежными.

Библиографический список

1. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке СИ. М.: Триумф, 2003.

2. Богданов Д., Ноздрунов В. Мессенджеры и безопасность // Открытые системы. СУБД. 2020. № 04. 15 с.
3. Chris Alexander, Ian Avrum Goldberg. Improved User Authentication in Off-The-Record Messaging // Proceedings of the 2007 ACM workshop on Privacy in electronic society. New York: Association for Computing Machinery, 2007. February. P. 41–47.
4. Бирюков А. А. Информационная безопасность: защита и нападение. М: ДМК Пресс, 2012. 474 с.

УДК 004.056.53; 004.056.57

И. А. Воропаев

ассистент

М. В. Ляхнов

студент кафедры технологий защиты информации

Д. С. Гатаев

студент кафедры кибербезопасности и защиты информации

ПРИНЦИП РАБОТЫ СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ

Рассмотрены современные технологии кодирования и декодирования данных, история их создания, принципы и методы их работы, а также виды этих технологий, способы применения, рассмотрен вопрос о безопасной передаче сообщений в интернете

Ключевые слова: шифрование, дешифровка, алгоритмы, криптография, Интернет

Шифрование в той или иной форме существовало с древности. Когда-то шифрование информации было только прерогативой военных и политических структур. Передача распоряжений, тактики, заключение союзов, альянсов и огромное количество информации, которая никак не должна была оказаться в руках врага, привели к возникновению тайнописи. Шифрование возникло приблизительно в 4 тысячелетии до нашей эпохи.

Первое устройство для шифрования изобрели приблизительно в пятом веке в Спарте. Это была палочка, имеющая определенный диаметр, и на которую наматывали лист пергамента. Запись букв происходила вдоль оси палочки. Для того, чтобы прочитать такого рода письмо, нужна была палочка точно такого же диаметра. Этот метод стал именоваться шифром простой перестановки. В Риме в IV веке также изобрели устройство, состоящее из двух дисков, на каждом из которых были нанесены буквы алфавита в случайном порядке. С помощью таких устройств реализовали шифр простой замены. У Юлия Цезаря также был свой шифр, в котором каждая буква исходного текста заменялась буквой, стоящей на некоторое фиксированное число мест дальше в алфавите. Древние греки же зашифровывали свои сообщения, послания при помощи инструмента под названием «скитала». Германия для защиты военных и дипломатических сообщений в ходе Второй мировой войны использовала свою знаменитую шифровальную машину «Энигма»

Шифрование – технический процесс, в ходе которого информация преобразуется в секретный код, скрывая и защищая таким образом данные, которые вы отправляете, получаете или храните. Зашифрованные данные – это результат применения алгоритма для кодирования данных с целью сделать их недоступными для чтения. Другим языком, применяется такой алгоритм кодирования данных, чтобы только сторона-получатель, имеющая ключ дешифрования, могла расшифровать их. Расшифрованное сообщение, содержащееся в нешифрованном файле, называется открытым (публичным) текстом, а сообщение в зашифрованном виде – зашифрованным текстом. Шифрование данных – это универсальное защитное решение [1]: оно может применяться к части данных, например, к паролю, к информации в файле или даже ко всем данным, содержащимся на носителе.

Современный мир – мир невообразимых технологий и изготовленных на их базе изобретений. То, что десятки назад было лишь в фантазиях футурологов и писателей- фантастов, на данный момент является реальностью. Появляясь в геометрической прогрессии открытия каждый год приносят что-то новое во все основные сферы интересов человечества. Большинство пользователей не знают, что множество информации уже защищается при помощи технологии шифрования. Например, Интернет-банкинг и онлайн магазины не работали бы без хорошего шифрования. Шифрование предназначено для защиты средств и личной информации. В корпоративной среде шифрование следует использовать для защиты интеллектуальной собственности и инновационных разработок компании. Современные методики шифрования прошли огромное количество стадий совершенствования и доработок.

Процесс шифрования становится возможным благодаря криптографическим ключам в совокупности с разными математическими алгоритмами [2]. Чтобы понять принципы работы шифрования в интернете, разберемся с двумя основными типами шифрования – симметричное и асимметричное шифрование.

Шифрование бывает 2 типов: симметричное и асимметричное:

– Симметричное шифрование имеет один криптографический ключ для шифрования и дешифрования данных (кодирования и восстановления информации). Ключ может представлять из себя что угодно: слово, число, определенная фраза, файл или отрывок текста. Применение одного ключа для обеих операций делает процесс простым. Выбор ключа зависит от способа шифрования, но общее правило в симметричном шифровании такое: чем длиннее ключ, тем сложнее его взломать. Использование одного ключа для обеих операций делает процесс простым).

– Асимметричное – сообщение шифруется одним ключом, а расшифровывается другим. При чем первый ключ можно не скрывать, второй же нужно прятать. Такой подход убирает некоторые вопросы безопасности в сети. Часть ключей можно безопасно пересылать, и это не нарушит секретности.

Симметричные криптографические алгоритмы представляют собой два основных вида, которые имеют такие характеристики:

– Блочные шифры, которые осуществляют обработку информации блоками, от чего и получили свое название. Длина каждого из них бывает разной, чаще всего 64 или 128 бит каждый. Обработка базируется на применении к блоку ключа в установленном порядке, самыми применяемыми считаются перемешивание и подстановка несколькими циклами. В результате получается «лавинный эффект», которому свойственно терять биты между открытыми блоками и зашифрованными данными.

– Поточные шифры основываются на гаммировании (метод симметричного шифрования), для них характерно шифрование каждого бита, байта открытого текста. Поточные шифры часто создают, взяв за основу блочные, которые подвергаются запуску в определенном режиме.

Работает симметричное шифрование по следующему принципу:

- Берутся данные (которые нужно зашифровать) и ключ (сложные математические алгоритмы).
- С помощью математических алгоритмов данные объединяются с ключом.
- Полученный массив данных передается по подготовленному каналу связи (закрытому или открытому).
- Переданный через канал связи массив чисел дешифруется ключом. На выходе получаются ранее зашифрованные данные.

В современном мире не обойтись без криптографических протоколов [4], защищающих конфиденциальные данные граждан. Шифрованию подлежат как каналы связи, так и передаваемая по ним информация. Выбор остается за используемыми алгоритмами шифрования, в зависимости от задачи будет применяться тот или иной алгоритм.

Библиографический список

1. Симметричное шифрование. URL: <https://wiki.hostpro.ua/knowledgebase/shifrovanie-tipy-i-algorithmu> (дата обращения: 15.10.2021).
2. Асимметричное шифрование. URL: <https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/asymmetric-encryption/> (дата обращения: 17.10.2021).
3. Панасенко С. В. Алгоритмы шифрования. М.: Юридический мир, 2015. 201 с.
4. Введение в криптографию: исследование. URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/324866/> (дата обращения: 13.11.2021).

УДК 004.057.4

Е. А. Калинина

студент кафедры безопасности информационных систем

В. С. Коломойцев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МЕТОДЫ ЗАЩИЩЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ

Введение

В настоящее время наибольшую популярность приобретают системы мгновенного обмена сообщениями, позволяющие пользователям общаться между собой посредством коротких текстовых предложений. Поскольку системы мгновенного обмена сообщениями могут использоваться для обсуждения конфиденциальной информации, требуется, чтобы данные системы обеспечивали безопасность данных, передаваемых между собеседниками. Система обмена сообщениями, позиционирующая себя как защищенная, должна обеспечивать: конфиденциальность передаваемой информации, идентификацию участников переписки, аутентификацию и целостность получаемых данных (подтверждение того, что сообщение было отправлено именно собеседником и не было изменено при передаче). За обеспечение безопасной передачи данных в исследуемых системах отвечает протокол. Рассмотрим и проанализируем на предмет защищенности некоторые наиболее популярные протоколы и технологии, используемые в системах обмена сообщениями.

Протоколы и технологии систем обмена сообщений

Изначально большинство систем обмена сообщениями использовало для защиты данных алгоритмы симметричного шифрования с постоянными ключами. При использовании данного подхода существует опасность, что злоумышленник, получивший ключ, сможет дешифровать все сообщения, которые были переданы ранее. Одним из первых протоколов, решающих проблему «упреждающей секретности», стал криптографический протокол Off-the-Record Messaging (OTR). Перед началом передачи сообщений с использованием OTR участники должны выполнить обмен ключами установить общий секретный ключ. В первой версии OTR обмен ключами основывался на протоколе Диффи – Хеллмана, но впоследствии для этого стала использоваться модификация протокола SIGMA.

Шифрование и аутентификация сообщений происходят следующим образом: сначала сообщение шифруется с помощью алгоритма AES в режиме счетчика, а затем полученный шифротекст аутентифицируется с помощью функции HMAC и отправляется собеседнику. На принимающей стороне собеседник также с помощью функции HMAC генерирует ключи для AES и HMAC, после чего дешифрует сообщение и проверяет его целостность [1].

Одной из особенностей протокола OTR является то, что пользователи генерируют новый секретный ключ при отправке каждого нового сообщения – следовательно, при перехвате злоумышленником нового ключа прочесть старые сообщения будет невозможно. Однако процесс генерации нового ключа для каждого сообщения может затрачивать немало вычислительных ресурсов и снижать скорость общения между пользователями.

Еще одним криптографическим протоколом, используемым в системах мгновенного обмена сообщениями, является протокол Signal. Данный протокол также обеспечивает «совершенную упреждающую секретность» и «секретность в будущем».

Работу протокола Signal можно разделить на три этапа [2]:

1. Первоначальный этап обмена ключами с помощью протокола X3DH (extended triple Diffie-Hellman) и генерация общего секрета.

2. Asymmetric ratchet stage – этап, на котором пользователи поочередно отправляют свои одноразовые открытые ключи, которые затем используются собеседником для генерации новой ключевой пары хранима Диффи – Хеллмана и обновления ключей цепочки сообщений.

3. Symmetric ratchet stage – этап, на котором пользователи используют текущий ключ цепочки сообщений для вычисления ключа шифрования принятого сообщения.

Таким образом, в процессе работы протокола каждое отправляемое сообщение шифруется на новом ключе. Это помогает защитить старые сообщения пользователей от прочтения при раскрытии одного из секретных ключей в будущем.

Вышеперечисленные протоколы OTR и Signal используют клиент-серверную архитектуру, обладающую существенным недостатком: при возникновении проблем с сервером передача данных между пользователями становится невозможной. Для решения данной проблемы протокол защищенной передачи сообщений Bitmessage использует одноранговую архитектуру. Это позволяет ему сохранять способность передачи данных даже при отключении одного или нескольких узлов.

Перед началом общения собеседники проводят аутентификацию, в процессе которой обмениваются результатами хэширования открытых ключей (используются SHA-512 или RIPEMD-160), которые также являются адресами пользователей в системе Bitmessage. Затем для отправки сообщения пользователю необходимо предварительно выполнить «проверку работоспособности» в виде обнаружения частичной коллизии хэша сообщения. Сложность «проверки работоспособности» пропорциональна размеру сообщения и должна быть установлена таким образом, чтобы компьютер затрачивал в среднем 4 минуты на отправку сообщения [3].

Так как механизм передачи сообщений в Bitmessage аналогичен системе транзакций и передачи блоков Bitcoin, при подключении к сети все пользователи будут получать все сообщения, а затем пытаться дешифровать каждое сообщение с помощью своих закрытых ключей, чтобы узнать, предназначается ли сообщение им. Такой способ передачи сообщений является крайне ресурсозатратным и может быть неудобен в случаях, когда необходимо быстро обмениваться информацией.

Для избежания ситуации, когда каждый пользователь должен дешифровать каждое сообщение с помощью своих закрытых ключей, создатели других децентрализованных протоколов предложили добавлять к сообщению информацию о его отправителе. Именно такой способ используется в Briar. В данной системе информация об отправителе прикрепляется к сообщениям в виде тегов.

Передача данных в Briar осуществляется через сеть Tor, а при отсутствии интернет-соединения – через Bluetooth или Wi-Fi. Способ аутентификации собеседника также отличается от способов, используемых в других протоколах: пользователи сначала сканируют QR-коды друг друга, содержащие открытый ключ, а затем генерируют общий секрет по протоколу Диффи – Хеллмана.

Безопасность передаваемой информации обеспечивается с помощью протокола Bramble Transport Protocol. Собеседники шифруют сообщения и с помощью общего секрета генерируют идентичные последовательности тегов, затем отправитель прикрепляет тег к каждому сообщению, которое он отправляет. Получатель в свою очередь распознает тег, удаляет его из своей последовательности и использует соответствующий ключ для аутентификации и дешифрования данных [4]. Каждый пользователь хранит пару ключей: один для генерации тегов и один для аутентификации и шифрования данных. Для обеспечения «упреждающей секретности» оба ключа используются только один раз и обновляются для каждого нового сообщения.

Один из самых молодых протоколов систем обмена сообщениями MTPProto для защиты данных применяет сквозное шифрование, при использовании которого прочесть сообщения могут только отправитель и получатель. Для передачи данных между собеседниками протокол использует клиент-серверную структуру сети: при авторизации пользователь и сервер осуществляют обмен ключами по протоколу Диффи – Хеллмана и генерируют общий секрет, впоследствии используемый в качестве ключа авторизации. Затем для защиты старых сообщений от прочтения, пользователи генерируют новый общий секрет по истечении недели или после того, как старый был использован более 100 раз [5].

Процесс обмена сообщениями по протоколу MTPProto происходит следующим образом: готовое к отправке сообщение объединяется вместе с идентификатором сообщения, его порядковым номером и некоторыми избыточными данными с сервера (salt). Затем полученный пакет данных шифруется с использованием алгоритма шифрования AES-256 в режиме IGE и в свою очередь объединяется с ключом сообщения, полученным путем взятия хеш-функции SHA-256 от исходного сообщения и 32 бит ключа авторизации.

Заключение

В статье дано определение защищенной передачи данных, а также описаны протоколы, используемые для обеспечения защищенной передачи в системах обмена сообщениями. В зависимости

от конечных приоритетов, при разработке систем обмена сообщениями могут быть использованы протоколы OTR или Signal, обеспечивающие повышенную безопасность передачи, или протоколы Bitmessage и MTPProto, поддерживающие более высокую скорость обмена сообщениями.

Библиографический список

1. Di Raimondo M., Gennaro R., Krawczyk H. Secure off-the-record messaging // WPES'05: Proceedings of the 2005 ACM workshop on Privacy in the electronic society. 2005. P. 81–89.
2. Cohn-Gordon K., Cremers C. Formal Security Analysis of the Signal Messaging Protocol (Extended Version) // Journal of Cryptology. 2019. № 33. P. 2–4.
3. Warren J. Bitmessage: A Peer-to-Peer Message Authentication and Delivery System, 2012. P. 2.
4. Bramble Transport Protocol, version 4. URL: <https://code.briarproject.org/briar/briar-спеc/blob/master/protocols/BTP.md> (дата обращения: 26.03.2022).
5. MTPProto 2.0. URL: <https://core.telegram.org/api/end-to-end> (дата обращения: 27.03.2022).

УДК 004.056.4

К. К. Ромодина

студент кафедры безопасности информационных систем

А. А. Овчинников – кандидат технических наук, заведующий кафедрой, доцент – научный руководитель.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ С ОТКРЫТЫМ КЛЮЧОМ НА ОСНОВЕ КВАЗИЦИКЛИЧЕСКИХ НИЗКОПЛОТНОСТНЫХ КОДОВ

В данной статье (исследовании) будет рассмотрено применение квазициклических низкоплотностных кодов в системах с открытым ключом на основе задач из теории кодирования. В работе представлены сведения о криптографии с открытым ключом, приведены описания кодовых криптосистем и некоторые данные, позволяющие сравнить их, исследован параметр одной из систем.

В современном мире множество процессов зависит от передачи данных. Защита канала связи зачастую невозможна, и потому средства защиты применяются непосредственно к передаваемой информации. Криптография является основным способом обеспечения конфиденциальности данных. К информации применяют преобразования, скрывающие их структуру. Обратные преобразования возможны лишь при знании секретной информации – ключа. Эти процессы называются шифрованием и дешифрованием.

Различают симметричную и асимметричную криптографию. В симметричной криптографии ключи шифрования и дешифрования совпадают или могут быть получены друг из друга. Возникает проблема обмена ключами – для надежности шифрования ключи должны оставаться в секрете, но, как уже было сказано, канал связи открыт, а значит, ключи могут быть перехвачены в момент передачи.

Асимметричная криптография

В асимметричной криптографии, в свою очередь, используется пара независимых друг от друга ключей. Открытый ключ известен всем и может быть использован для шифрования любого сообщения. Восстановить зашифрованную информацию можно только с помощью закрытого ключа, известного только получателю.

Концепция криптографии с открытым ключом была предложена в 1976 г. в работе У. Диффи и М. Хеллмана [1]. В основе систем лежат функции с закрытыми дверями – математические преобразования, необратимые без знания секретной информации. Для построения таких функций используются вычислительно трудные задачи, такие как, например, задача декодирования линейного кода.

Система МакЭлиса

Первая кодовая криптосистема появилась в 1978 году в работе Р. МакЭлиса [2]. На рис. 1 представлено графическое описание работы системы МакЭлиса.

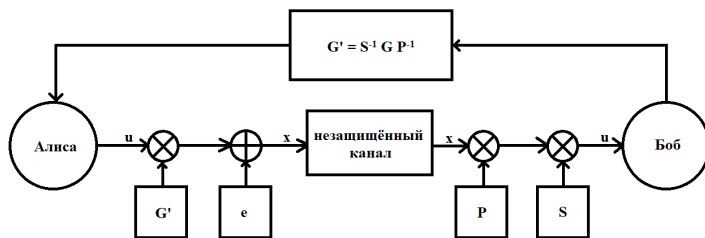


Рис. 1. Система МакЭлиса

Ниже будет приведена схема ее работы.

Генерация ключей в системе МакЭлиса происходит следующим образом:

1. Выбирается $(k \times n)$ -порождающая матрица \mathbf{G} линейного кода Гоппы, способного исправить t ошибок.
 2. Генерируются случайные матрицы: скремблирующая $(k \times k)$ -матрица \mathbf{S} и перестановочная $(n \times n)$ – матрица \mathbf{P} .
 3. Создается открытый ключ: $\mathbf{G}' = \mathbf{SGP}$.
Таким образом, открытым ключом является (\mathbf{G}') , закрытым – $(\mathbf{S}, \mathbf{G}, \mathbf{P})$.
- Характеристики кода, задаваемого матрицей открытого ключа, совпадают с характеристиками секретного кода.

Шифрование осуществляется следующим образом:

1. Выбирается k -битное сообщение m .
2. m кодируется посредством матрицы \mathbf{G}' : $a = m\mathbf{G}'$.
3. Генерируется случайный вектор \mathbf{e} , вес Хэмминга которого равен t ($w(\mathbf{e}) = t$).
4. Сгенерированный вектор ошибки накладывается на сообщение: $x = a + \mathbf{e}$.

Дешифрование происходит по следующей схеме:

1. Принятое слово умножается на матрицу, обратную к перестановочной: $x' = x\mathbf{P}^{-1} = (m\mathbf{SGP} + \mathbf{e})\mathbf{P}^{-1} = m\mathbf{SG} + \mathbf{eP}^{-1}$. Можно заметить, что x' является кодовым словом секретного кода, а вес $w(\mathbf{eP}^{-1}) = t$.
2. x' декодируется с использованием какого-либо быстрого алгоритма декодирования, способного исправить t ошибок. Результатом декодирования станет слово $m' = m\mathbf{S}$.
3. Из m' получается исходное сообщение: $m = m'\mathbf{S}^{-1}$.

Основными недостатками системы МакЭлиса являются большие размеры ключей и использование кодов строго определенного вида. В системе, рассмотренной ниже, в классическую схему МакЭлиса были внесены изменения, позволяющие справиться эти недостатки.

Система Балди

Система, описанная в работе М. Балди [3] основана на системе МакЭлиса. В системе коды Гоппы были заменены на квазидвухциклические низкоплотные (Quasi Cyclic Low Density Parity Check Codes, QC-LDPC) коды. Матрицы этих кодов имеют блочно-циркулянтную форму: они состоят из некоторого количества блоков, каждый из которых представлен циркулянтной матрицей – матрицей, состоящей из циклических сдвигов первой строки. Первая строка состоит из определенного набора блоков циркулянтных матриц. Строки после нее состоят из циклических сдвигов этой строки блоков.

Основным достоинством таких матриц является возможность хранить их, затрачивая меньше памяти, чем на хранение обычных матриц. Достаточно хранить лишь первую строку матрицы.

Перестановочная матрица \mathbf{P} была заменена на более общую по структуре матрицу \mathbf{Q} .

На рис. 2 представлено графическое описание работы системы Балди.

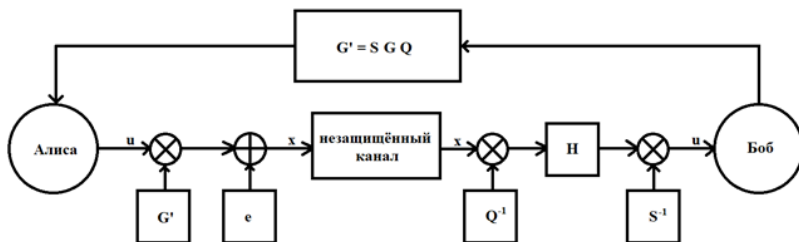


Рис. 2. Система Балди

Рассмотрим схему работы системы Балди. Генерация ключей в системе Балди происходит следующим образом:

1. Выбирается порождающая матрица \mathbf{G} QC-LDPC кода, состоящая из $(k_0 \times n_0)$ блоков размерностью $(p \times p)$. Для данного кода известен быстрый алгоритм декодирования, способный исправить t ошибок.

2. Генерируются случайные матрицы: скремблирующая матрица \mathbf{S} из $(k_0 \times k_0)$ блоков размерностью $(p \times p)$ и разреженная матрица \mathbf{Q} из $(n_0 \times n_0)$ блоков размерностью $(p \times p)$.

3. Создается открытый ключ: $\mathbf{G}' = \mathbf{S}\mathbf{G}\mathbf{Q}$. Поскольку все матрицы, входящие в состав произведения, имеют блочно-циркулянтную форму, результирующая матрица тоже имеет блочно-циркулянтную форму.

Таким образом, открытым ключом является (\mathbf{G}') , закрытым – $(\mathbf{S}, \mathbf{G}, \mathbf{Q})$.

Характеристики кода, задаваемого открытым ключом, совпадают с характеристиками секретного кода.

Шифрование осуществляется следующим образом:

1. Выбирается k -битное сообщение m .

2. m кодируется посредством матрицы \mathbf{G}' : $a = m\mathbf{G}'$.

3. Генерируется случайный вектор \mathbf{e} , $w(\mathbf{e}) = t$. Важно, чтобы t был меньше, чем корректирующая способность кода t , поскольку в процессе дешифрования вес вектора может увеличиться.

4. Сгенерированный вектор ошибки накладывается на сообщение: $x = a + \mathbf{e}$.

Дешифрование происходит по следующей схеме:

1. Принятое слово умножается на матрицу, обратную к перестановочной: $x' = x\mathbf{Q}^{-1} = (m\mathbf{S}\mathbf{G}\mathbf{Q} + \mathbf{e})\mathbf{Q}^{-1} = m\mathbf{S}\mathbf{G} + \mathbf{e}\mathbf{Q}^{-1}$. Можно заметить, что x' является кодовым словом секретного кода, а вес $w(\mathbf{e}\mathbf{Q}^{-1}) \geq t$. Обозначим вес строки матрицы \mathbf{Q} буквой u . Вес произведения не превысит величины $u \cdot t$, следовательно, t' не должен превышать t/u .

2. x' декодируется с использованием какого-либо быстрого алгоритма декодирования, способного исправить t' ошибок. Результатом декодирования станет слово $m' = m\mathbf{S}$.

3. Из m' получается исходное сообщение: $m = m'\mathbf{S}^{-1}$.

Использование блочно-циркулянтных матриц позволяет существенно уменьшить размер ключа, поскольку можно хранить лишь первые строки матриц. Размер ключа в стандартном варианте системы МакЭлиса (1024, 512) равен 67072 байтам, размер ключа в системе Балди с теми же параметрами – 6144 байта [4].

Исследование параметров t и t'

В системе Балди вес вектора ошибки, наложенного на слово при шифровании, равен t . В то же время, при дешифровании легальному пользователю необходимо декодировать t' ошибок. Таким образом, злоумышленнику доступно большее количество неискаженных символов, что приводит к падению стойкости системы, а значит и к необходимости увеличения размеров ключа. Данные, отражающие стойкость систем к различным атакам, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры стойкости систем

Система	R	k	n	t	Стойкость, \log_2	Атака
МакЭлиса	~1/2	524	1024	50	53	декодирование t ошибок
	~2/3	684	1024	34	54	
		2752	4096	112	178	
Балди	~2/3	8192	12288	27	54	
		24576	36864	81	135	

Таким образом, необходимо исследовать изменение веса вектора при умножении на блочно-циркулянтную матрицу. Рассмотрим умножение вектора \mathbf{x} , длина которого равна 1024, а вес Хэмминга

равен 25, на блочно-циркулянтную матрицу \mathbf{Q} . Матрица \mathbf{Q} состоит из (2×2) блоков размерностью (512×512) . На рис. 3 представлен общий вид матрицы \mathbf{Q} .

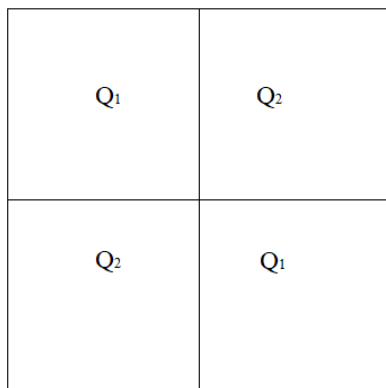


Рис. 3. Общий вид матрицы \mathbf{Q}

Каждый блок матрицы представлен циркулянтом. Матрица регулярна и вес ее строки равен сумме весов первых строк циркулянтов-блоков матрицы.

В ходе эксперимента порядка 100 случайно сгенерированных векторов \mathbf{x} длины 1024 и веса 25 умножались на 100 случайно сгенерированных матриц \mathbf{Q} , состоящих из циркулянтов заданного веса. В результате получались векторы $\mathbf{y} = \mathbf{x}\mathbf{Q}$. Вес Хэмминга векторов \mathbf{y} ($w(\mathbf{y})$) подсчитывался.

На рис. 4 представлена гистограмма получившихся весов результирующих векторов \mathbf{y} при умножении векторов \mathbf{x} на матрицы \mathbf{Q} с циркулянтом весом 1 (вес строки равен 2).

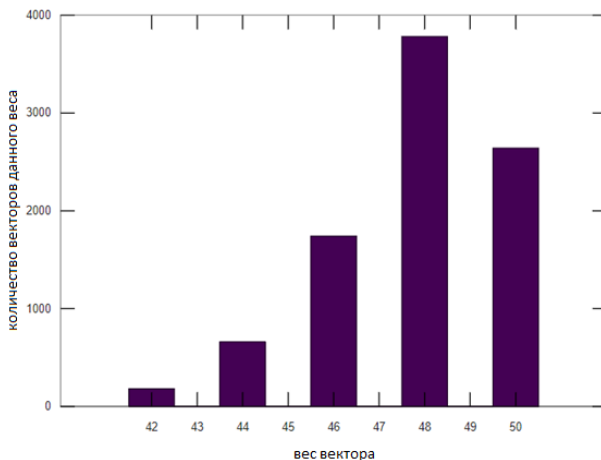


Рис. 4. Гистограмма весов результирующего вектора

На рис. 5 представлена гистограмма получившихся весов результирующих векторов \mathbf{y} при умножении векторов \mathbf{x} на матрицы \mathbf{Q} с циркулянтом весом 2 (вес строки равен 4).

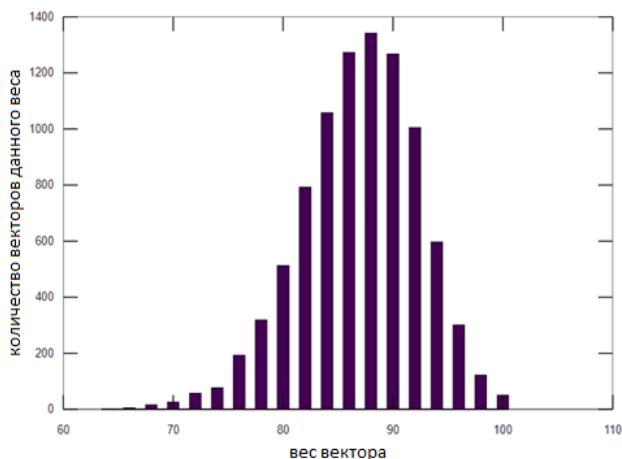


Рис. 5. Гистограмма весов результирующего вектора

На рис. 6 представлена гистограмма получившихся весов результирующих векторов y при умножении векторов x на матрицы Q с циркулянтном весом 4 (вес строки равен 8).

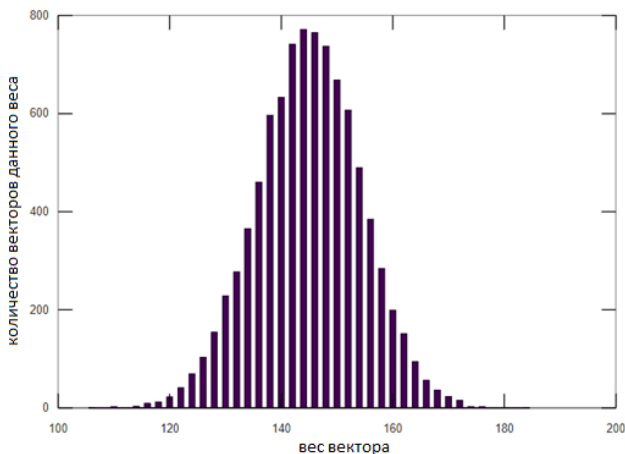


Рис. 6. Гистограмма весов результирующего вектора

Можно заметить, что при увеличении веса циркулянта средний вес результирующего вектора уменьшается, и отдалается от верхней границы ($u \cdot l$). На векторы максимально возможного веса приходится малая часть результирующих векторов, но и эти случаи необходимо учитывать, поскольку ошибка декодирования в кодовых криптосистемах недопустима.

Кроме того, с ростом веса циркулянта резко возрастает и вес результирующего вектора. Корректирующая способность квазициклических низкоплотностных кодов обычно достаточно небольшая. Использование циркулянтов достаточно большого веса требует задания крайне малого параметра l ,

что существенно снизит стойкость системы. В целях обеспечения большей стойкости, лучше выбирать матрицы Q с малым весом строки.

Заключение

Были приведены описания нескольких кодовых криптосистем и проведены исследования одного из параметров. В результате проведенных экспериментов были получены данные об изменении веса вектора при умножении его на блочно-циркулянтные матрицы с разным весом строки.

Библиографический список

1. Diffie W., Hellman M. New directions in cryptography // IEEE Transactions on Information Theory, 1976. P. 525–530.
2. McEliece R. J. A public-key cryptosystem based on algebraic coding theory // DSN Prog, 1978. P. 42–44.
3. Baldi M. QC-LDPC Code-Based Cryptography. Springer, 2014. P. 91–92.
4. Baldi M. LDPC codes in the McEliece cryptosystem: attacks and countermeasures // Polytechnic University of Marche. Ancona, Italy. 2009. P. 13.
5. Krouk E. Ovchinnikov A. Code-Based Public-Key Cryptosystem Based on Bursts-Correcting Codes // The Thirteen Advanced International Conference on Telecommunications. 2017. P. 93–95.

УДК 004.056

М. С. Собакин, Ю. И. Павлова

студенты кафедры безопасности информационных систем

А. В. Афанасьева – старший преподаватель – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ

Разработка систем электронного голосования, начавшаяся 90-е гг., была обусловлена стремительным развитием информационно–коммуникационных технологий и распространением доступа граждан к Интернету. Сейчас, во времена пандемии и массового перехода на дистанционную работу, внедрение электронного голосования приобретает особую актуальность.

Обзор предметной области

Электронное голосование – это система голосования, которая использует электронные методы для подсчета и записи голосов.

Существует три основных типа электронных систем голосования, которые уже использовались и до сих пор используются на выборах по всему миру:

Оптическое сканирование – самое старое и наиболее распространенное, в котором избиратель отмечает физический бумажный бюллетень, который считывается оптическим сканером, а затем заносится в электронную таблицу.

Прямая запись, в котором избиратель вводит свои голоса непосредственно в электронный аппарат.

Голосование через Интернет.

Очень немногие страны используют интернет-голосование, так как оно требует капитальных затрат каждые несколько лет на обновление оборудования, а также ежегодных расходов на техническое обслуживание, безопасность и расходные материалы. Если электронное голосование работает хорошо, то скорость его обработки может быть преимуществом, когда на каждом бюллетене много кандидатов.

В данный момент единственная страна, которая внедрила технологию интернет-голосования на общенациональном уровне – Эстония [1].

Протоколы тайного голосования в криптографии – это протоколы обмена данными для реализации безопасного тайного электронного голосования через Интернет при помощи компьютеров, телефонов или других специальных вычислительных машин, опирающиеся на проверенные криптографические системы, вроде асимметричного шифрования и электронной подписи. Это направление криптографии все еще развивается, но уже применяется на практике.

В данной статье будет рассматриваться голосование через Интернет. Будут проанализированы существующие протоколы электронного голосования и проведено сравнение их характеристик.

Чтобы система электронного голосования обеспечивала легитимность полученных результатов необходимо, чтобы она отвечала следующим требованиям [2]:

1. Голосовать могут только те, кто имеет право.
 2. При подсчете результатов голосования для каждого избирателя учитывается не более одного голоса.
 3. Никто не может узнать, за кого проголосовал конкретный избиратель (т.е. должна обеспечиваться анонимность голосования).
 4. Никто не может проголосовать от лица другого участника.
 5. Никто не может тайно изменить чей-то голос.
 6. Избиратель может проверить, что его голос учтен при подведении итогов голосования.
 7. Каждый знает кто голосовал, а кто нет.
- Желательны также два дополнительных свойства:
8. Избиратель может изменить свое мнение (т. е. аннулировать свой бюллетень и проголосовать заново) в течение заданного периода времени.

9. Если избиратель обнаруживает, что его голос засчитан неправильно, он может подать протест.

Для сравнения различных протоколов электронного голосования будет оцениваться несколько параметров:

1. Используемые модели безопасности.
2. Сложность задачи голосования – количество и тип вычислительно сложных операций, применяемых в протоколе.
3. Приемлемость – голосовать могут только лица, имеющие такие права; каждый может голосовать только 1 раз (соответствует требованиям 1 и 2).
4. Честность – публикуются списки голосовавших (соответствует требованию 7).
5. Проверка избирателем правильности учета его голоса (соответствует требованию 6).
6. Анонимность (конфиденциальность) – информация об отдельных голосах отсутствует (соответствует требованию 3).
7. Возможность изменения голоса (соответствует требованию 8).
8. Возможность подачи протеста (соответствует требованию 9).
9. Свобода от принуждения (соответствует требованиям 4 и 5).

Обзор известных протоколов

Специалисты по безопасности считают, что исходный код программного обеспечения, используемого в устройствах для голосования, должен быть открыт для публичного изучения, а программное обеспечение должно создаваться и распространяться как свободное, доступное для модифицирования, изучения, поиска уязвимостей. Поэтому алгоритмы основных используемых протоколов известны и могут быть проанализированы.

Простой протокол тайного цифрового голосования

На рис. 1 представлена схема простого протокола тайного цифрового голосования.

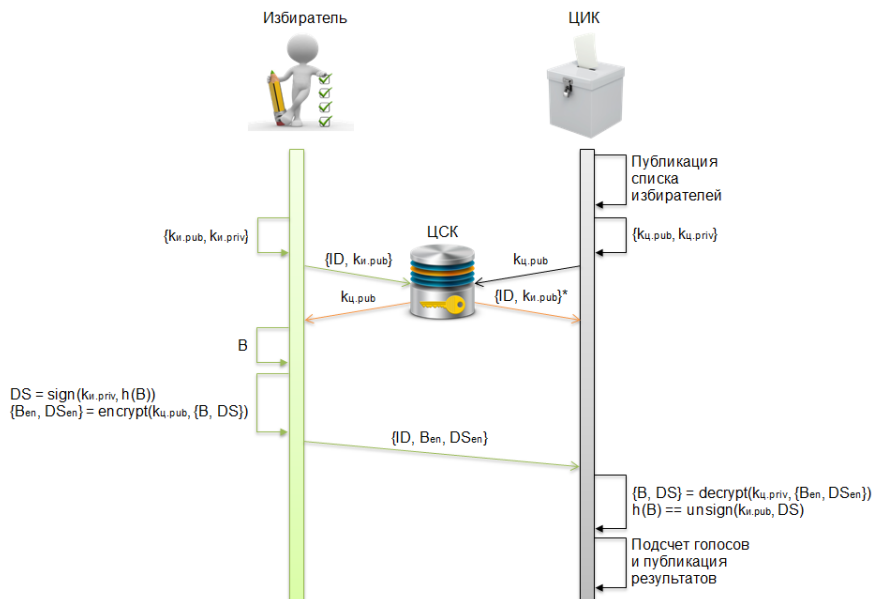


Рис. 1. Схема простого протокола электронного голосования

Достоинства и недостатки:

1. Каждый бюллетень подписан закрытым ключом избирателя, поэтому Центральный Избирательный Комитет (далее – ЦИК) знает, кто и как голосовал.
2. Шифрование бюллетеней и ЭП к нему открытым ключом ЦИК мешает посторонним узнать, кто за кого голосовал.

Протокол двух агентств Нурми – Саломаа – Сантин

На рис. 2 представлена схема протокола двух агентств Нурми – Саломаа – Сантин.

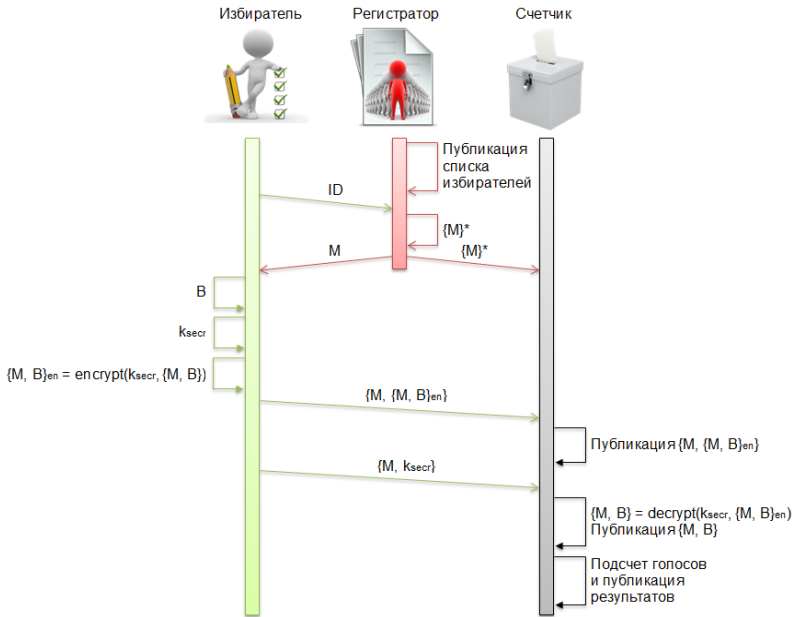


Рис. 2. Схема протокола двух агентств Нурми – Саломаа – Сантин

Достоинства и недостатки:

1. Регистратор знает, какие метки принадлежат каким избирателям и, соответственно, их выбор. В связи с этим избирателям приходится надеяться на честность регистратора, отсутствие сговора между регистратором и счетчиком, взлома базы данных регистратора злоумышленниками и т. п.
2. По окончании голосования регистратор может опубликовать списки проголосовавших избирателей, но без указания их меток.

3. Избиратель может изменить свое мнение. Для этого он высылает метку M , секретный ключ k_{secr} и новый зашифрованный файл $\{M, B\}'_{en}$. Счетчик расшифровывает ранее посланный бюллетень $\{M, B\}_{en}$ и сравнивает метки, высланную в открытом виде и содержащуюся в зашифрованном файле. В случае их совпадения $\{M, B\}_{en}$ меняется на $\{M, B\}'_{en}$.

Если избиратель обнаруживает, что его голос засчитан неправильно, он может подать протест, предоставив счетчику $\{M, k_{secr}, \{M, B\}'_{en}\}$.

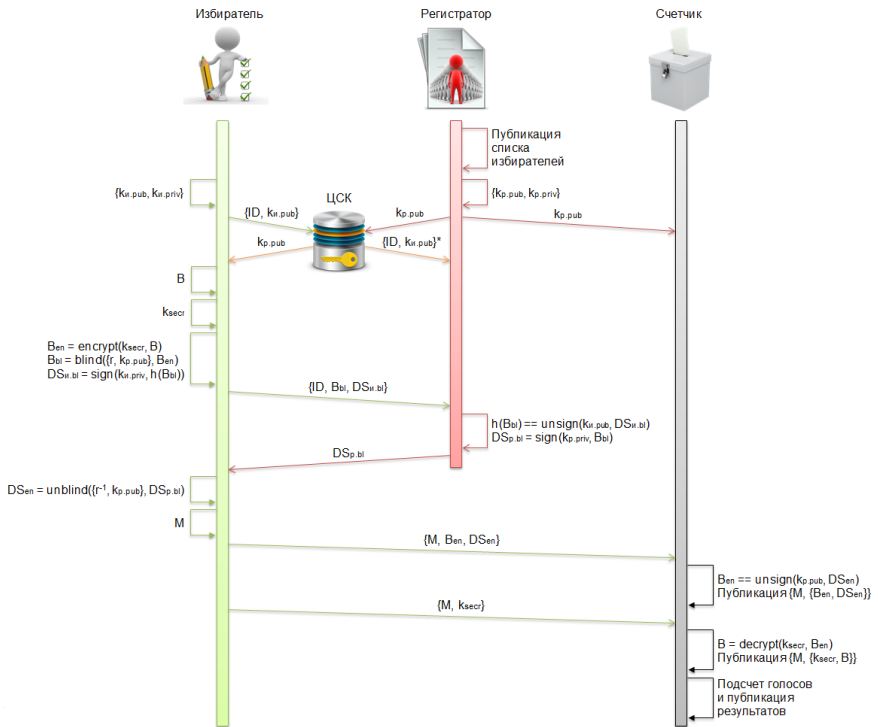
Протокол двух агентств Фудзиоки – Окамото – Оты

На рис. 3 представлена схема протокола двух агентств Фудзиоки – Окамото – Оты [3].

Достоинства и недостатки:

1. Так как никто, кроме избирателя, не может сопоставить одновременно DS_{en} , $DS_{u,bl}$ и $DS_{p,bl}$, а также ID и M , то исключается раскрытие выбора избирателя (обеспечивается полная анонимность).

2. Свойство 7 (каждый знает кто голосовал, а кто нет) не может быть обеспечено, если только избиратель не раскроет свою личность.



*Рис. 3. Схема протокола двух агентств
Фудзиоки – Окамото – Оты*

3. Для изменения выбора избирателя в течение заданного периода времени необходимо аннулировать свой бюллетень у счетчика с раскрытием своей личности, предоставив $\{ID, M, K_{secret}\}$. Счетчик должен уведомить регистратора, что бюллетень избирателя с конкретным ID аннулирован, а затем повторить этапы со 2 по 5.

4. Раскрытие личности при аннулировании бюллетеня необходимо с целью исключения повторного голосования избирателем.

Протокол на основе «слепой подписи»

На рис. 4 представлена схема протокола на основе «слепой подписи».

Достоинства и недостатки:

1. Если избиратель хочет изменить свой выбор с B на B' , то ему достаточно послать ЦИК $\{M, DS, B'\}_{en}$.

2. Существенным недостатком протокола является возможность продажи голосов. Получив от ЦИК подпись DS к анонимной метке M , избиратель может продать пару $\{M, DS\}$ заинтересованному лицу, которое, в свою очередь, может сделать выгодный для него выбор в бюллетене B'' и отослать $\{M, DS, B''\}_{en}$ в ЦИК.

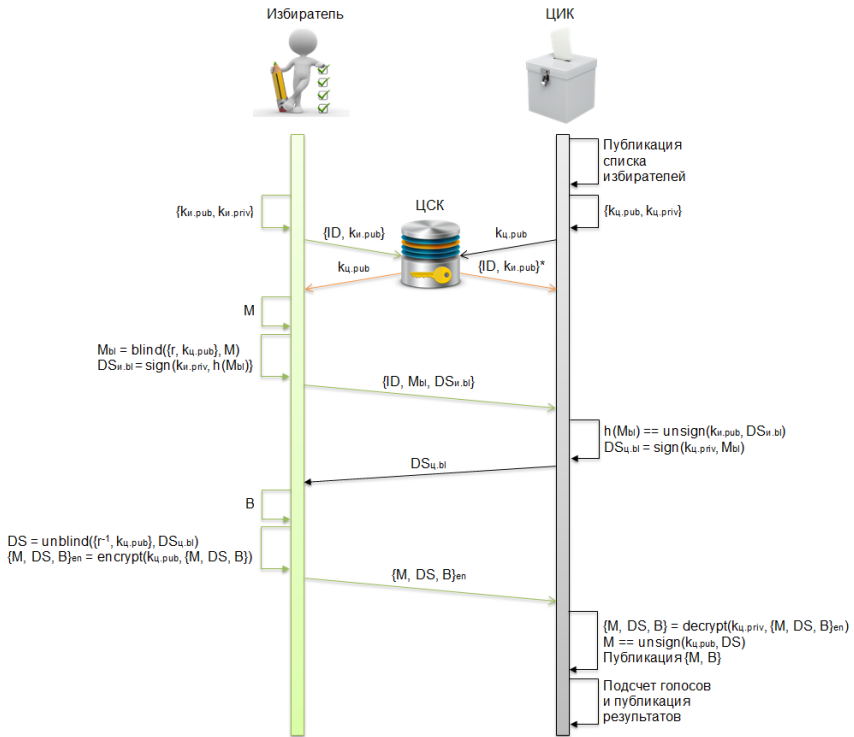


Рис. 4. Схема протокола на основе «слепой подписи»

Протокол на основе ANDOS

На рис. 5 представлена схема протокола на основе ANDOS [4] (англ. All or Nothing Disclosure Of Secrets – раскрытие секрета «все или ничего») криптографического протокола «секретной продажи секретов».

Достоинства и недостатки:

1. Если избиратель хочет изменить свой выбор с B на B' , то он посылает ЦИК $\{M, k_{dec}, \{M_{en}, B'_{en}\}\}$. С помощью секретного ключа k_{dec} ЦИК расшифровывает предыдущее зашифрованное сообщение $M' = \text{decrypt}(k_{dec}, M_{en})$, сравнивает метки $M' == M$ и, в случае совпадения меняет $\{M_{en}, B_{en}\}$ на $\{M_{en}, B'_{en}\}$. Естественно для создания новой пары $\{M_{en}, B'_{en}\}$ должна быть применена новая пара ключей $\{k_{en}, k_{dec}\}$.
2. Если избиратель обнаруживает, что его бюллетень подсчитан неправильно, он протестует, посылая ЦИК $\{M, k_{dec}, \{M_{en}, B_{en}\}\}$.
3. Одной из проблем этого протокола является то, что ЦИК сможет воспользоваться правом голоса людей, которые сообщили о намерении голосовать на этапе (2), но не голосовали в действительности. Другой проблемой является сложность протокола ANDOS (плохая масштабируемость). Авторы рекомендуют разбивать избирателей на меньшие группы, например, избирательные округа.

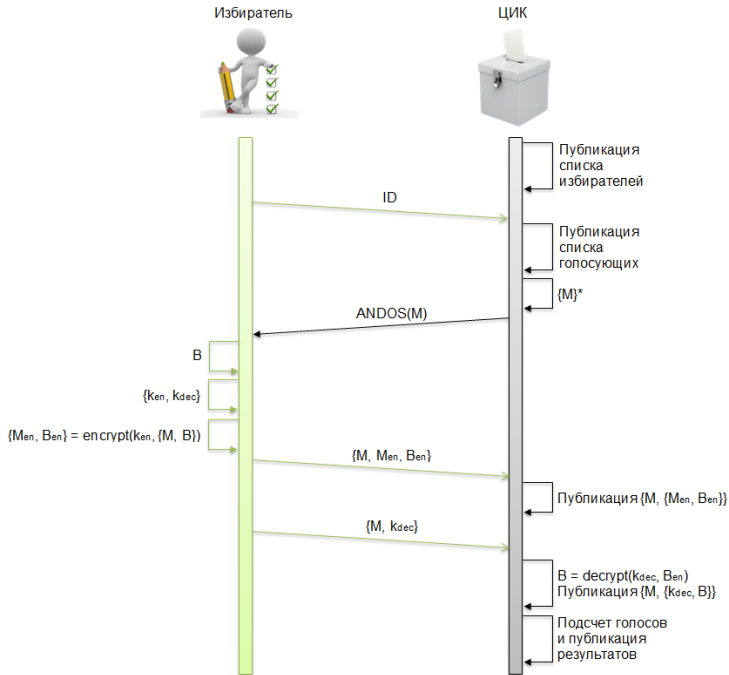


Рис. 5. Схема протокола на основе ANDOS

Сравнение характеристик рассмотренных протоколов

В табл. 1 представлены основные характеристики рассмотренных систем, используемые модели безопасности и криптографически сложные операции. Приняты следующие условные обозначения: AC – асимметричное шифрование/дешифрование; SC – симметричное шифрование/дешифрование; B – ослепляющее шифрование; S – электронная подпись.

Таблица 1

Характеристики рассмотренных протоколов

Свойство	Протокол					
	Традиционное бумажное голосование	Простой протокол тайного цифрового голосования	Протокол двух агентств Нурми – Саломая – Сантин	Протокол двух агентств Фудзиоки – Окамото – Оты	Протокол на основе «слепой подписи»	Протокол на основе ANDOS
Приемлемость	+	+	+	+	+	+
Анонимность	+	-	-	+	+	+
Проверка избирателем правильности учета его голоса	-	-	+	+	+	+

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Свойство	Протокол					
	Традиционное бумажное голосование	Простой протокол тайного цифрового голосования	Протокол двух агентств Нурми – Саломая – Сантин	Протокол двух агентств Фудзиоки – Окамото – Оты	Протокол на основе «слепой подписи»	Протокол на основе ANDOS
Честность	–	+	+	–	–	–
Возможность изменения голоса	–	–	+	+	+	+
Возможность подачи протеста	–	–	+	+	–	+
Свобода от принуждения	–	–	+	+	+	+
Используемые модели безопасности	–	АС и электронная подпись	SC и уникальные метки избирателей	АС и слепая подпись	АС, подпись ключа и слепая подпись	SC и протокол ANDOS
Сложность голосования	–	S+2AC	S+2SC	2AC+B+2S	2AC+B+2S	ANDOS+2SC

Выводы

В рамках данного исследования были рассмотрены различные протоколы электронного голосования. Рассмотренные протоколы обеспечивают конфиденциальность различными методами, используя вычислительно простые (получение хеша), вычислительно сложные криптографические схемы (симметричное/асимметричное шифрование) и даже самостоятельные криптопротоколы (например, ANDOS). Общим недостатком является невозможность противостоять подкупу избирателей.

Выбор конкретного протокола должен основываться на масштабах проводимого голосования, потребности в стойкости, имеющихся аппаратных средствах и возможности вмешательства извне.

Библиографический список

1. Estonia pulls off nationwide net voting. URL: <https://www.zdnet.com/article/estonia-pulls-off-nationwide-net-voting/> (дата обращения: 20.03.2022).
2. Смарт Н. Мир программирования. Криптография. М.: Техносфера, 2005. 528 с.
3. Fujioka A., Okamoto T., Ohta K. A Practical Secret Voting Scheme for Large Scale Elections // AUSCRYPT. 1992. С. 244–251.
4. Brassard G., Crepeau C., Robert J.-M. All-or-nothing disclosure of secrets // CRYPTO. 1987. № 86. С. 234–238.

УДК 004.054

Д. Р. Крылов

студент кафедры инфокоммуникационных систем

Е. М. Линский – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОВЕРКИ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ C

Преподавание предмета информатики в Санкт-Петербургском государственном университете аэрокосмического приборостроения устроено таким образом, что количество сданных лабораторных работ определяют оценку на экзамене. Каждый набор из нескольких типов заданий определяет наличие у студента конкретных навыков, которые дают обучающемуся право сдать экзамен на соответствующий знаниям балл.

Решение студента оценивается на корректность и стиль. С точки зрения корректности, программа должна выводить верный ответ при тех или иных входных данных, а в плане стиля, код должен быть оформлен по общепринятым стандартам [1], таким как отступы у вложенных конструкций, пустые строки между функциями и многие другие.

Прием лабораторных работ происходит с участием порядка 150–200 студентов на одного преподавателя. У каждого обучающегося имеется своя реализация программы, каждую из которых необходимо проверить на содержание синтаксических ошибок, а также, подавая на вход данные, определять ее работоспособность. Только после проведения данных этапов проверяющий может перейти к обсуждению самого подхода для решения задачи. Из-за траты времени на исправление типовых повторяющихся ошибок многие студенты не успевают сдать работу за отведенное время. Отсюда возникла задача оптимизации рабочего процесса путем автоматизации этапов проверки стиля и тестирования программ. После сдачи лабораторной работы оценка проставляется студенту в электронную ведомость на Google Sheets [2] – онлайн-приложение, с помощью которого можно работать с таблицами.

В процессе сдачи лабораторных работ можно автоматизировать проверку программы на корректность ее работы, на оформление исходного кода, а также занесение результатов проверки в электронную ведомость.

Требования к системе автоматизации

Система должна давать возможность проверки программ на корректность таким образом, чтобы можно было определять правильность выходных данных, подавая на вход заранее известные значения, и чтобы был доступ к выгрузке результатов студентов, которые далее заносятся в электронную ведомость. Также должна быть возможность проверять исходный код программы на оформление, чтобы результат анализа учитывался в электронной ведомости. Так как системой будут пользоваться студенты первого курса, интерфейс должен быть простым и удобным. Помимо всего прочего, система должна быть бесплатной в использовании.

Yandex.contest как кандидат для системы автоматизации

В систему Yandex.contest [3] (платформа для проведения онлайн-тестирования, в частности проведение соревнований по спортивному программированию) поступает файл, содержащий исходный код программы на языке программирования C. Данная программа выполняет конкретную задачу, согласно варианту и типу задания определенного студента. Файл, с помощью web-страницы [4], загружается на сервер Яндекса, где проходит через заранее заготовленные тесты: на вход подаются определенные значения, исходя из которых программа выдаст ответ, который будет сравниваться с эталонным для данных значений. Для более точной проверки тесты будут учитывать частные случаи, для каждого варианта программы. Результаты проверок известны студенту, хранятся в системе и доступны

администратору в качестве .csv файла [5] – текстовый файл, с информацией, где каждая строка, это отдельная строка таблицы, а столбцы отделены один от другого специальными символами (разделителями).

Для организации проверки корректности через Yandex.contest, необходимо осуществить следующие шаги. На начальном этапе создать турнир, который представляет собой объединение нескольких соревнований (лобби из зарегистрированных участников Yandex.contest, которые имеют возможность загружать свои решения в систему и получать результаты проверки программ сервером) между собой для более удобной навигации между ними. Далее, нужно создать соревнования, каждое из которых дает возможность студентам загружать свои ответы для определенного варианта задач в виде конкретной реализации программы. Соревнования необходимо настроить: выбрать соответствующий компилятор для языка C, доступ к регистрации на соревновании сделать по ссылке, выставить необходимые ограничения на характеристики посылок (файл с программой студента, отправленный на сервер для обработки), настроить монитор результатов (таблица результатов участников соревнования) всех конкурсных участников соревнования. Каждое соревнование добавляется в турнир. Далее, необходимо создать все задачи, которые предстоит решать студентам. Для каждой задачи нужно указать название, легенду (текст задачи), тип, формат ответа, ограничения на запуск, ограничения на компиляцию, настройки чекера (программа проверки кода по тестам). Легенда может быть написана с использованием TeX [6]. Корректная работа решений участников определяется с помощью заранее заготовленных тестов, которые также вручную создаются и загружаются в систему (рис. 1).

			Файл теста		Файл ответа
1	✓		tests/01		tests/01.a

^ 1

Шаблон входного файла

Шаблон файла правильного ответа

			Файл теста		Файл ответа
1	✓		tests/01		tests/01.a
2	✓		tests/02		tests/02.a

Рис. 1. Добавленные тесты для проверки программ

Все перечисленные выше шаги создания задач выполняются только один раз: на этапе создания системы, далее наборы с задачами можно импортировать в другие соревнования. Созданные задачи объединяются в наборы задач таким образом, чтобы в каждом наборе было необходимое количество типов задач в рамках одного варианта. Далее наборы задач распределяются по соответствующим соревнованиям. На последнем этапе необходимо раздать ссылку-приглашение на соревнования студентам, согласно их вариантам. Система готова к использованию, на рис. 2 изображен пример результата проверки программы. Регистрацию на соревнования рекомендуется сделать закрытыми. Периодически с помощью скрипта на языке Python происходит обработка и выгрузка результатов в электронную ведомость на Google Sheets.

✓ Ваше решение успешно отправлено

Язык: GNU c 4.9

Набрать здесь | Отправить файл

```

1 #include <stdio.h>
2
3 int main()
4 {
5     int a, b, umn;
6     scanf("%d", &a);
7     scanf("%d", &b);
8     umn = a + b;
9     printf("%d", umn);
10
11     return 0;
12 }
    
```

Отправить | 1 осталось 97 попыток

Следующая

Время послылки	ID	Задача	Компилятор	Вердикт	Тип послылки	Время	Память	Тест	Баллы
29 май 2022, 07:26:01	68864080	1	GNU c 4.9	OK	-	2ms	256.00Кб	-	- отчет
29 май 2022, 07:24:32	68864077	1	GNU c 4.9	RE	-	2ms	256.00Кб	1	- отчет
3 мар 2022, 19:25:32	65723461	1	c 11 x32 4.9	CE	-	0ms	0Б	-	- отчет

Рис. 2. Результаты проверки программы

Проверка стиля облегчает подготовку студента к сдаче лабораторной работы, так как при удачном прохождении Lint [7] (статический анализатор для языка программирования Си, который сообщает о подозрительных или непереносимых на другие платформы выражениях), шансы на успешную защиту повышаются, потому что претензий к оформлению кода у преподавателя, скорее всего, не возникнет. Пример результата работы Lint показан на рис. 3.

```

.\test.cc:0: No copyright message found. You should have a line: "Copyright [year] <Copyright Owner>" [legal/copyright] [5]
.\test.cc:2: Line ends in whitespace. Consider deleting these extra spaces. [whitespace/indent] [4]
.\test.cc:3: Do not use namespace using-directives. Use using-declarations instead. [build/namespace] [5]
.\test.cc:4: Weird number of spaces at line-start. Are you using a 2-space indent? [whitespace/indent] [3]
.\test.cc:4: Line ends in whitespace. Consider deleting these extra spaces. [whitespace/indent] [4]
.\test.cc:6: { should almost always be at the end of the previous line [whitespace/braces] [4]
.\test.cc:7: Tab found; better to use spaces [whitespace/tab] [1]
.\test.cc:7: Missing spaces around << [whitespace/operators] [3]
.\test.cc:8: Tab found; better to use spaces [whitespace/tab] [1]
.\test.cc:8: Line ends in whitespace. Consider deleting these extra spaces. [whitespace/indent] [4]
.\test.cc:9: Tab found; better to use spaces [whitespace/tab] [1]
.\test.cc:10: Could not find a newline character at the end of the file. [whitespace/ending_newline] [5]
Done processing .\test.cc
Total errors found: 12
    
```

Рис. 3. Пример результата работы Lint

Через web-страницу, авторизовавшись, студент может отправить свой исходный код на сервер для анализа Lint. После обработки кода, обучающийся получает информацию о результатах проверки. Если проверка прошла успешно, то в электронной ведомости автоматически проставляется дополнительный балл. Интеграция с электронной ведомостью осуществляется с помощью доступа к элементам разработчика Google. После создания проекта, необходимо создать сервисный аккаунт (специальный аккаунт Google для доступа приложений через API [8]) и сгенерировать для него файл с закрытым ключом, чтобы потом иметь возможность подключиться к нему через скрипт Python. К проекту также стоит подключить Google Drive API и Google Sheets API, с помощью которых можно получить доступ к нужной таблице в Google Sheets. Далее можно переходить к написанию скрипта на Python, где с использованием библиотеки gspread [9] происходит работа с электронной ведомостью.

Библиографический список

1. Брайан Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования Си. М.: Финансы и статистика, 1992. 272 с.
2. Google Таблицы. URL: <https://www.google.ru/intl/ru/sheets/about/> (дата обращения: 29.05.2022).
3. Что такое Яндекс Контекст – Яндекс Контекст. Справка. URL: <https://yandex.ru/support/context/index.html> (дата обращения: 29.05.2022).
4. Артур Бибек, Бад Смит. Создание Web-страниц для «чайников» = Creating Web Pages For Dummies. 7-е издание. М: Диалектика, 2006. 304 с.
5. Что такое CSV файл и как его преобразовать в Excel. URL: <https://tallanto.com/ru/chto-takoe-csv-fayl-i-kak-ego-preobrazovat-v-excel> (дата обращения: 29.05.2022).
6. TeX. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6517> (дата обращения: 29.05.2022).
7. Kunst Frans. Lint, a C program checker. Амстердам: Vrije Universiteit, 1988. 245 с.
8. API – что такое Application Programming Interface. URL: <https://www.seonews.ru/glossary/api/> (дата обращения: 29.05.2022).
9. Gspread documentation. URL: <https://docs.gspread.org/en/latest/user-guide.html#sharing-a-spreadsheet> (дата обращения: 29.05.2022).

УДК 004.021

Я. Д. Лапаев М. С. Ежельй

студенты кафедры инфокоммуникационных систем

А. М. Тюрликов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ БИНОМИАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Введение

Неотъемлемой частью современной математики и информатики являются комбинаторика и статистика, а эти две области, в свою очередь, очень тесно связаны с биномиальными коэффициентами.

Существуют принципиально два разных подхода для расчета биномиальных коэффициентов. Первый заключается в расчете через формулу:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}. \quad (1)$$

Второй основывается на построении треугольника Паскаля [1] до строки с номером n и выбор нужного элемента из этой строки. Если нужно вычислить только один биномиальный коэффициент, то асимптотическая сложность первого способа $O(n)$, а второго – $O(n^2)$. Если требуется вычислить все биномиальные коэффициенты для заданного значения n , то асимптотическая сложность обоих способов одинакова и равна $O(n^2)$ [2]. Однако с учетом особенностей вычислительных средств, на которых реализуются подходы, могут быть диапазоны значений n , при которых второй способ оказывается более эффективным, чем первый. Цель настоящей работы определить, при каких условиях использование треугольника Паскаля является более предпочтительным, чем непосредственный подсчет напрямую. Далее работа построена следующим образом: сначала рассмотрим реализацию непосредственного вычисления по формуле (1), затем реализацию на основе треугольника Паскаля и после этого описывается эксперимент сравнения этих реализаций на конкретных вычислительных средствах.

Алгоритм прямого подсчета биномиального коэффициента

Как написано выше, асимптотическая сложность алгоритма на основе прямого подсчета биномиального коэффициента линейна, и мы никак не сможем ее уменьшить. Однако с помощью определенных преобразований есть возможность уменьшить количество операций и тем самым ускорить программную реализацию алгоритма:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!} = \frac{n(n-1) \dots (n-(m-1))}{m(m-1) \dots 1} = \prod_{i=0}^{m-1} \frac{n-i}{m-i}. \quad (2)$$

Вычисление по формуле (2) может быть реализовано следующим образом:

1. Инициализируем две переменные a и b , которые будут означать сочетание из a по b (C_a^b) и переменную k , присвоив ей значение единицы, являющуюся результатом сочетания из a по b .
2. Инициализируем переменную m , численно равную b .
3. Если $a = b$ или $a = 0$ или $b = 0$ или $b > a$, то вернуть значение k .
4. Инициализируем переменную i , которая будет являться итерациями последующего цикла, и присвоим ей начальное значение 0.
5. Пока $i < m$

6. $k = k * (a / b)$.
7. Если $a > 1$, то отнять от a единицу.
8. Если $b > 1$, то отнять от b единицу.

9. Вернуть k .

Для реализации вышеописанных вычислений необходимо применять операции и переменные с плавающей точкой, так как используется операция деления. Однако при больших значениях n даже при использовании переменных типа `double` не удастся обеспечить точного значения. Последним корректным значением биномиального коэффициента является C_{56}^{28} .

**Алгоритм на основе
треугольника Паскаля**

Второй алгоритм работает на принципе построения треугольника Паскаля до n строчки и нахождение в ней нужного коэффициента. Построение n строчки основывается на данных $n-1$ строчки, т. е.:

$$C_n^m = C_{n-1}^{m-1} + C_{n-1}^m. \tag{3}$$

Наглядный пример в динамике построения n строчки с помощью данных из $n-1$ строчки:
 $n-1 = 5 \Rightarrow n = 6$

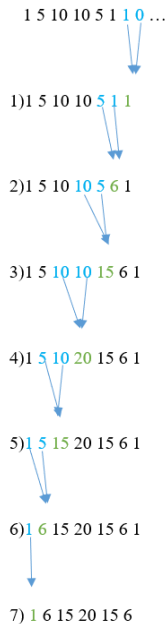


Рис. 1. Иллюстрация формирования строки в треугольнике Паскаля

Для ускорения программной реализации воспользуемся следующими особенностями треугольника Паскаля. Мы строим треугольник Паскаля лишь с помощью постепенного заполнения и формирования одного массива, размер которого равен конечной строке. Строка при этом формируется справа налево, как показано на рис. 1. Кроме этого не требуется вычислять всю строчку, а лишь половину. Для нечетных строчек, кроме вычисления элементов половины строки, копируем значение элемента справа (рис. 2).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	4	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	5	10	10	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1	6	15	20	15	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	7	21	35	35	21	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	8	28	56	70	56	28	8	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	9	36	84	126	126	84	36	9	1	0	0	0	0	0	0
10	0	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1	0	0	0	0	0
11	0	1	11	55	165	330	462	462	330	165	55	11	1	0	0	0	0
12	0	1	12	66	220	495	792	924	792	495	220	66	12	1	0	0	0

Рис. 2. Наглядный пример программной реализации построения треугольника Паскаля

Серая заливка – значения вычисляются, желтая заливка – копируется значение элемента справа. Если же нам потребуется взять элемент, который находится вне нашей зоны построения (на рис. 2 – это элементы слева без заливки), то мы можем воспользоваться следующим свойством биномиальных коэффициентов [3]:

$$C_n^k = C_n^{n-k}. \quad (4)$$

Описанные выше идеи реализуются следующим образом:

1. Создадим массив *brow*, который будет хранить информацию о *k*-ой строчке.
 2. Инициализируем переменные *n*, *j*, *i*, где *n* отвечает за количество строк, а *i* и *j* за количество итераций циклов, приравняем *i* к *j*.

3. Заполняем массив нулями, а начальному элементу присваиваем значение единицы.

4. Пока *j* <= *n*

 5. Пока *i* >= 1

 6. *brow*[*i*] = *brow*[*i* - 1] + *brow*[*j*].

 7. Если *j* нечетная, то

8. *c*[*j* / 2] = *c*[*j* / 2] + 1.

 9. Пока *i* < *n* / 2

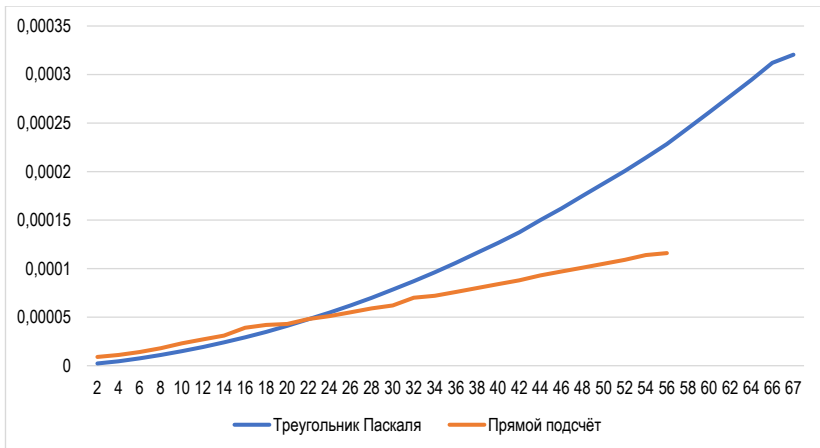
brow[*i*] = *brow*[*j*].

При программной реализации данного алгоритма мы используем лишь переменные целочисленного типа, так как в ней не требуются операции деления или умножения, что гарантирует нам максимальную точность вычислений. Ограничения связаны лишь с хранением чисел с учетом числа разрядов. Максимально возможное число, которое можно хранить для переменной типа `unsigned long long` в памяти, равно 18 446 744 073 709 551 615, а на 67 строчке треугольника Паскаля самое большое число равно 14 226 520 737 620 288 370. Таким образом, для данной программной реализации максимально можно вычислить C_{67}^{33} .

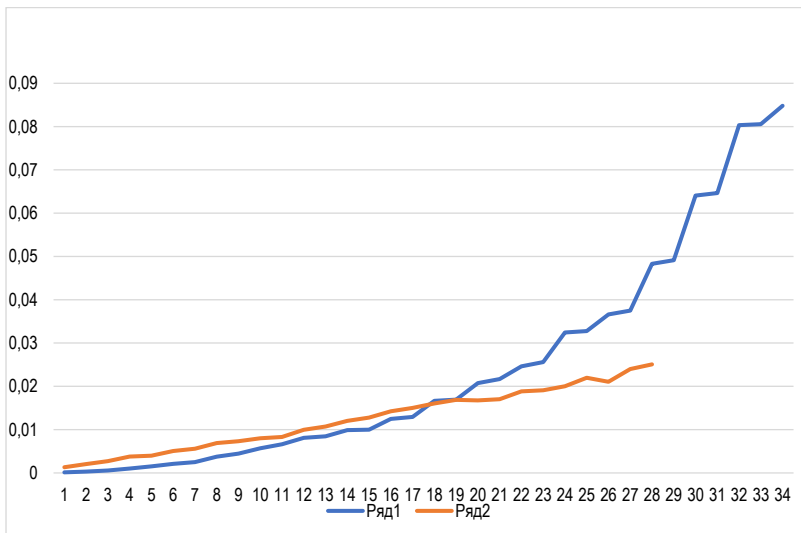
Сравнительный анализ

Проведем сравнительный анализ наших программ с помощью оценки сложности. В первой программной реализации мы производим *m* операций умножения и деления, 2*m* операций вычитания, результирующая сложность $O(m)$ операций с плавающей точкой. Во второй программной реализации мы производим $m/2 + 1$, $m/2$, $m/2 - 1 \dots 1$ операций вычисления с *m*-й по 1 строчку и $m/2$ операций копирования, результирующая сложность $O(m^2)$ операций с фиксированным значением. Получается, достаточно сложно выяснить, какая реализация работает более оптимально исключительно с помощью оценки сложности, поскольку в первой программной реализации хоть сложность и меньше, но работа с дробными числами требует больше ресурсов для процессора.

Изобразим на графике работу двух реализаций с целью их сравнения. Выводим конкретный коэффициент и смотрим на время выполнения программы. Для максимальной точности графика каждое значение было вычислено 1000000 (миллион) раз, а после взято среднее.



*Рис. 3. График зависимости вывода числа от времени
(в среде разработки Clion)*



*Рис. 4. График зависимости вывода числа от времени
(в онлайн-компиляторе)*

Теперь будем выводить строку с тем числом, которое нам нужно. Так же выводим 1000000 раз строку и берем средний результат.

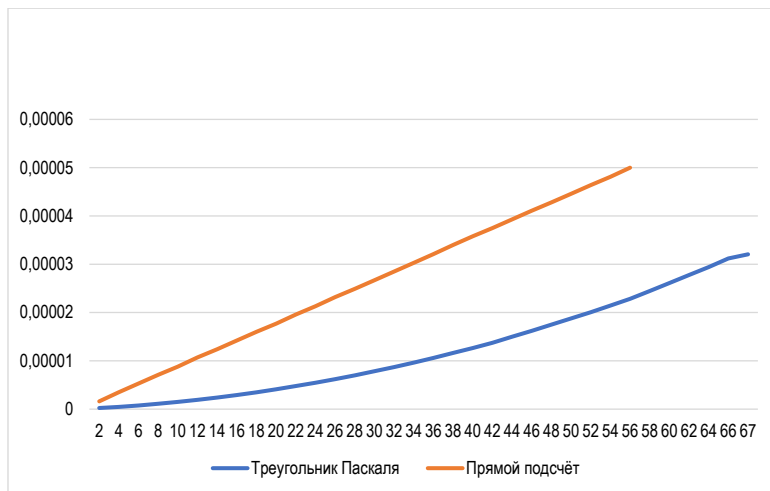


Рис. 5. График зависимости вывода строки треугольника Паскаля от времени (в среде разработки Clion)

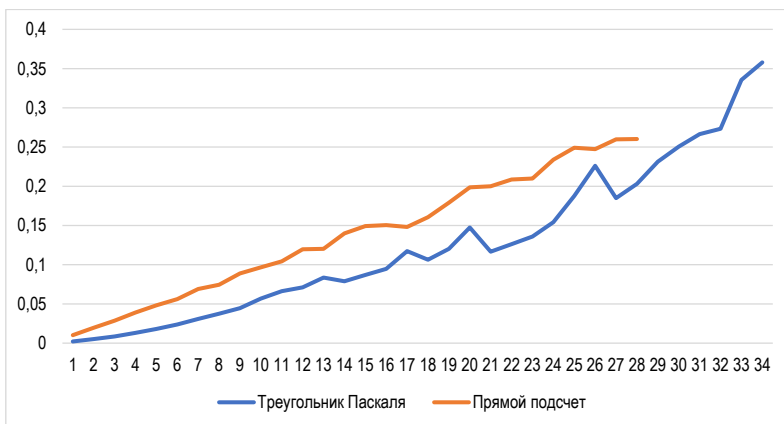


Рис. 6. График зависимости вывода строки треугольника Паскаля от времени (в онлайн-компиляторе)

Для вычислений был использован компьютер со следующими характеристиками:

Процессор AMD Ryzen 7 4800H;

ядра: 8 x 2.9 ГГц;

RAM 16 ГБ DDR4 3200МГц;

SSD 512 ГБ;

Видеокарта GeForce GTX 1650 4 ГБ.

Вычислив одни и те же данные в среде разработки Clion (рис. 3 и 5) и в онлайн компиляторе [4] (рис. 4 и 6), мы увидели разницу, что говорит о том, что в Clion имеется внутренний оптимизатор, кото-

рый уменьшает нашу сложность и время, требуемое для выполнения операций, заметно уменьшается. По данным рис. 3 и 4 становится очевидно, что для подсчета больших коэффициентов оптимальнее использовать алгоритм на основе прямого подсчета биномиального коэффициента. Из рис. 5 и 6 следует, что для подсчета n -й строки треугольника Паскаля, где находится искомым коэффициент, необходимо использовать алгоритм на основе треугольника Паскаля.

Заключение

Рассматривались две задачи (вычисление одного биномиального коэффициента C_n^m : вычисление всех биномиальных коэффициентов при заданном n) и два алгоритма для их решения (алгоритм на основе прямого подсчета биномиального коэффициента и алгоритм на основе треугольника Паскаля). Была предложена программная реализация алгоритма на основе треугольника Паскаля, обладающая рядом достоинств. На относительно небольших значениях $n \sim 20$ она работает быстрее, чем программная реализация первого алгоритма несмотря на то, что для вычисления одного биномиального коэффициента асимптотическая сложность алгоритма на основе треугольника Паскаля больше, чем у первого алгоритма. Для решения второй задачи предложенная программная реализация на основе треугольника Паскаля эффективнее при любых значениях n , хотя асимптотическая сложность у обоих алгоритмов одинакова.

Библиографический список

1. Швец А. Н. Perl. Примеры программ. URL: <http://mech.math.msu.su/~shvetz/54/inf/perl-examples/PerlExamples.xhtml> (дата обращения: 27.04.2022).
2. Крук Е. А., Овчинников А. А. Методы программирования и прикладные алгоритмы: учеб. пособие, 2007. С. 6–9.
3. Селезнева С. Н. Свойства биномиальных коэффициентов. Подсчет сумм и метод производящих функций (конечный случай). Полиномиальные коэффициенты. Оценки биномиальных и полиномиальных коэффициентов. Оценки сумм биномиальных коэффициентов URL: https://mk.cs.msu.ru/images/2/27/Dm_lecture2.pdf (дата обращения: 28.04.2022).
4. Online C++ Compiler – online editor. URL: https://www.onlinegdb.com/online_c++_compiler (дата обращения: 20.05.2022).

УДК 004.056.53

Д. Д. Савельева, А. В. Сверликов

студенты кафедры инфокоммуникационных систем

Т. М. Татарникова – доктор технических наук, профессор – научный руководитель.

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО ТРАФИКА ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В статье (исследовании) рассматривается перспектива использования и обоснование метода анализа сетевого трафика при помощи машинного обучения. В общем виде представлены этапы проектирования многослойной нейронной сети для обнаружения аномалий в работе сети, которые могут возникнуть при попытках несанкционированного доступа.

На данный момент современный мир обладает гигантскими возможностями в сферах обработки информации. Использование инновационных методов и средств позволяет открывать доступ к практически любым данным, хранимым в сети или передаваемым по некоторым сетевым каналам связи. Помимо того, что подобные возможности обеспечивают невероятно гибкую обработку данных, это может привести к нежелательным утечкам информации третьим лицам.

Для предотвращения подобных противоправных действий применяются средства защиты, однако, вместе с улучшением защиты, происходит эволюция методов и средств для получения несанкционированного доступа к данным. Учитывая специфику современного мира, подобное развитие происходит слишком быстро, и обычные способы по атаке/защите информации крайне быстро приходят в негодность.

Стандартный анализ сетевого трафика, который помогает решать проблемы с отслеживанием состояния сети посредством контроля обрабатываемого объема информации, может быть неэффективным и упустить факт начала атаки или прослушки, так как помимо количества передаваемых данных в настоящее время требуется учитывать еще множество критериев, не поддерживаемых большинством защитных средств. Например, многократные попытки получить доступ путем перебора паролей при умелом использовании не отражается на трафике, однако обнаружение самого такого фактора уже может указывать на попытку нарушить безопасную передачу данных.

Обычно для обнаружения атак используется один из методов: обнаружение аномалии или обнаружение по сигнатуре известной атаки. В данной статье предлагается использовать в системе оба метода обнаружения.

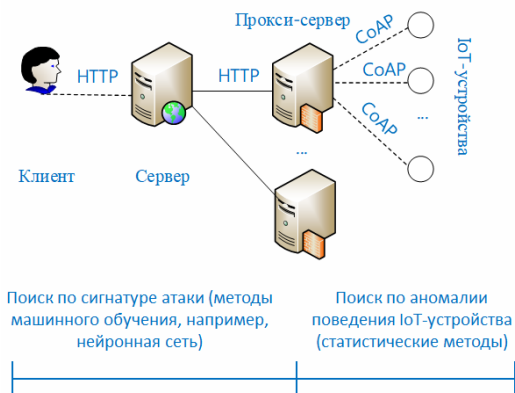


Рис. 1. Схема взаимодействия IoT-устройства с пользователем

Для начала необходимо применить метод обнаружения аномалий, чтобы неизвестные атаки не остались незамеченными. Таким образом после данного метода в обработку дальнейшего анализа поступит весь подозрительный трафик.

Для обработки именно аномалий можно использовать специально обученную и настроенную нейронную сеть. Благодаря способности к самообучению, такая система защиты будет актуально гораздо более длительный промежуток времени, нежели ее аналоги без перспектив к самосовершенствованию. Если же учитывать постоянную поддержку и обновление используемых ею баз данных – датасетов, то это крайне эффективное средство для предупреждения нарушения конфиденциальности и безопасности. Такая нейронная сеть будет в режиме реального времени отслеживать весь проходящий трафик и, используя полученные в ходе обучения данные, определять его безопасность.

Схема взаимодействия пользователя с устройством и методы обнаружения атак на конкретном этапе представлены на рис. 1.

Поиск по аномалии

Для начала процесса обнаружения аномального поведения система должна определить исходные данные: получить паттерн поведения IoT-устройства, добавить паттерн в эталонную базу данных с выбором порогового значения, за пределами которого поведение устройства будет считаться аномальным.

При передаче данных поведение фиксируется за выбранный промежуток времени и сравнивается с эталоном из базы данных и если при потактовом сравнении разница превышает порог, то можно поведение считать аномальным.

После этого признанный аномальным паттерн передается в нейронную сеть, что показано на рис. 2.

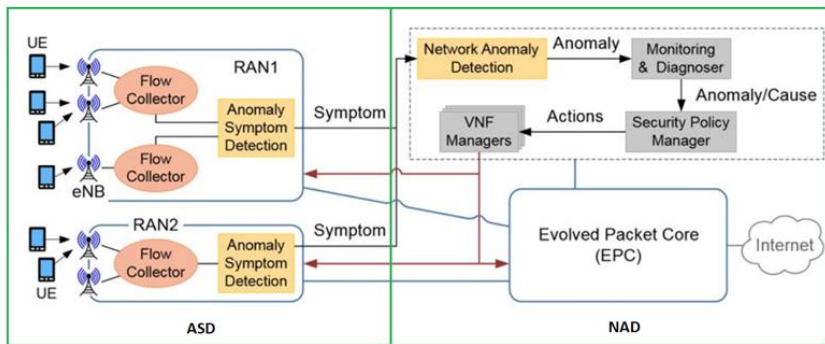


Рис. 2. Архитектура для обнаружения аномального поведения

Общая архитектура нейросети

Для того, чтобы создать корректно работающую аналитическую нейронную сеть, требуется понять, как именно происходит анализ трафика в общем виде. В целом, существуют определенные модели, и они обычно содержат три характеристики:

- тренд – общее описание поведения трафика во времени, его возрастания и убывания;
- сезонность – закономерность роста или падения трафика, связанные, например, с конкретным промежутком времени;
- случайная составляющая – остаток от исключения остальных характеристик, в котором следует искать аномалии.

Как только была выбрана модель анализа, необходимо разложить ее на составляющие: выделить тренд и сгладить исходные данные (при помощи, например, скользящего окна, экспоненциального

сглаживания или регрессии), сезонную составляющую (вычлесть/разделить из исходных данных тренд, что зависит от выбранной модели).

После удаления сезонного фактора и тренда получается случайная составляющая, которая и является аномалией. Примерами аномалий могут выступать выброс, сдвиг, изменение характера (распределения) значений, отклонение от «повседневного» и совместные аномалии.

Возможность учитывать подобные факторы нейросетью самостоятельно, определяется конкретным датасетом, используемым в процессе обучения.

Датасеты

Чтобы нейронная сеть могла успешно обрабатывать аномалии, необходима база данных, которая обучит сеть по специальным признакам распознавать сетевую атаку. В данной работе используется датасет от университета MIT, и все сетевые атаки подразделяются на 4 отдельные категории:

DOS (denial-of-service) – отказ в обслуживании из-за злонамеренного превышения пропускной способности сети, например, syn flood (отправка запроса на подключение по протоколу TCP).

R2l (Remote to Local Attack) – удаленный доступ с неавторизованного компьютера, например для получения пароля;

U2R (User to Root Attack) – эксплуатирование уязвимостей системы в качестве рядового пользователя и становление «суперпользователем», например "buffer overflow" (переполнение буфера);

Probing – разного рода наблюдения и зондирование для дальнейшего обхода системы безопасности, например, прослушка портов.

Всего в данной базе представлено 24 типа атак, но только 10 из них имеют общедоступные примеры для качественного обучения нейронной сети.

Другими словами, для получения результатов весь входящий трафик нужно по определенным характеристикам разделить на две группы: «хороший» и «плохой», где «хорошему» трафику дать разрешение на доступ к данным, а «плохому» – нет. Девять характеристик, позволяющих точно определить, какие данные передавались представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры сетевого соединения

Параметр	Описание
duration	Длительность соединения (секунды)
protocol_type	Тип протокола (tcp, udp и т. д.)
servise	Сетевая служба получателя (http, telnet и т. д.)
flag	Состояние соединения
src_bytes	Число байт, переданных от источника получателю
dst_bytes	Число байт, переданных получателем источнику
land	1 – соединение по идентичным портам, 0 – в остальных случаях
wrong_fragment	Количество «неверных» пакетов
urgent	Количество пакетов с флагом URG

Итоговая модель

Оптимальным вариантом архитектуры нейронной сети, удовлетворяющим условиям простоты, точности и небольшом количестве потребляемых вычислительных ресурсов системы, был выбран простейший многослойный персептрон.

Для адаптации нейронной сети под вышеупомянутые условия были выбраны следующие параметры:

- один скрытый слой для простоты вычислений;
- для обеспечения точности количество нейронов скрытого слоя равно количеству нейронов второго слоя;

– два нейрона выходного слоя для разделения нормального режима работы и атаки злоумышленников.

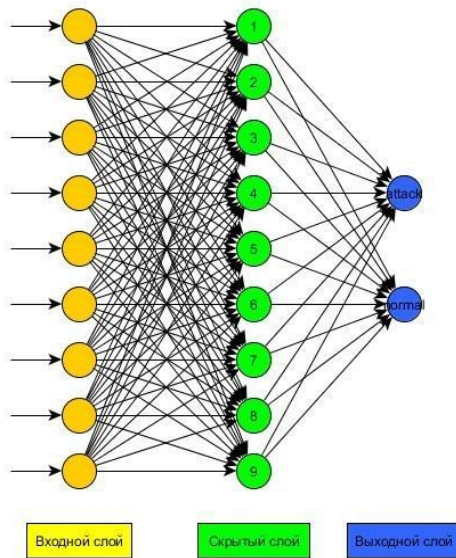


Рис. 3. Адаптированная нейронная сеть

Заключение

Были рассмотрены методы обнаружения сетевых атак: метод обнаружения аномалий и метод обнаружения по известной сигнатуре. Также была представлена модель нейронной сети, которая будет обрабатывать аномальное поведение трафика и идентифицировать угрозы.

Библиографический список

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.
2. Мустафаев А. Г. Нейросетевая система обнаружения компьютерных атак на основе анализа сетевого трафика // Вопросы безопасности. 2016. № 2. С. 1–7.
3. Шелухин О. И., Чернышев А. И. Исследование и моделирование нейросетевых алгоритмов обнаружения аномальных вторжений в компьютерные сети // T-Comm. 2014. № 12. С. 102–106.
4. Москалев Н. С. Виды архитектур нейронных сетей // Молодой ученый. 2016. № 29 (133). С. 30–34.

УДК 004

И. М. Максимчук

студент кафедры информационно-сетевых технологий

А. С. Афанасенко – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДТП НА ПЕРЕКРЕСТКАХ

Введение

За прошедший 2021 год в Санкт-Петербурге было зарегистрировано 4685 дорожно-транспортных происшествий, почти половина из которых связана с перекрестками. Год от года эта цифра постепенно снижается, но все еще остается на достаточно высоком уровне, несмотря на применяемые меры [1].

Целью дипломной работы является повышение безопасности на дорогах, которого можно достичь путем выделением рекомендаций по увеличению эффективности действий, предпринимаемых для снижения аварийности на перекрестках города, путем проведения факторного анализа данных о произошедших ДТП.

Факторный анализ представляет собой многомерный метод, использующийся для изучения взаимосвязей между значениями известных переменных и поиска неизвестных переменных. При проведении анализа строится ковариационная матрица, которая является обобщением дисперсии на случай многомерных случайных величин и так же описывает форму (разброс) случайной величины, как и дисперсия, а затем в один фактор объединяются сильно коррелирующие между собой переменные, как следствие происходит перераспределение дисперсии между компонентами и получается максимально простая и наглядная структура факторов [2].

Для выявления наиболее значимых факторов и, как следствие, факторной структуры, наиболее оправданно применять метод главных компонент (МГК). Суть данного метода состоит в замене коррелированных компонентов некоррелированными факторами. Другой важной характеристикой метода является возможность ограничиться наиболее информативными главными компонентами и исключить остальные из анализа, что упрощает интерпретацию результатов.

Поиск и обработка данных

Для проведения факторного анализа необходим набор данных, содержащий как можно больше информации о дорожно-транспортных происшествиях на перекрестках. Организованные в едином формате данные из ГИБДД были взяты с сайта проекта «Карта ДТП», посвященного проблеме аварийности на дорогах России. Было принято решение ограничиться набором данных с привязкой к Санкт-Петербургу, так как анализ происшествий всей страны не дает возможности выделить особенности конкретного города. Набор данных содержит 39,5 тыс. записей о ДТП с указанием подробностей об участниках, состоянии дороги, близлежащих объектах и погодных условиях (рис. 1).

Практически все реальные данные содержат выбросы, ухудшающие результат анализа данных. Распространенной практикой для отсеивания выбросов в данных является задание доверительного интервала, но в случае имеющегося датасета это малоэффективно ввиду специфики переменных. Более эффективной оказалась фильтрация записей по координатам (отсечение меток, лежащих за пределами СПб) и схемам ДТП (отсечение не имеющих отношения к перекресткам случаев).

Метод главных компонент основывается на вычислении ковариационной матрицы, что накладывает ограничение на набор данных: все переменные должны быть числовыми. Так как в имеющемся наборе большая часть переменных являются категориальными, их необходимо преоб-

разовать в числовые. Для этого было использовано One-Hot кодирование. Его суть заключается в следующем.

#	Column	Non-Null Count	Dtype
0	id	39452 non-null	int64
1	gibdd_id	39452 non-null	object
2	participant_categories	39452 non-null	object
3	severity	39452 non-null	object
4	region	39452 non-null	object
5	parent_region	39452 non-null	object
6	datetime	39452 non-null	object
7	address	37939 non-null	object
8	participants_count	39452 non-null	int64
9	injured_count	39452 non-null	int64
10	dead_count	39452 non-null	int64
11	category	39452 non-null	object
12	light	39452 non-null	object
13	nearby	39452 non-null	object
14	weather	39452 non-null	object
15	road_conditions	39452 non-null	object
16	vehicles	39452 non-null	object
17	participants	39452 non-null	object
18	tags	39452 non-null	object
19	scheme	36302 non-null	object
20	point_lat	38261 non-null	float64
21	point_long	38261 non-null	float64

Рис. 1. Структура набора данных проекта «Карта ДТП»

Предположим, что некоторый признак может принимать 10 разных значений. В этом случае One Hot Encoding подразумевает создание 10 признаков, все из которых равны нулю за исключением одного. На позицию, соответствующую численному значению признака, мы помещаем 1. Если в ячейке хранится набор (массив) нескольких значений категориальной переменной, в каждый из соответствующих столбцов записывается 1 [3].

Заключительным этапом обработки данных стала их нормализация. Чем больше дисперсия переменной, тем больший вес она будет иметь в результатах факторного анализа. Чтобы уравнивать дисперсии, была произведена Min-Max нормализация, в результате чего все переменные стали принимать значение от 0 до 1.

Результаты исследования

В ходе исследования был проведен факторный анализ методом главных компонент с переходом к пространству факторов, объясняющих 80% дисперсии исходной системы. Это число обусловлено наиболее эффективным соотношением полноты анализа и удобства интерпретации его результатов. На выходе получены 28 факторов, наиболее сильно влияющих на тяжесть дорожно-транспортных происшествий на перекрестках.

Для облегчения этапа интерпретации было проведено упрощение полученных факторов: из каждой линейной комбинации были убраны исходные переменные с нагрузкой меньше пороговой (0,2). В результате каждый фактор стал представлять собой набор из 1–4 исходных переменных, что гораздо удобнее для восприятия человеком.

Первый и самый важный фактор, объясняющий 31,59% дисперсии системы, включает в себя комбинацию переменных освещенности и регулируемости перекрестка и находящегося вблизи него пешеходного перехода. Это означает, что нормальная освещенность и регулируемость перекрестка и пешеходного перехода позволяют снизить аварийность на участке приблизительно на 30% относительно аналогичного участка, не удовлетворяющего этим условиям. В то же время в переменной освещенности учтено не только искусственное освещение, но и естественное, поэтому можно предположить, что яркая солнечная погода при наличии светофоров на перекрестке увеличивает аварийность, так как различать сигналы светофоров становится сложнее (рис. 2).



Рис. 2. Плохая различимость основных секций светофора при ярком солнце

Снизить влияние этого фактора может увеличение яркости светофоров или их замены на светофоры с технологией адаптивной яркости в зависимости от уровня внешнего освещения.

Второй фактор (10,2% дисперсии системы) является комбинацией переменных, показывающих состояние дорожного покрытия (сухое/мокрое) и погоду (ясно/пасмурно). Логично предположить, что в нем отражен факт высокой опасности солнечной погоды при мокром асфальте. Солнце, отражаясь от дорожного покрытия, слепит водителей, что сильно затрудняет своевременный анализ ситуации на дороге. К сожалению, этот фактор завязан на природных явлениях, и поэтому невозможно принять какие-либо адекватные меры для снижения количества ДТП, произошедших по такой причине.

Само по себе наличие светофоров, регулирующих движение пешеходов, способно снизить аварийность на перекрестке примерно на 8%, о чем свидетельствует третий из полученных факторов. В исследуемом датасете соотношение нерегулируемых и регулируемых пешеходных переходов на перекрестках близко к 1:3 (1299 к 3793), что свидетельствует о том, что меры по противодействию аварийности, касающиеся регулируемости пешеходных переходов, уже достаточно активно предпринимаются. Одним из характерных перекрестков, отсутствие регулирования движения пешеходов на котором становится причиной ДТП, находится на пересечении улиц Садовой и Итальянской. Фотография перекрестка с сервиса «Яндекс Карты» представлена на рис. 3.

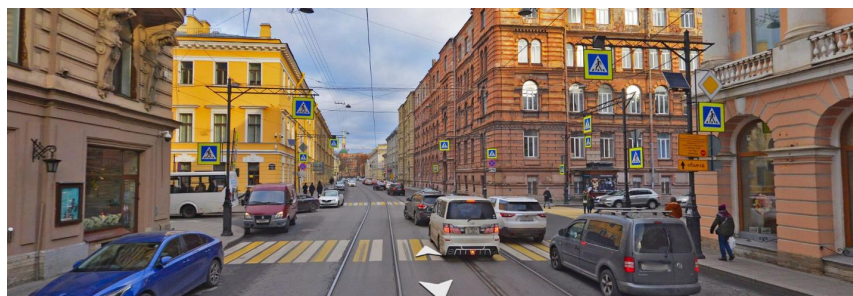


Рис. 3. Нерегулируемые пешеходные переходы на перекрестке Садовой и Итальянской улиц

Среди факторов с меньшей долей объясняемой дисперсии стоит выделить следующие:

- Отсутствие или плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части (6,2% дисперсии системы).
- Многоквартирные жилые дома и отсутствие необходимых пешеходных ограждений (4,09% дисперсии системы).
- Загрязнения дорожного покрытия (3,02% дисперсии системы).

– Неправильное применение, плохая видимость дорожных знаков на регулируемых пешеходных переходах при перекрестках (2,4% дисперсии системы).

Заключение

В статье описана методика проведения исследования аварийности на перекрестках с применением факторного анализа методом главных компонент. На основе данных о дорожно-транспортных происшествиях за последние 7 лет были получены главные факторы, влияющие на аварийность перекрестков города, что позволит разрабатывать и применять меры по повышению безопасности дорожного движения в Санкт-Петербурге более эффективно. Но, как можно заметить, проведение анализа на основе данных со всего города не учитывает индивидуальных особенностей перекрестка, точно так же, как анализ на основе данных по России усреднил бы все особенности населенных пунктов. В связи с этим последующее развитие исследования планируется в сторону создания экспертной системы для выделения рекомендаций по увеличению безопасности перекрестка на основе набора данных с привязкой к нему.

Библиографический список

1. Некоммерческий проект «Карта ДТП». URL: <https://dtp-stat.ru/> (дата обращения: 20.03.2022).
2. Волошин Г. Я. Мартынов В. П., Романов А. Г. Анализ дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт, 1987. 240 с.
3. Categorical encoding using Label-Encoding and One-Hot-Encoder // Towards Data Science: [сайт]. Dinesh Yadav. URL: <https://towardsdatascience.com/categorical-encoding-using-label-encoding-and-one-hot-encoder-911ef77fb5bd> (дата обращения: 20.03.2022).

ВОЕННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Воздушно-космические силы

УДК 53.072.8

В. А. Барулин

студент кафедры воздушно-космических сил

А. Н. Баландин – преподаватель кафедры воздушно-космических сил

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМЕРА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА 32

Данная статья посвящена разработанной цифровой модели частотомера на базе широко используемого микроконтроллера семейства Atmega компании Atmel. Рассматриваемая цифровая модель впоследствии может быть реализована для измерения гармонических и импульсных сигналов, частоты которых изменяются в диапазоне от 1 Гц до 50 МГц, а амплитуда от 1 до 100 В, с отображением результатов измерений на LCD-дисплей.

В статье рассмотрены метод дискретного счета и технические характеристики модели. Поясняются элементы структурной и принципиальной схемы цифрового частотомера, на основе которой реализована компьютерная модель устройства.

Для разработанной модели цифрового частотомера был выбран метод дискретного счета [1]. Метод основан на счете числа периодов измеряемой частоты за калиброванный интервал времени. Данный метод обладает многими достоинствами:

- широким диапазоном частот;
- высокой точностью измерений;
- получением отсчета в цифровой форме.

Представленный частотомер может быть использован для поиска и диагностирования неисправностей в работе устройств на месте их эксплуатации.

При создании цифровой модели частотомера была разработана структурная схема, представленная на рис. 1.

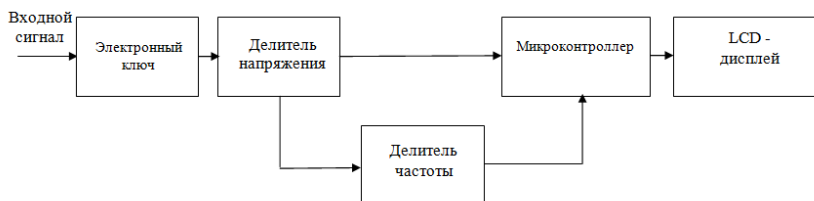


Рис. 1. Структурная схема цифровой модели частотомера

Схема частотомера состоит из пяти блоков, каждый из которых выполняет свои функции. Измеряемое значение сигнала поступает на электронный ключ, который не пропускает значение свыше 100 В. Затем с выхода электронного ключа сигнал следует одновременно на делитель напряжения и делитель частоты. Делитель напряжения снижает входное напряжение до 5 В, так как значение выше, поданные на вход микроконтроллера, могут вывести его из строя. Делитель частоты предназначен для расширения диапазона измеряемой частоты, так как большинство микроконтроллеров тактируются от встроенного 16 МГц кварцевого резонатора.

Потом с делителя напряжения и делителя частоты преобразованный сигнал поступает на микроконтроллер. Микроконтроллер осуществляет счет импульсов внешнего сигнала, а также обработку полученных значений [3]. С выхода микроконтроллера полученные значения выводятся на LCD дисплей.

Все необходимые расчеты и моделирование работы цифрового частотомера производились в программах Proteus 8 Professional и AltiumDesigner 15.0 [2].

Для разрабатываемой модели цифрового частотомера была реализована принципиальная схема, представленная на рис. 2.

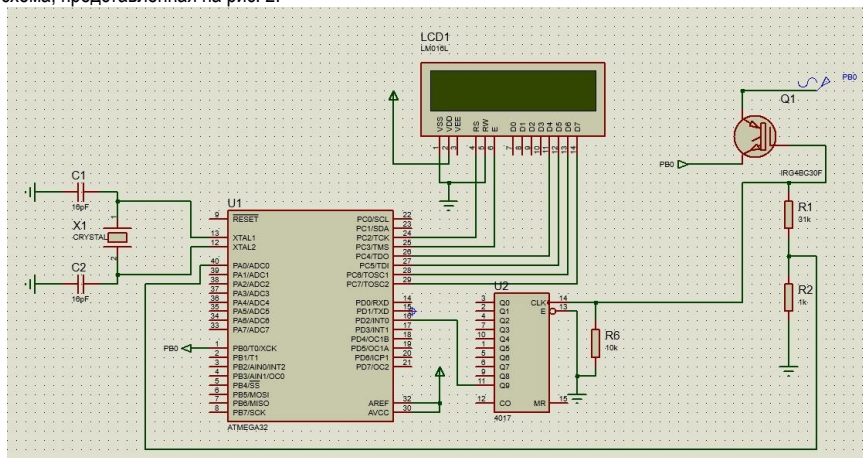


Рис. 2. Цифровая модель частотомера в программе Proteus 8 Professional

В состав принципиальной схемы модели цифрового частотомера входят [4]:
 Q1 – электронный ключ, позволяющий ограничивать входное сопротивление;
 R1, R2 – резисторы с номиналом 31 кОм и 1 кОм обеспечивают входное сопротивление;
 U1 – микроконтроллер ATmega32;
 U2 – делитель частоты SN74HC191N;
 LCD1 – жидкокристаллический экран LM016L, используется как устройство вывода информации;
 C1, C2 – конденсаторы номиналом 16 пФ каждый, входят в состав колебательного контура кварцевого резонатора X1;
 X1 – кварцевый резонатор.

В данной статье была рассмотрена цифровая модель частотомера. Построены структурная и принципиальная схемы, на которых было приведено описание всех блоков модели. Также был написан код программы в среде CodeVision для функционирования модели цифрового частотомера.

Цифровая модель впоследствии может быть реализована в прибор, для поиска и диагностирования неисправностей в работе устройства на месте их эксплуатации.

Библиографический список

1. ГОСТ 8.422-81 ГСИ. Частотомеры. Методы и средства поверки.
2. Стемпковский А. Л., Шепелев В. А., Власов А. В. Системная среда САПР. М.: Наука, 2013. С. 100–126.
3. Трамперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров. К.: МК-Пресс, 2006.
4. Сабунин А. Е. AltiumDesigner. Новые решения в проектировании электронных устройств. М.: Солон-пресс, 2009. С. 156–170.

УДК 004.415.25

Ю. И. Гуков

студент кафедры воздушно-космических сил

Е. М. Домбровский – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ТРЕНИРОВКИ ОПЕРАТОРОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

Исполненные технические системы специального назначения, с учетом вопросов безопасности и ввиду отсутствия у них развитых дидактических свойств и высокой стоимости, малопригодны в качестве средств обучения. Основу системы подготовки составляют этапы теоретической и практической подготовки, решать которые помогают тренажные системы (далее – тренажеры).

На текущий момент деятельность по разработке тренажеров довольно сильно развита, несмотря на свою специализированность и закрытость. Тренажер – это специальная программа или приложение, которые позволяют получать навыки и знания в конкретной предметной области или профессии. Независимо от названий или использованных технологий тренажеры в современном мире занимают довольно большую нишу в специализированном обучении, в том числе в образовательных учреждениях [1].

В работе предложено решение задачи разработки тренажера в форме программного модуля тренировки операторов радиолокационных средств, выполняющих свои функциональные обязанности в составе расчета средств автоматизированного управления.

Разработка осуществлена с использованием кроссплатформенной среды Unity, поддерживающей язык программирования C#, JavaScript, Python и Boo и значительное количество различных форматов файлов, которые можно импортировать из других приложений. Приложение, разработанное в среде Unity, можно назвать уникальным, благодаря его функциональным возможностям и малому потреблению ресурсов.

На начальном этапе, в соответствии с внешним видом рабочего места оператора радиолокационной системы, созданы основная сцена и объекты (рис. 1) [2].

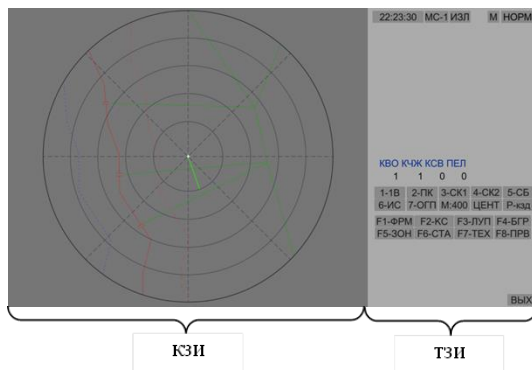


Рис. 1. Вид реализованного рабочего места

Для динамических объектов написаны скрипты, реализующие логику работы элементов рабочего места. Основная сцена определяет место расположения координатно-знаковой (КЗИ) и таблично-знаковой (ТЗИ) информации. В поле КЗИ размещены статические и динамические объекты: координатная сетка Азимут-Дальность, видимый и невидимый лучи антенной системы, государственная граница, эхо-пакеты имитируемых воздушных целей, формуляры.

Для имитации работы системы вращения выбран стандартный метод библиотеки UnityEngine – «FixedUpdate». Данный метод имеет фиксированное количество дискретных тактов выполнения программы, что обеспечивает стабильность скорости вращения антенны и максимально точно реализует работу тракта синхронного вращения луча развертки на экране и антенной системы радиолокационной станции.

Для более точной имитации процесса локации применен принцип raycasting – попиксельное отслеживание испускаемого луча из центра экрана, с целью поиска препятствующего объекта. В нашем частном случае это мнимый воздушный объект (ВО), задаваемый окружностью, размер которой зависит от диапазона волн локатора, причем диаметр ее равен половине длины эхо-пакета, имитируемой РЛС (рис. 2). Формирование маршрута движения объекта осуществляется путем задания характерных, последовательно соединенных точек.



Рис. 2. Визуализация мнимого ВО

При нахождении точки пересечения луча развертки с мнимым ВО происходит фиксация последних полученных значений точки пересечения (координаты X, Y). Далее реализуется процедура визуализации на экране по данным координатам эхо-пакета в виде линии черного цвета, с длиной $2d_{\text{мн.ВО}}$, что в размере по азимуту составляет порядка $0,7^\circ$.

Все объекты, созданные в приложении можно разделить на статические и динамические. К статическим относятся:

- в поле КЗИ: координатная сетка, Государственная Граница РФ, приграничные полосы;
- в поле ТЗИ: объекты МС-1, ИЗЛ, М, НОРМ, 3-СК1, 4-СК2, 7-ОГП, М:400, ЦЕНТ, Р-КЗД, F2-КС, F3-ЛУП, F4-БГР, FF5-ЗОН, F6-СТ, F7-ТЕХ, F8-ПРВ.

К динамическим относятся:

- в поле КЗИ: луч развертки, эхо-пакет, формуляр ВО;
- в поле ТЗИ: объекты 1-1В, 2-ПК, 6-ИС, F1-ФРМ, кроме этого объекты-справки (рис. 3).

СБРОС										
НВО	И	АЗ	D	H	V	Q	КВО КЧЖ КСВ ПЕЛ			
1	1	217	179	0	128	330	1	1	0	0

а) б)

Рис. 3. Объекты-справки поля ТЗИ:

а – справка о характеристиках; б – справка о количестве сопровождаемых объектов

Скрипты динамических объектов обеспечивают реализацию функционала реального объекта рабочего места оператора.

Порядок действий по взятию ВО на сопровождение реализован в соответствии с функционалом реального рабочего места [2], [3]. «1-1В» позволяет провести первый ввод по ВО, появившемуся на экране КЗИ, в результате рядом с эхо-пакетом появится формуляр «1В» и квитанция «ПРИНЯТО» в правой нижней части. Если провести первый ввод по цели, но не подтвердить его в течение двух оборотов, то формуляр пропадет и первый ввод будет необходимо осуществить повторно. Для подтверждения первого ввода по ВО необходимо использовать «2-ПК», в результате ВО будет взят на сопровождение, а рядом с эхо-пакетом отобразиться формуляр по ВО. Для реализации режима автоматизированного сопровождения функцию «2-ПК» необходимо выполнять на каждом обзоре.

Перевод в режим автосопровождения осуществляется по команде «6-ИС». Контроль изменения режима сопровождения осуществляется по внешнему виду координатной точки формуляра ВО на КЗИ. В процессе автоматизированного сопровождения при невыполнении команды подтверждения местоположения ВО «2-ПК» реализована функция сопровождения объекта по экстраполированным значениям. Сброс ВО возможен по команде «5-СБ» или при подтверждении места ВО в течение 5 обзоров (рис. 4).

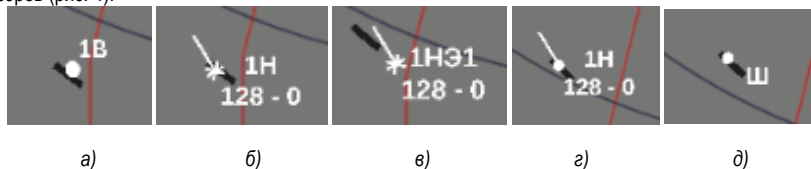


Рис. 4. Формуляры ВО в КЗИ: а – 1В; б – ПАС; в – по экстраполяции; г – АС; д – сброс

В случае маневра ВО в приложении реализован скрипт «СК-1» – специальная корректировка «по положению». Данная функция позволяет провести коррекцию положения ВО в случае совершения маневра по скорости и курсу.

Информация в справках меняется в зависимости от местоположения ВО и от количества отображаемых формуляров (сопровожаемых ВО). Вызов справки по воздушному объекту (см. рис. 3а) осуществляется по нажатию F1-ФРМ. В результате происходит расчет дальности и азимута выбранного объекта с последующим запуском скрипта отображения справки о характеристиках. В дальнейшем на каждом обзоре (обороте антенны) расчет будет повторяться и новые значения записываться в соответствующие разряды справки.

В проекте реализован «синхронизирующий скрипт» для синхронизации между разными программными модулями глобальных значений, обеспечивающий хранение в себе, как в оперативной памяти, всех краткосрочных данных приложения.

Пример таких данных: текущее положение антенны в градусах, количество оборотов по сопровождаемой цели, все кэшированные изображения, использованные на экране (формуляры, эхо-сигналы), параметрические переключатели включения или выключения отображения справки по ВО, нажатая клавиша (ее код) и текущее время для вывода в специальное окно в верхней части экрана. Там же хранится текущее количество сопровождений по экстраполяции, если таковые имеются.

При написании кодов скриптов приложения использовался математический аппарат: расчета расстояния по двум маркерам в двухкоординатном евклидовом пространстве, нахождения результирующего вектора, нахождения касательной к объекту путем приближенного расчета соседних векторов, метода k-ближайших соседей для группирования целей, движущихся плотным скоплением.

Разработанный программный модуль тренировки операторов позволяет организовать подготовку в соответствии с должностным предназначением (функционалом) для начального уровня подготовки. Дальнейшее совершенствование модуля необходимо проводить, путем реализации функций статических объектов, с целью максимальной реализации функционала рабочего места оператора. Использование модуля позволит организовать необходимое количество мест практической подготовки и сохранить назначенный ресурс образца вооружения.

Библиографический список

1. Ведерникова О. Г., Москат Н. А. Расширение и использование редактора визуального программирования для разработки виртуальных тренажеров // Инженерный вестник Дона. 2021. № 1. URL: <http://vdon.ru/magazine/archive/n1y2021/6783> (дата обращения: 20.03.22).
2. Устройство и эксплуатация КСА. Информационная модель отображения информации МСС (издание 46С6-1): методические указания / Б. А. Матвеев, А. В. Когтин, П. М. Гарбузов и др. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. 68 с.
3. Гарбузов П. М. Устройство и эксплуатация КСА РТВ. Модуль съема системный 46С6-1: альбом операционных карт к практическим и групповым занятиям. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. 16 с.

УДК 53.082.52

А. В. Добрицкая

студентка кафедры воздушно-космических сил

В. В. Котович – кандидат технических наук, доцент

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЛЮКСМЕТРА

В статье рассмотрен принцип определения фотометрических величин, предложена структурная схема цифрового люксметра и проведен анализ компьютерной модели измерителя освещенности и коэффициента пульсации света на основе фотодиода.

Для эффективной работы и учебы, человеку необходимо оптимально подобранное освещение рабочего места, поскольку именно с помощью глаз происходит получение большей части необходимой информации (80–85 %). Освещение помещения должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений» [1]. Он устанавливает нормы искусственного освещения рабочих мест внутри зданий при проектировании, реконструкции и эксплуатации осветительных установок и методы их измерений. Не выполнение требований ГОСТ Р 55710-2013 может привести к ухудшению функционирования зрительного аппарата, а также негативно повлиять на психику человека и его эмоциональное состояние, поэтому требуется периодически контролировать параметры освещения.

В соответствии с ГОСТ Р 56228-2014 «Освещение искусственное. Термины и определения» [2] *освещенность* – это использование света для того, чтобы сделать видимыми объекты и/или их окружение. Различают количественные и качественные показатели освещения. Одним из основных количественных показателей освещения является освещенность.

В соответствии с ГОСТ 24940-2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» [3], *освещенность E [Лк]* – это физическая величина, определяемая отношением светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади этого элемента.

А одним из основных качественных показателей освещения можно считать *коэффициент пульсации освещенности K_p* – это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока.

Для измерения показателей освещения используют фотометрические устройства, которые называют люксметрами. Принцип работы люксметра заключается в преобразовании светового потока в электрическую энергию [4]. В настоящее время не существует дешевых и малогабаритных люксметров. Поэтому задача разработки цифрового прибора для измерения освещенности и коэффициента пульсации остается актуальной. Предлагаемый люксметр позволяет корректировать пределы измерений освещенности с помощью кнопок, передавать на расстоянии и выводить значения измеряемых показателей освещения на жидкокристаллический дисплей.

Структурная схема предлагаемого люксметра представлен на рис. 1.

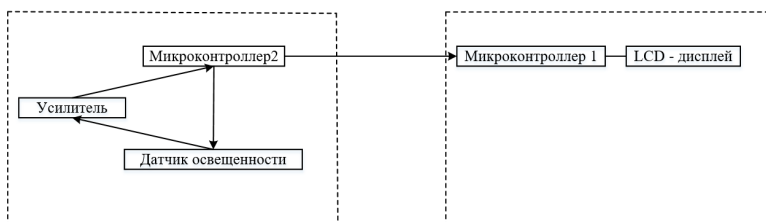


Рис. 1. Структурная схема люксметра

Схема состоит из пяти блоков, каждый из которых выполняет свои функции. Микроконтроллер 2 запускает датчик освещенности – приемник оптического излучения, чувствительным элементом которо-

го является фотодиод. Фотодиод формирует ток короткого замыкания, который будет почти прямо пропорционален освещенности.

На рис. 2 представлен график зависимости тока фотодиода (мкА) от освещенности фотодиода типа PN, при напряжении равном 5 В.

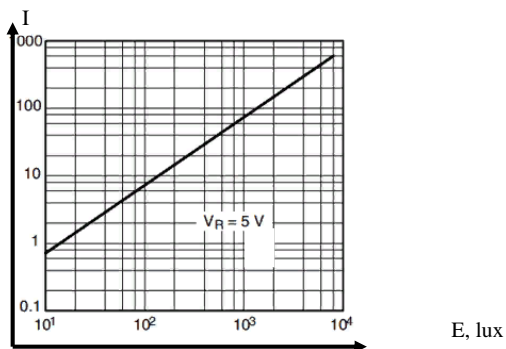


Рис. 2. Зависимость обратного тока от освещенности фотодиода типа PN

Выходное напряжение каскада U в таком случае будет определяться как $U = RI$, где R – сопротивление резистора в цепи обратной связи, а I – фототок, формируемый фотодиодом.

Сигнал с датчика усиливается и поступает на вход АЦП микроконтроллера 2, где он кодируется. Далее цифровой код передается по последовательному интерфейсу UART, который соединяют микроконтроллер 2 и микроконтроллер 1. После чего, микроконтроллер 1, в течение заданного интервала времени, вычисляет максимальное (max) и минимальное (min) значения напряжения с датчика освещенности, рассчитывает среднеарифметическое значение освещенности в люксах и значение коэффициента пульсации в процентах. Полученные результаты измеренных параметров освещения выводятся на LCD-дисплей.

В качестве элементной базы для данного устройства предлагается использовать:

- микроконтроллер ATmega8, обладающий малым энергопотреблением, достаточным объемом памяти и быстродействием;
- жидкокристаллический дисплей LM016L, простой в эксплуатации;
- фотодиод кремниевый BPW 34 – он имеет широкий диапазон измеряемых значений (от почти темноты, до прямого солнечного освещения). PIN-фотодиод из монокристаллического кремния, имеет максимальную чувствительность в красной и инфракрасной областях спектра. Это значит, что для применения такого типа ячейки в прецизионной фотометрии надо предусмотреть специальный синезеленый фильтр.


В табл. 1 представлены технических характеристик датчика BPW 34.

Таблица 1

Технических характеристик BPW 34

Изображение датчика	
Тип фотодиода	PN
Длина волны, нм	900
Емкость диода, пФ	70
Время нарастания/спада, нс	0,1
Длина пиковой волны, нм	900
Спектральная чувствительность, нА/лк	80 (≥50)
Пробивное напряжение, В	60,0

ВОЕННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Изображение датчика	
Обратный темновой ток, мкА	2 (≤ 30)
Угол обзора	130°
Корпус	ТО-5
Рабочая температура, °С	-40 ... 85

На рис. 3 и 4 представлены алгоритмы работы микроконтроллеров, которые позволяют решить поставленную задачу с использованием светозависимого фотодиода.

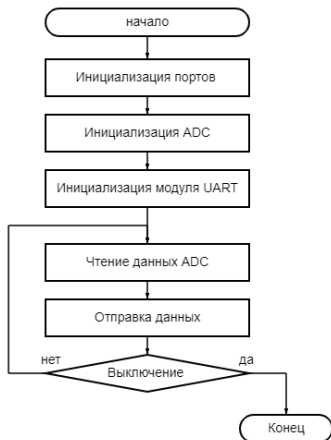


Рис. 3. Алгоритм работы программы – передатчик

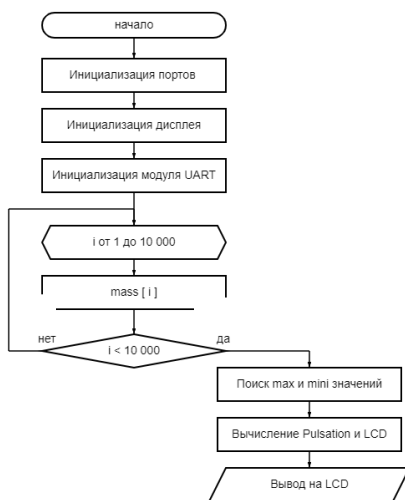


Рис. 4. Алгоритм работы программы – приемник

На рис. 3 представлен алгоритм работы микроконтроллера 2. При включении устройства происходит настройка портов на ввод-вывод данных, инициализация модуля АЦП, а затем инициализация UART, который является модулем последовательного ввода-вывода и предназначен для обмена информацией (байтами данных) с другими устройствами. После инициализации начинается цикл проведения измерений датчиком освещенности BPW 34 и преобразования напряжения в код с помощью АЦП. Полученный код отправляется по модулю UART микроконтроллеру 1. Поток данных, передаваемых по каналу UART, представляет собой совокупность кадров. Каждый из которых содержит стартовый бит, восемь бит данных и стоповый бит.

На рис. 4 представлен алгоритм работы микроконтроллера 1. При запуске устройства происходит инициализация портов, инициализация дисплея и инициализация модуля UART, то есть происходит настройка микроконтроллера 1. Далее начинается цикл, который продолжается до тех пор, пока устройство не выключат. Микроконтроллер 1 формирует массив данных из значений, полученных с микроконтроллера 2 и осуществляет выбор наибольшего и наименьшего значения массива данных. Полученные значения массива используются для вычисления коэффициента пульсации и значения освещенности.

Стоит отметить, что если модуль UART передал пустые значения или меньше нуля, то их микроконтроллер 1 отсеивает, и ожидает следующие. По окончании цикла полученные результаты выводятся на дисплей.

Алгоритм позволяет задавать диапазон значений освещенности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55710-2013к помещениям с помощью кнопок mini и max. Результаты установки диапазона выводятся на LCD дисплей. Если измеренное значение освещенности входит в установленный диапазон, то загорается зеленый светодиод, если нет, то красный.

Все необходимые расчеты и моделирование работы цифрового люксметра производилось в программах Proteus 8 Professional и AltiumDesigner 15.0.

На рис. 5 представлена упрощенная схемотехническая модель цифрового люксметра.

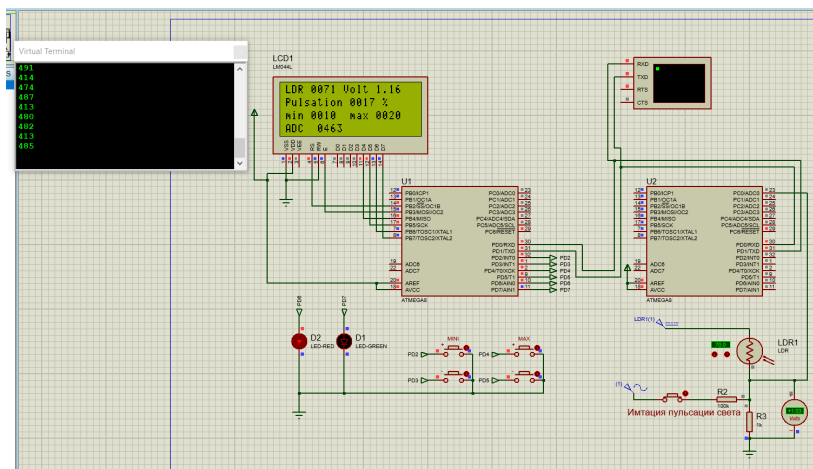


Рис. 5. Модель устройства в программе Proteus 8 Professional

В данной модели вместо датчика освещенности BPW 34 используется фотодиод LDR1, а R2(1) – генератор синусоидальных сигналов, который был использован в качестве элемента, который имитирует низкочастотные пульсации света. На схеме микроконтроллеры Atmega 8 обозначаются как U1 и U2, жидкокристаллический дисплей LM044L – LCD1.

Группа кнопок MINи MAXпозволяют выставить минимальное и максимальное значение предела измерения освещенности, а диодыLED-GREEND1 и LED-REDD2 сигнализируют о превышении значения заданного предела измерения освещенности.

Разность напряжений на входах дифференциального усилителя всегда близка к нулю, следовательно, фотодиод работает в режиме короткого замыкания. При этом входной ток усилителя также имеет очень малую величину, что определяется высоким входным сопротивлением, а ток через резистор обратной связи равен по величине току фотодиода, но противоположен по направлению.

После построения модели было проведено моделирование работоспособности измерительного устройства, подобраны диапазоны изменения внешних и внутренних параметров схемы и элементная база.

Проведенные исследования модели и анализ элементной базы позволяют разработать компактный, недорогой цифровой прибор для измерения освещенности и коэффициента пульсации. В дальнейшем прибор можно практически использовать в учебном процессе при подготовке специалистов-метрологов.

Для оценки работоспособности цифрового люксметра была собрана опытная модель устройства на беспаячной плате.

На рис. 6 и 7 представлен собранный цифровой люксметр. На LCD отображается результат: значение освещенности равно 11 лк, коэффициент пульсации «50 %», установленный заранее диапазон составляет от «0001» до «0102».

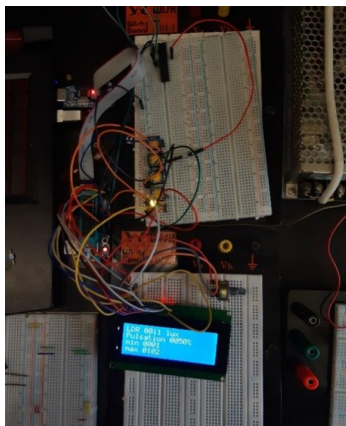


Рис. 6. Сборка электрической схемы



Рис. 7. Результаты измерения

Библиографический список

1. ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений».
2. ГОСТ Р 56228-2014 «Освещение искусственное. Термины и определения».
3. ГОСТ 24940-2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».
4. ГОСТ Р 55839-2013 «Источники света и приборы осветительные. Методы светотехнических измерений и формат представления данных».
5. Гуторов М. М. Основы светотехники и источники света. М., Энергоатомиздат. 1983 384 с.

УДК 629.7.05

В. В. Дульнее, И. П. Михайлов

студенты кафедры воздушно-космических сил

ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА КАК ПЕРЕДАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Современный летательный аппарат подвергается все большей электрификации. Традиционные механические системы уступают место электрическим. Например, из-за возросших скоростей полета появилась необходимость в замене механической системы управления летательным аппаратом на электрическую. Такая система получила название электродистанционная система управления (ЭДСУ). ЭДСУ имеет много преимуществ передмеханической системой управления, однако имеет и ряд существенных недостатков, таких как: низкая помехозащищенность и инерционность системы [2]. Электро-системы являются критически важным элементом летательного аппарата, без которого невозможно осуществлять управляемый полет. Первым отечественным самолетом, на котором была применена ЭДСУ, стал Су-27 [1].

Решением данной проблемы может стать изменение самого принципа передачи информации – использования электромагнитных волн оптического и инфракрасного диапазонов вместо передачи информации за счет изменения какого-либо параметра несущего электрического сигнала. Нужный нам материал для данной замены – оптическое волокно.

Оптическое волокно – диэлектрическая направляющая среда, предназначенная для переноса электромагнитных волн оптического и инфракрасного диапазонов (свет). Основными преимуществами нового материала перед классическими электропроводами являются:

- электромагнитные волны оптического и инфракрасного диапазонов не подвержены помехам – полная помехозащищенность;
- обеспечивается полная гальваническая развязка между передатчиком и приемником. Сама собой решается задача не пропустить питающее напряжение одного устройства – передатчика в приемник;
- большая скорость передачи данных;
- малый собственный вес.

Основным недостатком оптических волокон являются повышенные требования к обслуживающему персоналу как на этапе монтажа оптического кабеля, так и в ходе обслуживания. Основные виды неисправностей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные виды неисправностей в ВОСП

Неисправность	Причина	Оборудование диагностики	Процедура устранения
Коннектор	Пыль или загрязнение	Микроскоп	Очищение, полировка, обновление
Кабель pigtail	Перекручивание кабеля	Визуальный дефектоскоп	Устранение перекручивания
Локальный всплеск затухания в кабеле	Перекручивание кабеля	OTDR	Устранение перекручивания
Распределенное увеличение затухания в кабеле	Некачественный кабель	OTDR	Замена участка кабеля
Потери в сварочном узле	Некачественная сварка Потери, связанные с близким расположением волокон в	OTDR Визуальный дефектоскоп	Вскрытие узла и проведение сварки заново

ВОЕННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Неисправность	Причина	Оборудование диагностики	Процедура устранения
	сварочном узле		
Обрыв кабеля	Внешние воздействия	OTDR, визуальный дефектоскоп	Ремонт/замена

Наибольшая доля повреждений в ВОЛС как раз и связана с недостатком знаний и навыков по работе с активными и пассивными компонентами ВОЛС.

Для устранения неисправностей, представленных в табл. 1, существует алгоритм поиска, представленный на рис. 1.

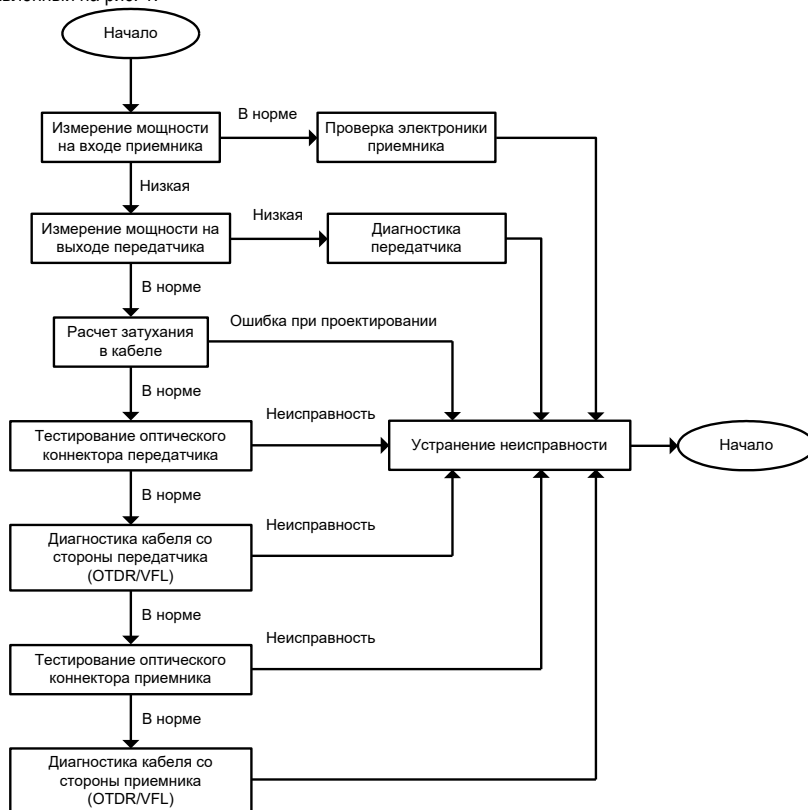


Рис. 1. Алгоритм поиска неисправностей в ВОЛС

В случае использования волоконно-оптических кабелей возникает задача преобразования электрического сигнала в оптический сигнал и наоборот. Для решения этой задачи могут быть использованы конвертеры, преобразующие оптический сигнал в цифровой, и наоборот. Таким образом, предлагается осуществить связь всех составляющих частей СУ самолетом (датчики, вычислительные устройства, исполнительные устройства).

В качестве примера можно привести Многоканальный Analog/digital/serialsignal – FO Мультиплексор SZComark. Данный конвертер может обслуживать 1–4 канала цифровых и аналоговых сигнала.

лов. Имеет габаритные размеры: 136мм×106мм×54мм и вес 800г. Диапазон рабочих температур: –40...75 °С (–40...85 °С опционально).

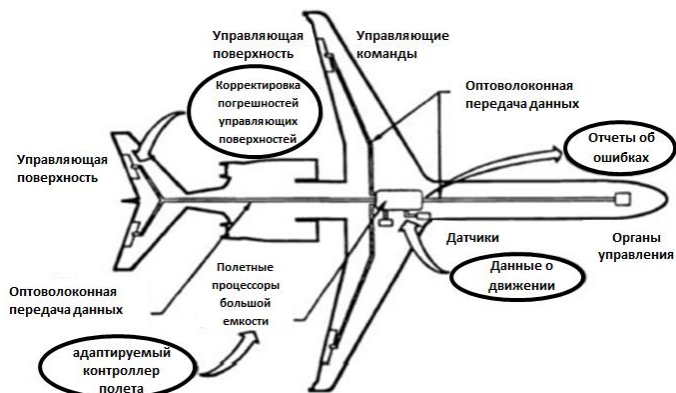


Рис. 2. Опволоконная проводка

Также это дает возможность применить на самолете волоконно-оптические датчики (ВОД) и приборы, которые не будут требовать дополнительного питания.

Общим принципом действия ВОД является оценка оптического сигнала, сгенерированного лазером или другим источником света, проходящего по оптическому волокну. Измеряемые параметры среды оказывают влияние на определенные структуры, находящиеся в оптоволокне (Брэгговские решетки и т. п.), в результате чего свет, проходящий по волокну, меняет свои характеристики. Эти характеристики регистрирует и анализирует приемное устройство. На основе проанализированных данных можно судить о характеристиках измеряемой среды (рис. 2).

Волоконно-оптические датчики имеют ряд преимуществ перед электронными устройствами. Отсутствует влияние на результат измерения электромагнитных полей, отсутствуют проблемы, связанные с контурами заземления и с напряжениями смещения в местах соединения разнородных проводников, повышается электрическая безопасность. Такие датчики имеют высокую стойкость к вредным воздействиям среды; малые габариты и вес; высокую механическую прочность; стойкость к повышенным температурам, вибрациям и др.; высокую скорость передачи данных.

Основными недостатками ВОД являются [3]:

- затухание сигнала при сильных изгибах ОВ кабеля;
- дороговизна;
- отсутствие единых правил эксплуатации при монтаже и проверках.

Один из вариантов датчика построен на методе спектральной модуляции. Датчик состоит из одномодового оптического волокна, которое находится в феруле из слюпочной керамики. Чувствительный элемент – упругая, вогнутая в центре, мембрана, приклеенная к феруле УФ-клеем (рис. 3).

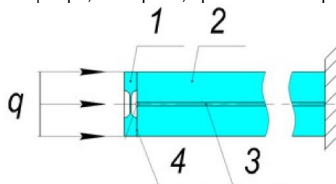


Рис. 3. Оптоволоконный датчик давления: 1 – чувствительный элемент; 2 – ферула; 3 – световод; 4 – стык между ОВ и чувствительным элементом

В конструкции присутствуют две отражающие поверхности – торец ОВ и внутренняя часть тонкой мембраны. Обратные отражения от этих отражающих поверхностей составляют интерференционную картину на фотоприемнике. Характеристики полученной картины зависят от расстояния между отражающими поверхностями. Это расстояние меняется в зависимости от оказываемого на мембрану давления (потока воздуха). Из-за изменения этого расстояния происходит смещение длины волны и, соответственно интерференционной картины. По сдвигу и определяется величина давления и соответственно воздушная скорость (рис. 4) [4, 5].

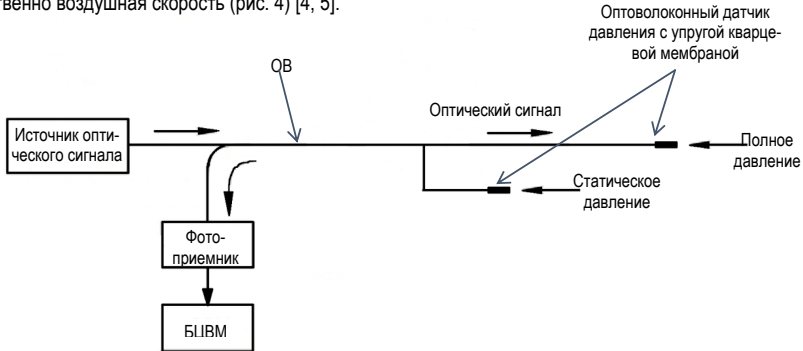


Рис. 4. Функциональная схема ОВ измерителя воздушной скорости с чувствительным элементом в виде упругой кварцевой мембраны

В теории такой прибор может измерять скорость в диапазоне до 2 махов на высотах до 11 000 м и до 2,5 махов на высотах 11 000–25 000 м

На сегодняшний день прослеживается тенденция к замене металлических проводов в системах управления самолетом на оптоволоконные связи. Такой тип системы называют Fly-by-Light. Ее схема приведена на рис. 5.

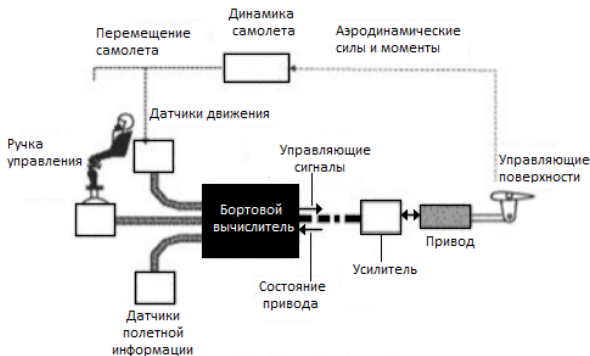


Рис. 5. Общая схема системы Fly-by-Light

Fly-by-Light – это технология, которая может стать ответом при разработке самолетов будущего. Технология FBL не нова, но исследования продвигаются медленно.

Внедрение данной технологии позволит получить преимущество перед летательными аппаратами потенциального противника. На сегодняшний день развитие технологий достигло уровня, при котором оптоволокно является реальной и качественно лучшей альтернативой металлическим проводам.

Как стал неизбежным переход от поршневых двигателей к реактивным, от механических систем управления к электрическим, так станет неизбежным и переход от электрических систем управления к оптическим, и отстать, проиграть в данной области России никак нельзя.

Библиографический список

1. Надточий И. В., Юркевичюс С. П. Авиационное оборудование самолета Су-27 и его летная эксплуатация: учеб. пособие. Краснодар, 2000. 64 с.
2. Князев В. М., Кислун В. Д. Системы автоматического управления полетом летательных аппаратов. Ч. I. Летательный аппарат как объект управления. Автоматические системы устойчивости и управляемости: учеб. пособие. Ставрополь, 1994. 251–256 с.
3. Лутченко С. С., Копытов Е. Ю., Богачков И. В. Оценка надежности ВОЛС с учетом влияния внешних факторов / Омский государственный технический университет. Омск: ОГТУ, 2017. 34–39 с.
4. Wang X. All-fused-silica miniature optical fiber tip pressure sensor // Optics letters, 2006. Vol. 31. N 7. P. 885–887.
5. Zhu Y., Wang A. Miniature fiber-optic pressure sensor // IEEE Photonics Technology Letters. 2005. Vol. 17. № 2. P. 447–449.

УДК 004.921

А. В. Душеба

студент кафедры воздушно-космических сил

ПОСТРОЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Рассматриваемая в статье гравитационная задача тел описывает поведение системы небесных тел в космосе, между которыми возникает гравитационное взаимодействие. Визуализация задачи N тел позволяет оценить эволюцию системы с течением времени.

Введение

Форма орбит и скорость, с которой по ним передвигаются небесные тела, зависят в первую очередь от силы всемирного тяготения.

При анализе передвижения небесных тел Солнечной системы во многих случаях пренебрегают их формой и строением, то есть они выступают в качестве материальных точек. Это допустимо из-за того, что расстояние между телами, как правило, во множество раз превышает своих размеров.

Если принять небесное тело за материальную точку, то при анализе его перемещения применяется закон всемирного тяготения. Также зачастую рассматривают лишь два притягивающихся тела, опуская влияние других [1].

Орбиты небесных тел – это траектории, по которым движутся в космическом пространстве Солнце, звезды, планеты, кометы, а также искусственные космические аппараты (искусственные спутники Земли, Луны и других планет, межпланетные станции и т. д.).

Однако для искусственных космических аппаратов термин «орбита» применяют лишь к тем участкам их траекторий, на которых они движутся с выключенной двигательной установкой (так называемые пассивные участки траектории).

Гравитационная задача N тел описывает поведение системы небесных тел, между которыми возникает гравитационное взаимодействие.

Основная часть

Большинство тел Солнечной системы перемещается по эллиптическим траекториям движения. Только лишь некоторые маленькие тела Солнечной системы такие, как кометы, вероятно перемещаются по параболическим или гиперболическим траекториям.

Таким образом, межпланетные станции отправляются по гиперболической орбите по отношению к Земле; потом они перемещаются по эллиптическим траекториям по отношению к Солнцу в направлении к точке назначения.

Случай с двумя небесными телами является самым простым и практически не встречается (хотя есть множество случаев, когда притяжением 3-го, 4-го и т. д. тел пренебрегают). На самом деле картина гораздо сложнее: каждое небесное тело находится под влиянием многих сил. При передвижении планеты притягиваются не только к Солнцу, но и друг к другу. В звездных скоплениях звезды притягиваются между собой.

Пусть даны N тел с заданными начальными положениями x_i и скоростями v_i , $1 \leq i \leq N$. Сила F_{ij} , возникающая в результате гравитационного взаимодействия тел i и j , задается формулой:

$$F_{ij} = Gm_i m_j \frac{(x_j - x_i)}{|x_j - x_i|^3}, \quad (1)$$

где m_i , m_j – массы; x_i , x_j – координаты тел i , j соответственно; G – гравитационная постоянная.

Чтобы найти положения тела x_i и его скорость v_i , необходимо знать его ускорение:

$$a_i = \frac{F_i}{m_i}, \quad (2)$$

подставив F_i в (2) уравнение ускорения будет иметь следующий вид:

$$a_i = G \sum_{i \neq j}^N m_j \frac{x_j - x_i}{(x_j - x_i)^3}, \quad (3)$$

получаем систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_i}{dt} = v_i \\ \frac{dv_i}{dt} = G \sum_{i \neq j}^N m_j \frac{x_j - x_i}{(x_j - x_i)^3} \end{cases} \quad (4)$$

Случай, когда $N = 1$, не рассматривается, так как такая задача тривиальна и сводится к первому закону Ньютона.

Для $N = 2$ существует решение в общем виде, при $N \geq 3$ решения в общем виде не существует [2].

Алгоритм производит вычисление каждой силы F_{ij} , действующий на тело i со стороны тела j путем перебора всех возможных комбинаций. Сначала для всех тел вызывается метод UpdateVelocity, который рассчитывает ускорение для каждого тела и применяет его к текущей скорости.

```
def UpdateVelocity(planets, planet, delta_time):
    for p in planets:
        if (p != planet):
            deltaDist = vec2(p.pos.x - planet.pos.x, p.pos.y - planet.pos.y)
            sqrDst = deltaDist.x ** 2 + deltaDist.y ** 2
            forceDir = vec2(deltaDist.x/(sqrDst ** 0.5), deltaDist.y/(sqrDst ** 0.5))
            acceleration = vec2(G * forceDir.x * p.mass / sqrDst, G * forceDir.y * p.mass / sqrDst)

    planet.velocity += vec2(acceleration.x * delta_time, acceleration.y * delta_time)
```

Так как полученная система уравнений решается с помощью перебора, временная сложность работы такого алгоритма составляет $O(N^2)$.

Однако существуют более эффективные способы реализации данного алгоритма, позволяющие распараллелить вычисления, во много раз увеличивая его скорость работы.

Это позволит производить вычисления для большого количества тел в реальном времени, и визуализировать, например, столкновения галактик.

Метод UpdatePosition изменяет положения тела согласно его скорости.

```
def UpdatePosition (planet, delta_time):
    planet.pos.x += planet.velocity.x * delta_time
    planet.pos.y += planet.velocity.y * delta_time
```

Важная деталь, на которую следует обратить внимание в данном алгоритме, это то, что для достижения большей точности результата важно сначала рассчитать и применить ускорение для каждого из тел и лишь затем обновлять их положение.

```
for planet in planets:
    GravityInteraction.UpdateVelocity(planets, planet, self.update_rate)
for planet in planets:
    GravityInteraction.UpdatePosition(planet, self.update_rate)
```

Параметр update_rate задает шаг по времени, что позволяет не только производить точную аппроксимацию траекторий, но и делать быструю оценку траектории.

Для визуализации была использована библиотека Arcade. На рис. 1 представлена периодическая орбита для трех тел равной массы. Она стабильна и является примером системы, для которой задача решена. Начальные положения и их масса были просчитаны заранее [3].

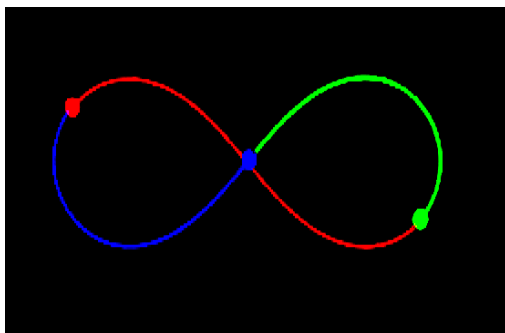


Рис. 1. Стабильная орбита для трех тел

Программа позволяет производить фокусировку на определенном теле, это достигается за счет того, что при рисовании каждого кадра от положения каждого тела вычитается положения того тела, на котором производится фокусировка.

На рис. 2 представлена траектория движения четырех тел с фокусировкой на тело в центре, на рис. 3 – эволюция системы трех тел со случайно заданными начальными параметрами. Начальные параметры такой системы были просчитаны заранее [3].

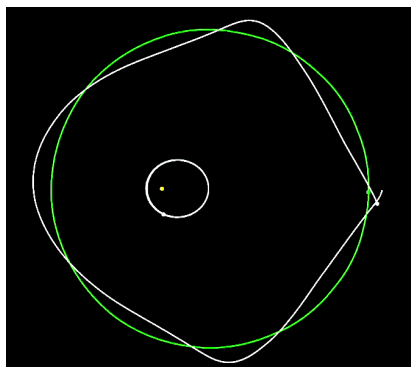


Рис. 2. Фокусировка на желтое тело

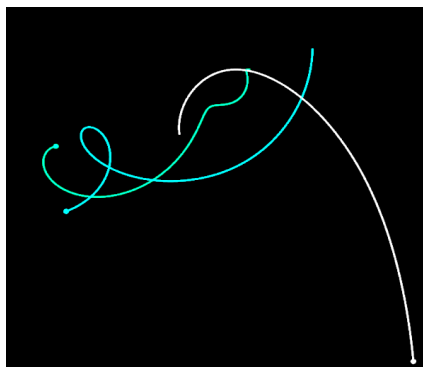


Рис. 3. Случайные начальные параметры

Заключение

Визуализация задачи N тел позволяет оценить эволюцию системы с течением времени.

Представленный алгоритм может быть оптимизирован при помощи более эффективных способов решения дифференциальных уравнений, что позволит производить вычисления для большого количества тел в реальном масштабе времени.

С помощью методов небесной механики можно с высокой точностью и на много лет наперед определить расположение небесных тел в Солнечной системе. Более сложные вычислительные методы применяются при изучении траектории движения искусственных небесных тел.

Точное решение подобных задач в виде математических формул получить очень трудно. Поэтому для решения сложных уравнений используют быстродействующие электронно-вычислительные машины. Для этого необходимо знание понятия сферы действия планеты.

Библиографический список

1. Траектория движения небесных тел. URL: <https://zachnik.com/spravochnik/fizika/osnovy-dinamiki/traektorija-dvizhenija-nebesnyh-tel/> (дата обращения: 06.11.2021).
2. Cristopher Moore Braids in Classical Dynamics. *Physical Review Letters*. 1992. Vol. 70. N 24. P. 3675–3679.
3. Alain Chenciner, Richard Montgomery A remarkable periodic solution of the three-body problem in the case of equal masses. *Annals of Mathematics* 152, 2000. P. 881–901.

УДК 004.921

А. В. Душеба

студент кафедры воздушно-космических сил

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА RAYMARCHING

Статья посвящена решению задачи алгоритма объемного рендеринга – получение проекции изображения на экране из трехмерного дискретного набора данных. Рассматриваемый алгоритм RayMarching позволяет получить проекцию трехмерных объектов, заданных при помощи уравнений расстояния в реальном масштабе времени.

Введение

Объемный рендеринг – техника, используемая для получения плоского изображения трехмерного дискретного набора данных. Под входным набором данных часто подразумевается множество плоских изображений слоев, полученное при компьютерной томографии или магнитно-резонансной томографии. Обычно слои имеют равную толщину, например, фотографируется один слой на миллиметр и равное количество пикселей на каждый слой. Таким образом, входными данными является регулярная сетка вокселей, где каждому вокселу соответствует усредненное значение температура, плотность материала в данной точке трехмерного объекта. Объемная модель может быть получена либо путем построения полигональной сетки на основе входных данных, либо прямым объемным рендерингом.

Задача алгоритма объемного рендеринга – получение проекции изображения на экране из трехмерного дискретного набора данных. Использование алгоритма RayMarching позволяет сократить количество вычислений и добиться лучшей точности и производительности.

Основная часть

Пусть задана сцена, в которой все объекты представлены в виде формул, которые позволяют найти расстояние до этого объекта. Так, расстояние d из точки p с координатами (x, y, z) до сферы S с координатами (x_s, y_s, z_s) и радиусом r определяется по формуле:

$$d = \sqrt{(x^2 - x_s^2) + (y^2 - y_s^2) + (z^2 - z_s^2)} - r. \quad (1)$$

Реализация на языке GLSL:

```
float sdSphere(vec3 s, vec3 p, float r) {
    return length(p - s) - r;
}
```

Чтобы построить проекцию, выберем положение камеры разобьем плоскость перед ней на сетку, для каждой точки на сетке выпустим луч, при попадании которого в объект пиксель окрашивается в цвет объекта и в этот цвет окрасим соответствующий пиксель на экране (рис. 1) [1].

Расстояние, которое проходит луч за один шаг – это расстояние для ближайшего объекта в сцене (рис. 2). Это позволяет сократить количество шагов и добиться лучшей производительности [2].

Будем считать, что луч попал в объект, если расстояние d до ближайшего объекта будет меньше некоторой константы SURF_DIST. Если же луч прошел заданное максимальное количество шагов MAX_STEPS или его длина превысила максимальное значение MAX_DIST, будем считать, что луч не во что не попал.

```
Реализация метода RayMarch:
float RayMarch(vec3 ro, vec3 rd) {
    float dO=0;
    for(int i=0; i<MAX_STEPS; i++) {
        vec3 p = ro + rd*dO;
        float dS = GetDist(p);
        dO += dS;
    }
}
```

```

if(dO>MAX_DIST || dS<SURF_DIST) break;
}
return dO;
}

```

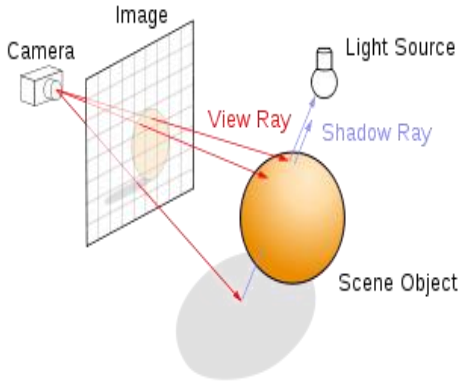


Рис. 1. Проекция на экран

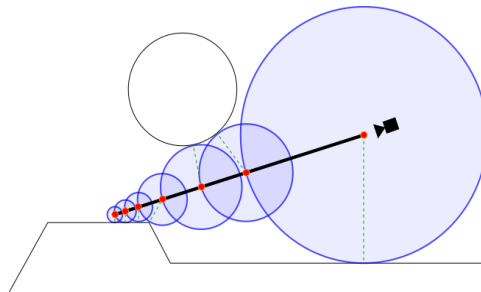


Рис. 2. Ход луча

Для того чтобы добавить тени, необходимо найти:

- 1) скалярное произведение между направлением к источнику света и нормалью к поверхности;
- 2) проверить, не попадает ли луч в другой объект по пути к источнику света

Чтобы найти угол между направлением к источнику света \vec{l} и нормалью к поверхности \vec{n} в точке p , необходимо найти градиент ∇p в соответствии с формулой 2:

$$\nabla p = \left(\frac{\partial p}{\partial x}, \frac{\partial p}{\partial y}, \frac{\partial p}{\partial z} \right). \quad (2)$$

Вычисление точных производных будет очень затратной для компьютера задачей, вместо этого рассчитаем приближенное значение. Для этого достаточно рассмотреть три точки в окрестности ϵ , вокруг искомой точки, тогда:

$$\vec{n} = \begin{bmatrix} p(x + \epsilon, y, z) - p(x + \epsilon, y, z) \\ p(x, y + \epsilon, z) - p(x, y + \epsilon, z) \\ p(x, y, z + \epsilon) - p(x, y, z + \epsilon) \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Реализация на языке GLSL:

```
vec3 GetNormal(vec3 p) {
float d = GetDist(p);
vec2 e = vec2(0.01, 0);

vec3 n = d - vec3(
GetDist(p-e.xyy),
GetDist(p-e.yxy),
GetDist(p-e.yyx)
);

return normalize(n);
}
```

Далее найдем скалярное произведение между векторами \vec{l} , \vec{n} и проверим, не попал ли световой луч в другой объект:

```
float GetLight(vec3 p, vec3 lightPos) {
vec3 l = normalize(lightPos-p);
vec3 n = GetNormal(p);
float dif = clamp(dot(n, l), 0.0, 1.0);
float d = RayMarch(p+n*SURF_DIST*2.0, l);
if(d<length(lightPos-p)) dif *= 0.1;
```

```
return dif;
}
```

Выпустим луч для каждого пикселя на экране:

```
void mainImage( out vec4 fragColor, in vec2 fragCoord )
{
```

```
vec2 uv = (fragCoord-0.5*iResolution.xy)/iResolution.y;
vec3 lightPos = vec3(1, 5, 1);
```

```
vec3 ro = vec3(1, 2, -5);
vec3 rd = normalize(vec3(uv.x, uv.y, 1.0));
float d = RayMarch(ro, rd);
vec3 p = ro + rd * d;
float dif = GetLight(p, lightPos);
vec3 col = vec3(dif);
```

```
fragColor = vec4(col, 1.0);
}
```

Программа запускается на графическом процессоре в параллельном режиме, что позволяет получать изображение в реальном времени. На рис. 3 представлена визуализация (рендер) сцены, состоящей из сферы, плоскости и источника света.

Используя формулу smi можно получить бесконечную сетку из сфер (рис. 4).

```
floatsmin(float a, float b, float k) {
a = pow(a, k);
b = pow(b, k);
return pow((a * b) / (a + b), 1.0 / k);
}
```

Производительность в таком случае не снижается, так как конечное количество вычислений шага луча для пустой сцены одинаково и максимально, а с добавлением числа объектов оно снижается.

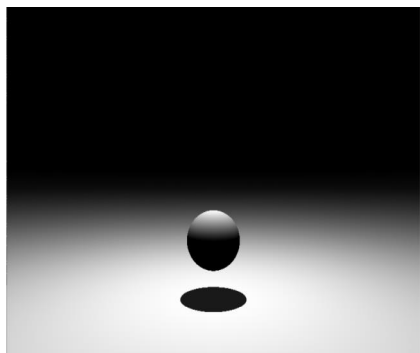


Рис. 3. Сфера и плоскость

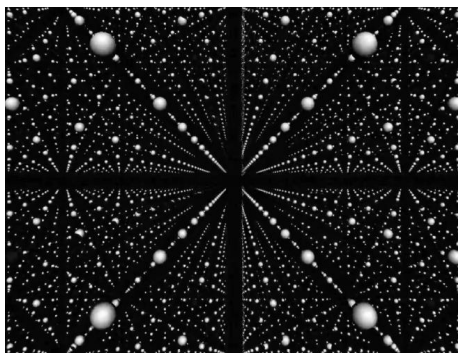


Рис. 4. Бесконечные сферы

Это происходит за счет того, что каждому лучу не нужно проходить максимальное количество итераций как в случае с пустой сценой.

Также вместо минимума можно брать максимум между двумя функциями расстояния и «вырезать» один объект из другого (рис. 5) [3].

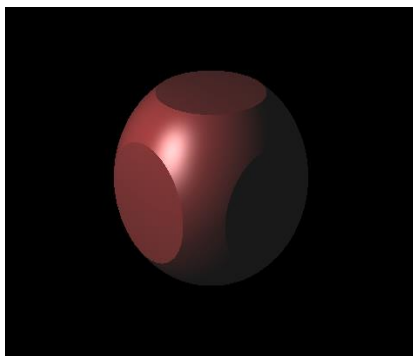


Рис. 5. Пересечение объектов

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что алгоритм RayMarching позволяет получить проекцию трехмерных объектов, заданных при помощи уравнений расстояния в реальном времени.

Результаты моделирования могут использоваться на практике в ходе проведения занятий как в гражданской, так и в военной сфере при формировании проекций трехмерных объектов.

Библиографический список

1. Hart J. Ray Tracing Deterministic 3D Fractals.
2. Hart J. Sphere Tracing: A Geometric Method for the Antialiased Ray Tracing of Implicit Surfaces.
3. Ray Marching and Signed Distance Functions. URL: <http://jamie-wong.com/2016/07/15/ray-marching-signed-distance-functions/> (дата обращения: 03.05.2021).

УДК 621.373

М. К. Жакисов

студент кафедры воздушно-космических сил

А. Н. Баландин – преподаватель кафедры воздушно-космических сил

МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛА РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ

В статье рассмотрен метод прямого цифрового синтеза. Также разработана структурная схема измерительного генератора сигналов и проведен анализ компьютерной модели.

Измерительные генераторы используются для поверки и настройки радиоэлектронных устройств, каналов связи, при поверке и калибровке средств измерений. Чем более высокоточный генератор – тем выше его цена и обслуживание. Но для проведения ремонта и поиска неисправностей не требуется высокоточных характеристик. Преимуществом разработанной модели генератора является его высокая мобильность и практичность, за счет малых габаритов и массы, что позволяет использовать устройство в ПЛИТ. Разработанный генератор будет служить источником тестовых сигналов [1], которые подаются на фильтры, усилители и готовые модули с целью проверить их работу поэлементно при проведении ремонта. Для этого обычно используют следующие формы сигналов: синусоидальный, прямоугольный, пилообразный. Область применения устройства – обслуживание средств измерений военного назначения. Технические характеристики измерительного генератора представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики устройства

Характеристика	Значение
Напряжение питания генератора:	
– от сети	24 В
Диапазон воспроизводимых частот	от 1 Гц до 65,5 кГц
Форма сигнала	Синусоидальная, пилообразная, обратная пилообразная, треугольная, прямоугольная
Амплитудное значение вырабатываемого напряжения	от -10 В до 10 В
Выбор режима работы	Ручной
Габаритные размеры	100×100×150 мм
Масса, не более	0,5 кг
Средний срок службы, не менее	5 лет
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха	от -10 до +40°С

Для реализации разработанного устройства был выбран метод прямого цифрового синтеза. Данный метод имеет высокую скорость перехода на другую частоту [2].

На основе выбранного метода разработана структурная схема устройства [3], которая представлена на рис. 1. На основе структурной схемы рассчитана элементная база. В САПР Proteus собрана и промоделирована электрическая принципиальная схема устройства [4], схема представлена на рис. 2.

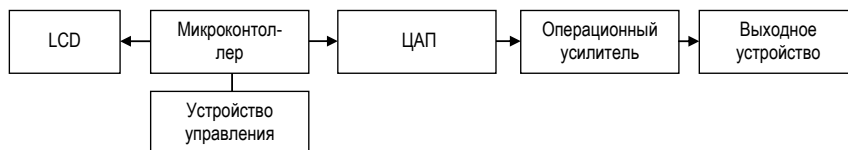


Рис. 1. Структурная схема генератора различных форм сигналов

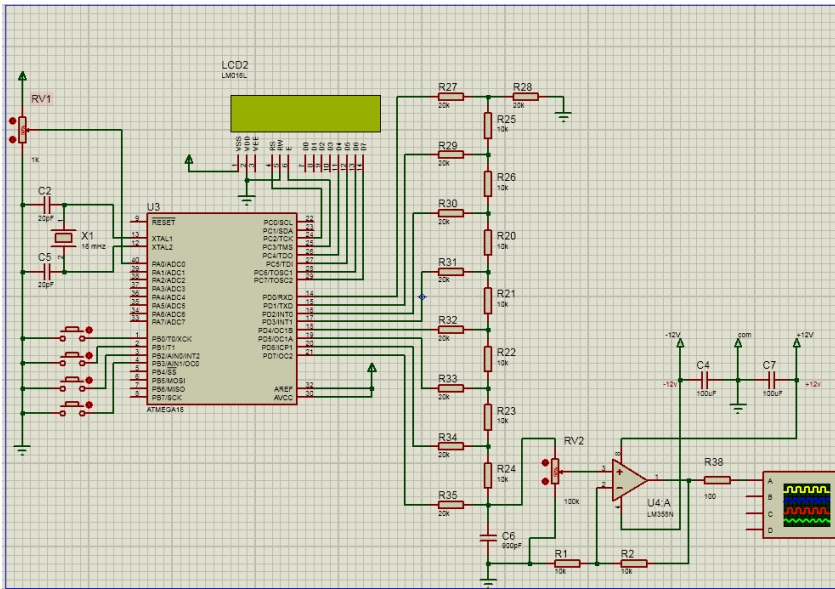


Рис. 2. Схема генератора сигналов различных форм, смоделированная в САПР Proteus

Для обеспечения работоспособности генератора требуется напряжение 24 и 5 В.

Схема состоит из следующих функциональных блоков:

- микроконтроллер (МК) –ATMEGA16. Условное обозначение – U3;
- LCD – отчетное устройство LM016L. Условное обозначение – LCD2;
- цифро-аналоговый преобразователь представлен в виде простых резисторов. Условные обозначения R24-R35;
- операционный усилитель (ОУ) LM358. Условное обозначение – U4;
- устройство управления (УУ) – данный блок представлен в виде четырех кнопок и двух потенциометров номиналом 100 кОм и 1 кОм соответственно. Условные обозначения – 1-4, Rv1, Rv2;
- выходное устройство – используется для выводов разных форм сигналов на тестируемый прибор.

МК в данном устройстве выдает цифровой сигнал на восьмиразрядный цифро-аналоговый преобразователь, а также организована передача полученного значения с МК на LCD.

Жидкокристаллический дисплей LCD позволяет наблюдать информацию о форме и частоте сигнала. А также на LCD отображается шаг изменения частоты.

ОУ обеспечивает двухполярный сигнал. На + ОУ подается +12В, а на – ОУ подается -12В, что дает амплитуду от -12 до +12В. На неинвертирующий вход подается сигнал с ЦАП через потенциометр.

УУ предназначено для управления генератора с помощью подключенных к нему органов управления и обработки программируемого кода. Регулировка формы сигнала производится при нажатии на кнопку 1, частоты сигнала при нажатии на кнопки 2 и 3. Шаг изменения частоты устанавливается при нажатии на кнопку 4. Потенциометр RV2 используется для плавной регулировки амплитуды на ОУ. Для регулировки амплитуды стоит резистор на 100 кОм, так как для стабильной работы ОУ на не инвертирующий вход должно подаваться меньшее напряжение. Для сглаживания сигнала на входе ОУ поставлен конденсатор на 900 пФ. Условное обозначение – С6. Конденсатор подбирался опытным путем.

Для функционирования модели генератора был разработан алгоритм программы, на основе которого написан код программы для микроконтроллера в AtmelStudio [5].

Результаты работы смоделированного устройства отображены на рис. 3.

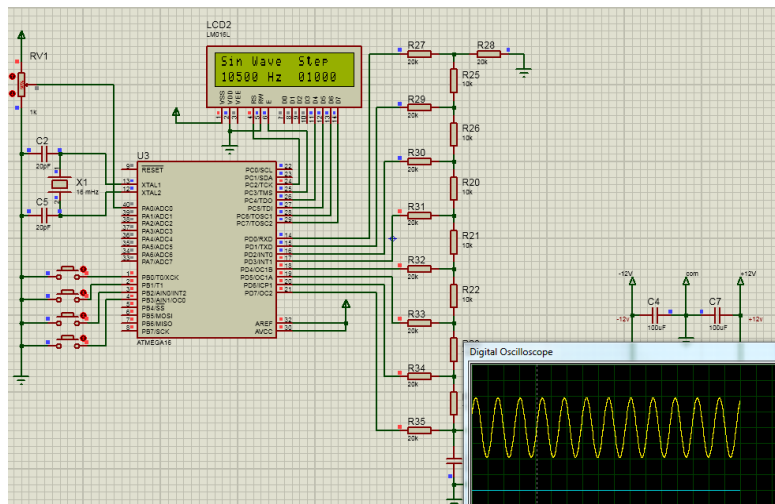


Рис. 3. Результаты моделирования в САПР Proteus

Заключение

В результате выполнения данной работы был выбран метод синтеза сигнала, построены структурная и принципиальная схема измерительного генератора различных форм сигналов и промоделирована работа схемы устройства.

Библиографический список

1. Давыдов А. В. Сигналы и линейные системы: Тематические лекции. Екатеринбург: УГГУ, 2006. 262 с.
2. Компоненты и технологии // Все о синтезаторах DDS. URL: https://www.kit-e.ru/articles/powersource/2005_1_28.php (дата обращения: 12.01.2022).
3. Кучумов А. И. Электроника и схемотехника. М.: Гелиос АРВ, 2014. 136 с.
4. Мышляева И. М. Цифровая схемотехника. М.: Академия, 2005. 400 с.
5. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. 3 изд. СПб.: Питер, 2011. 768 с.

УДК 621.317.761

А. Д. Заводсков

студент кафедры воздушно-космических сил

Д. В. Бондаренко – преподаватель кафедры воздушно-космических сил

МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТИ СЕТИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА 16

В настоящее время возросли требования к контролю уровня потребляемой мощности, это особенно актуально при работе от мобильных источников питания, например ПЛИТ, у которой имеется свой дизельный генератор.

Контроль мощности в лаборатории позволит поддержать в постоянной боевой готовности высокоточные средства измерения, а также предотвратить быстрое снижение ресурса и увеличить время работы оборудования. Для контроля полной мощности сети разработана цифровая модель измерителя мощности, которая позволяет контролировать и фиксировать значение в течении длительного периода времени, а также информировать оператора о незапланированных скачках и падениях мощности в линии контролируемой сети.

В связи с выбранным методом была разработана структурная схема [1]. Структурная схема модели представлена на рис. 1.

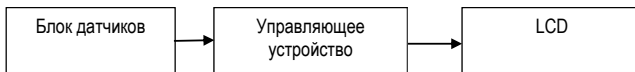


Рис. 1. Структурная схема

В блок датчиков входят датчики тока и напряжения [5]. Информация с блока датчиков поступает на управляющее устройство, которое представляет собой микроконтроллер со встроенным аналого-цифровым преобразователем [4]. Значение сигнала на выходе АЦП представляет собой отношение входного напряжения к максимальному номинальному напряжению источника опорного напряжения. Управляющее устройство также выполняет функции обработки полученных данных и расчет значения полной мощности сети, а также передаёт рассчитанные значения на LCD-дисплей.

Для моделирования работы цифровой модели была создана схема электрическая принципиальная (рис. 2).

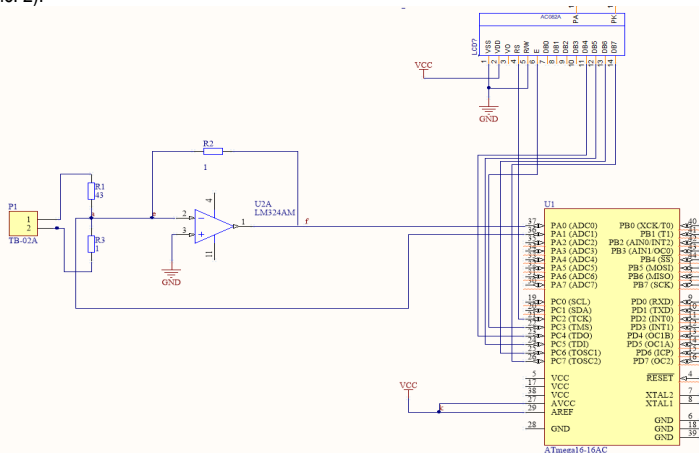


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная

На рис. 2 изображено:

- LCD1 – жидкокристаллический дисплей, который используется для вывода полученных значений;
- U1 – микроконтроллер ATmega16, выполняет функции управляющего устройства, рассчитывает значения;
- U2, R2 – операционный усилитель с обратной связью LM324, который выступает в роли датчика тока;
- R1, R3 – делитель напряжения, датчик напряжения;
- P1 – генератор 220В 50 Гц.

Дальнейшие этапы разработки устройства включают в себя непосредственное создание опытного образца и оценка его метрологических характеристик. Планируется что устройство будет удовлетворять таким требованиям как, допуск основной погрешности (1,5 %) и входное напряжение (220В).

Библиографический список

1. ГОСТ 8.736-2011. Прямые и косвенные измерения мощности.
2. ГОСТ 16263-70. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрология. Термины и определения.
3. Техническое описание микроконтроллера ATMEGA16, 2010.
4. Техническое описание. Датчика ПТН, 1990.

УДК 623.746

П. Ю. Ламов

студент кафедры воздушно-космических сил

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КАНАЛА АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В данной научно-исследовательской работе будет проведен анализ накопителя электрической энергии и будет предложена новая структурная схема канала аварийной системы электроснабжения.

Летательные аппараты постоянно совершенствуются, в результате чего повышается уровень электрификации воздушных судов. Соответственно, растут требования к источникам электроэнергии для приемников первой категории, которые влияют на безопасность полета.

По данным на современных средних и тяжелых самолетах установленная мощность бортовых источников электроэнергии достигает 500–1450 кВА [1].

Считается, что совершенствование источников электроэнергии приведет к дальнейшему развитию электроэнергетических комплексов летательного аппарата с полностью электрифицированным оборудованием.

Одной из задач планируется реализовать полностью электрифицированные самолеты на базе вентильных электродвигателей постоянного тока повышенной мощности (около 10–20 кВт), для которой необходимо использовать напряжение постоянного тока 270 В.

Для решения данной задачи, можно создать систему аварийного электроснабжения (рис. 1), которая будет оптимизировать режимы работы основных и аварийных источников, касающихся снижения импульса токов нагрузки, которые возникают при электростартерном запуске вспомогательной силовой установки маршевых двигателей.

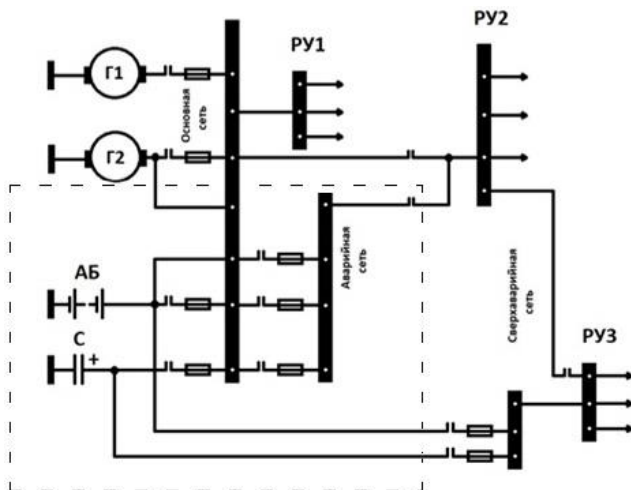


Рис. 1. Обобщенная структурная схема канала аварийного электроснабжения

Использование в системе суперконденсатора позволит уменьшить импульсный ток, отбираемый от аккумуляторной батареи, улучшая его условия эксплуатации. При отсутствии импульсных (высоких) токов разряд суперконденсатора практически отсутствует, и вся мощность отдается от аккумуляторной батареи.

Использование данного решения позволяет увеличить ресурс аккумуляторной батареи.

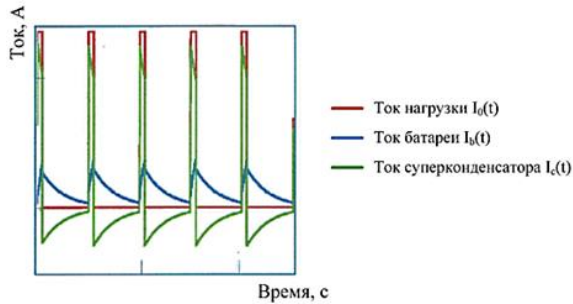


Рис. 2. Совместная работа аккумуляторной батареи и суперконденсатора на импульсной нагрузке

С помощью суперконденсатора достигается высокая скорость заряда и разряда, высокий коэффициент полезного действия, большой срок эксплуатации, благодаря чему целесообразно применять для ликвидации провалов и выбросов напряжения, и поддерживать частоту в энергосистемах.

Используя суперконденсаторы, можно сократить время провалов и выбросов напряжения почти в два раза, а величину провалов и выбросов до 10 %.

На рис. 3 показан график напряжения с кратковременным провалом и выбросом напряжения до применения накопителя и с его применением [2].

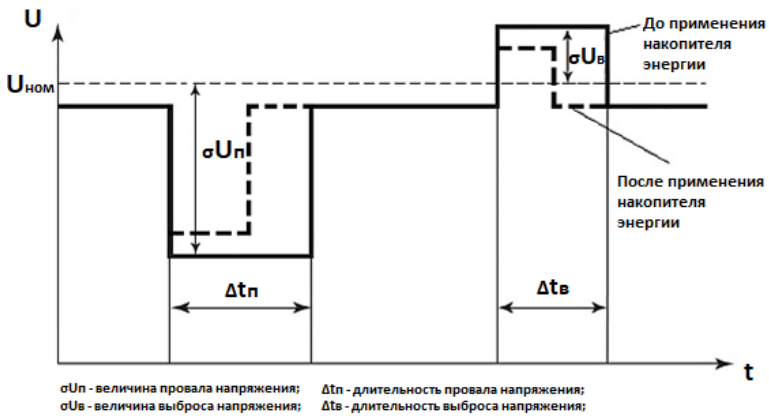


Рис. 3. Выброс и провал напряжения

С целью сглаживания неравномерности электронагрузок, накопитель энергии обязан моментально отдавать заряженную мощность в период предельных нагрузок, а в то время, когда нагрузка снижается, накопитель энергии должен накапливать. На рис. 4 представлен график электрических нагрузок с использованием накопителя энергии и без него.

Выбор типа аварийного источника является сложной оптимизационной задачей, которая решается при проектировании воздушных судов.

Необходимо дальше разрабатывать перспективные системы, которые помогут в создании комплексов летательного аппарата с полностью электрифицированным оборудованием.

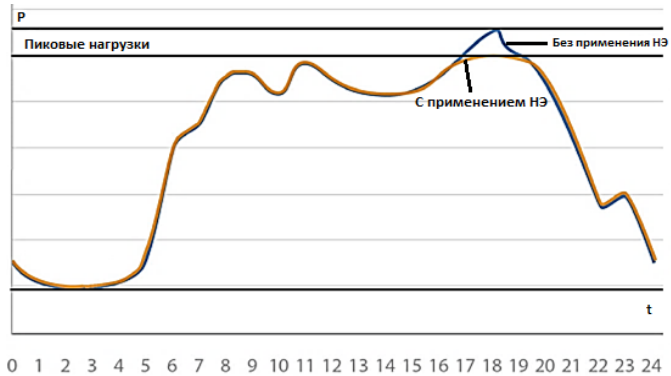


Рис. 4. График электрических нагрузок

Библиографический список

1. Волокитина Е. В. Исследования по созданию системы генерирования и запуска маршевого двигателя в концепции полностью электрифицированного самолета. Ч. 1 // Электроника и электрооборудование транспорта. 2011. № 4. С. 24.
2. Смотров Н. Н. Сглаживание провалов и выбросов напряжения в системах оперативного тока электрических станций и подстанций с помощью ионисторов: дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 125 с.

УДК 004

Д. О. Ложкин

студент кафедры воздушно-космических сил

А. В. Старостин – кандидат технических наук – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ

В современном мире наблюдается переход от «бумажной» к «цифровой» информационной среде. Вслед за компьютеризацией и информатизацией пришло время цифровой трансформации различных областей деятельности. Цифровизация высшего образования предполагает интеграцию образования с информационными ресурсами. Внедрение цифровых технологий и инструментов расширяет возможности использования интерактивных методов обучения, положительно влияет на вовлеченность студентов в процесс обучения [1].

На основе данного подхода и требований нормативно-правовых актов РФ в университете разработана Стратегия цифровой трансформации, целью которой является формирование к 2030 г. цифрового университета, что в свою очередь предусматривает разработку и внедрение различных информационных систем (ИС) [2]. Перевод образовательного процесса в электронный вид возможен путем создания информационно-обучающей WEB-среды, которые функционально могут повторять отдельные возможности или цели LMS и LCMS продуктов. Разработка информационно обучающей WEB-среды как правило ведется под заказ и не предполагает, использование стандартных, типовых, универсальных программных продуктов.

Для создания WEB-приложения в основном выбирается язык гипертекстовой разметки HTML и каскадные таблицы стилей CSS.

В рамках данной работы прототип WEB-приложения разработан с использованием графического редактора Figma (рис. 1).

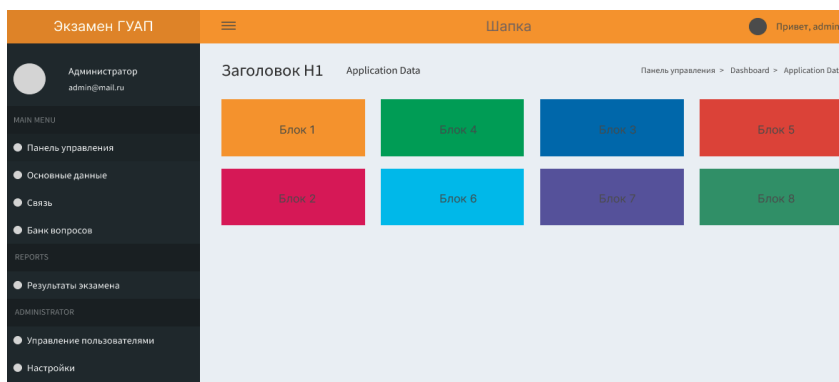


Рис. 1. Прототип WEB-приложения

Выбор редактора обусловлен возможностью стандартизации всех элементов макета проекта, задать общий стиль макета и в случае необходимости изменить его [3]. В процессе проектирования применялись следующие принципы разработки графических пользовательских интерфейсов [4]:

- связанные элементы должны быть организованы вместе и четко отделены от остальных элементов;
- дизайн интерфейса должен помогать выполнять простые стандартные задачи;

– интерфейс должен содержать только те параметры, которые необходимы для выполнения поставленной задачи;

– интерфейс с помощью четких, конкретных и кратких сообщений должен предоставлять пользователям обратную связь о наиболее важных изменениях, исключениях, ошибках и состояниях.

Основными пользователями приложения являются преподаватели и обучающиеся и между ними организовано взаимодействие, с учетом реализации своих ролей и права доступа:

- «старший преподаватель – администратор» – администрирование WEB-приложения;
- «преподаватель» – создание обучающего контента по преподаваемым дисциплинам, создания тестовых (контрольных) работ, просмотр успеваемости;
- «студент» – доступ к обучающему контенту, тестовым (контрольным) работам, их выполнение и просмотра своей успеваемости.

Использование в WEB-приложении скриптового (сценарного) языка общего назначения PHP позволило реализовать функцию работы с базой данных при реализации задач взаимодействия пользователей (рис. 2).

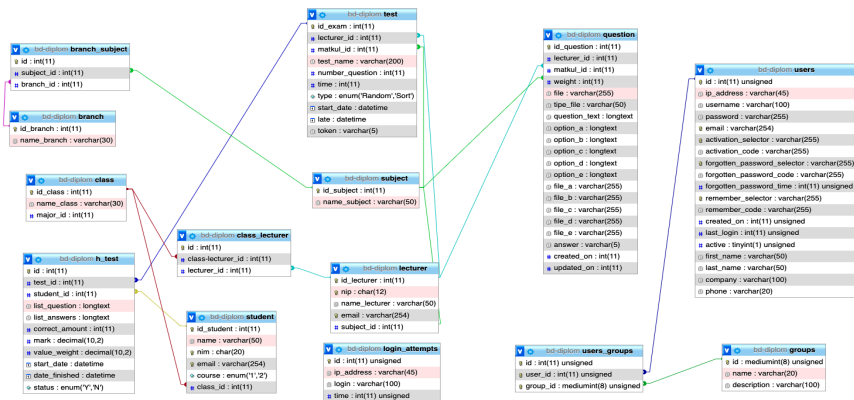


Рис. 2. СУБД WEB-приложения

WEB-приложение имеет возможность работы в локальном и онлайн режиме. Данный подход позволяет использовать приложение и для решения задач подготовки по дисциплинам как с открытым, так и с ограниченным доступом.

Функционал приложения позволяет решать следующие задачи:

- добавление, редактирование, поиск и удаление данных пользователей (как индивидуально, так и в группах) (рис. 3);
- создание структуры учебного материала (по дисциплинам);
- формирование банка вопросов и тестовых заданий, с возможностью их редактирования (рис. 4);
- создание и редактирование тестовых заданий;
- формирование и выдача на печать отчетных документов в различных форматах.

Таким образом, внедрение в учебный процесс разработанного WEB-приложения и других элементов обучения обеспечит в дальнейшем создать информационно-обучающую WEB – среду вуза, использующую компьютерно-телекоммуникационные технологии взаимодействия. Доступность, открытость, интерактивность, социально-коммуникационные сервисы, предоставляемые современными WEB-технологиями, позволяет повысить качество образовательного процесса.

ВОЕННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

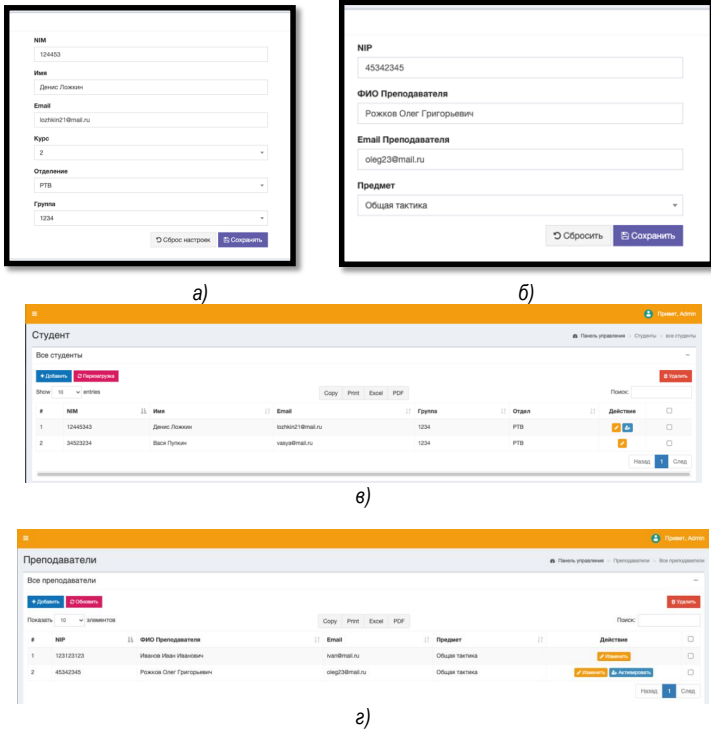


Рис. 3. Окна WEB-приложения «Работа с пользователями»: а – добавление студента; б – добавление преподавателя; в, г – окна введенных данных

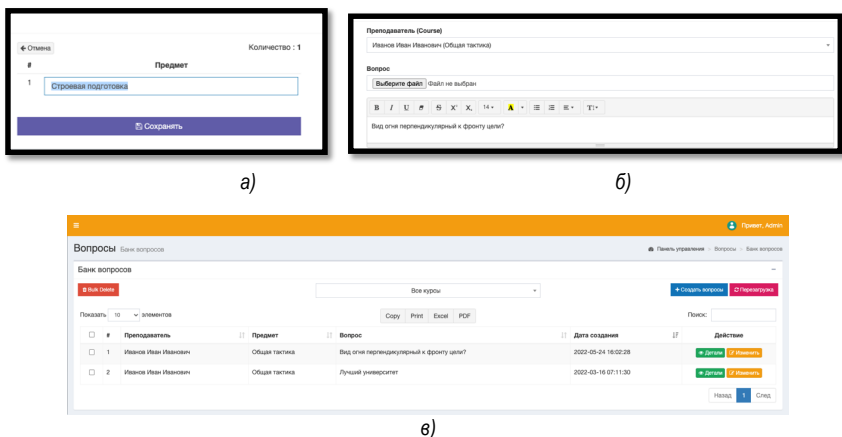


Рис. 4. Окна WEB-приложения «Работа с учебными материалами»

Библиографический список

1. Минина В. Н. Цифровизация высшего образования и ее социальные результаты // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. 2020. Т. 13. Вып. 1. С. 84–101.
2. Стратегия цифровой трансформации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. URL: <https://docs.guar.ru/guar/2021/strategy-dt.pdf> (дата обращения: 02.03.22).
3. Онлайн-сервис FIGMA: Принцип работы, лучшие фишки облачной платформы и полезные лайфхаки. URL: <https://idbi.ru/blogs/blog/onlayn-servis-figma-printsip-raboty-luchshie-fishki-oblachnoy-platfomy-i-poleznye-layfhaki> (дата обращения: 12.02.22).
4. Eduson Academy // Что такое веб-интерфейс. Советы в создании интерфейса. URL: <https://eduson.academy/tpost/zeliry1rt1-cto-takoe-veb-interfeis-soveti-v-sozdan> (дата обращения: 13.02.22).

УДК 87.01.81

Е. А. Лысова

студентка кафедры воздушно-космических сил

А. Н. Баландин – преподаватель кафедры воздушно-космических сил

МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

В статье рассмотрены этапы создания цифровой модели измерителя температуры, влажности и атмосферного давления на основе следующих методов: контактный, гигроскопический и пьезорезисторный. Она позволяет оценить технические характеристики устройства и принцип его функционирования.

Окружающая среда оказывает большое влияние на проведение измерений, поэтому нужно постоянно контролировать показатели температуры, влажности и давления [1].

Цифровая модель позволяет в автоматическом режиме измерять параметры окружающей среды, передавать эти данные на компьютер, фиксировать их в протоколах поверки и осуществлять сбор статистических данных об окружающей среде на протяжении всей поверки.

Для реализации устройства были выбраны следующие методы измерений [3]:

- контактный – для измерения температуры;
- гигроскопический – для измерения влажности;
- пьезорезисторный – для измерения давления.

Преимущество контактного метода заключается в непосредственном контакте измерительного преобразователя температуры с исследуемым объектом, в результате чего добиваются состояния теплового равновесия преобразователя и объекта.

Достоинством гигроскопического метода измерения влажности является относительно высокая точность и возможность измерения влажности воздуха при низких температурах и высоких давлениях.

Достоинством пьезорезисторного метода являются повышенная стойкость к вибрации и однородность упругой мембраны.

На основе этих методов была разработана и построена структурная схема цифровой модели устройства, представленная на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема цифровой модели

Блок датчиков состоит из датчика давления МРХ4115, датчика влажности и температуры DHT22, которые выполняют измерение параметров окружающей среды и передают информацию на микроконтроллер через аналоговый и цифровой интерфейс соответственно [2].

В качестве микроконтроллера используется АТмега 8, который получает сигнал с датчиков, обрабатывает его для передачи полученной информации на дисплей и ЭВМ.

Для отображения результатов измерения выбран LCD-дисплей 20x4.

Разработанная цифровая модель измерителя температуры, влажности и атмосферного давления в САПР [4] Proteus8 Professional представлена на рис. 2.

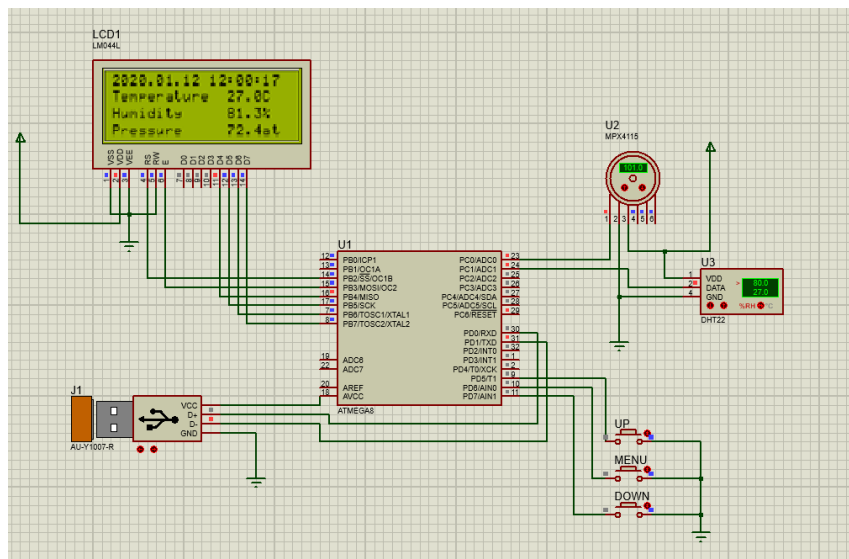


Рис. 2. Цифровая модель устройства в САПР Proteus8 Professional

Для полноценного функционирования цифровой модели был разработан программный код в AtmelStudio 7.0 на языке программирования C++. Для проверки корректной работы устройства были заданы условия окружающей среды с помощью датчиков давления, влажности и температуры в САПР Proteus8 Professional.

На рис. 2 изображено:

- LCD1 – жидкокристаллический дисплей, используется для вывода полученных значений;
- U1 – микроконтроллер ATmega8, на который поступает сигнал с датчиков;
- U2 – датчик MPX4115, производит измерение давления;
- U3 – датчик DHT22, производит измерение влажности и температуры;
- «UP», «DOWN» – кнопки, используются для настройки даты и времени;
- «MENU» – кнопка, используется для включения и выключения устройства;
- J1 USB – порт для подключения к компьютеру.

Разработанная модель должна соответствовать следующим техническим характеристикам:

- напряжение питания 5 В;
- выбор режима работы: ручной;
- масса: не более 0,5 кг;
- диапазон рабочих температур от -40 до +50;
- вывод информации на ПК: USB-коннектор.

В статье были рассмотрены методы измерения параметров окружающей среды, разработана структурная схема, а также цифровая модель измерителя температуры, влажности и атмосферного давления. Также было проведено моделирование работы измерительного устройства в САПР Proteus8 Professional. В программе AtmelStudio 7.0 был написан цифровой код для микроконтроллера Atmega 8.

Проведенные исследования позволяют разработать компактное, недорогое устройство для контроля и фиксации значений температуры, влажности и атмосферного давления в реальном времени. Полученные данные могут быть занесены в протокол и отслеживаться при необходимости, и которые также в дальнейшем можно использовать при проведении поверки средств измерений.

Библиографический список

1. ГОСТ 8.395-80. «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке».
2. ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
3. Раннев Г. Г., Тарасенко А. П. Методы и средства измерений: учебник для студентов вузов. 5-е изд. М., 2018. 331 с.
4. Муханин Л. Г. Схемотехника измерительных устройств: учебное пособие высших учебных заведений. СПб.: Лань, 2019. 281 с.

УДК 628.987

В. В. Паршин

студент кафедры воздушно-космических сил

Д. В. Бондаренко – преподаватель кафедры воздушно-космических сил

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ТАХОМЕТРА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

В настоящее время в вооруженные силы поступает большое количество беспилотных летательных аппаратов, задачей которых является выполнение разведывательных операций.

Один из вариантов летательных аппаратов является квадрокоптер. Квадрокоптеры имеют конструкцию 4, 6 и 8-винтовые управляемые дистанционно. При потере управления оператором, квадрокоптер должен осуществлять посадку в автоматическом режиме для того, чтобы сохранить летательный аппарат. Для того чтобы осуществить плавную посадку БПЛА система должна получать точные данные о частоте вращения каждого винта. Для контроля частоты вращения каждого винта была разработана модель цифрового тахометра.

Разрабатываемый Тахометр предназначен для измерения частоты вращения винта БПЛА. Частота вращения винта оказывает влияние на тягу. Например, уменьшение частоты вращения одного из четырех винтов при равномерном распределении питания приводит к потере баланса и управления квадрокоптером.

Одним из вариантов реализации измерения скорости вращения является оптический метод. Способ, использующий отраженный ИК-луч [1].

Структурная схема устройства 1 (рис. 1).

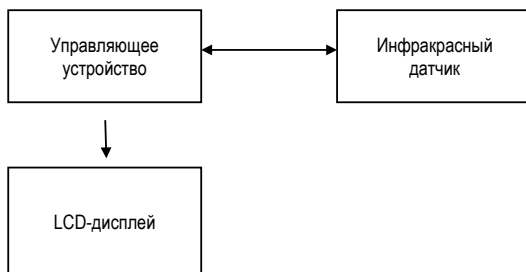


Рис. 1. Структурная схема устройства

Источник питания подает питание 5 В на управляющее устройство которым является микроконтроллер и он начинает работу. От управляющего устройства подается сигнал на ИК-датчик, который при взаимодействии с объектом посылает сигналы (при подаче (прерывании и отражении луча) сигнала на управляющее устройство – «1», а при отсутствии сигнала – «0») на микроконтроллер. Микроконтроллер вычисляет значение частоты вращения и отображает на LCD-дисплей [3].

Симуляция работы в Proteus 2 (рис. 2).

Аналогично структурной схеме на рис. 2 изображено:

Управляющее устройство [1] SIM1 – микроконтроллер ArduinoNano, в котором некоторые выходы запрограммированы на работу тахометра;

Дисплей LCD1 УГО жидкокристаллического экрана LM016L [2] на основе контроллера HD44780 [3], используется как устройство вывода информации;

ИК датчик [2] U2 формирует ИК-луч на поверхность винта.

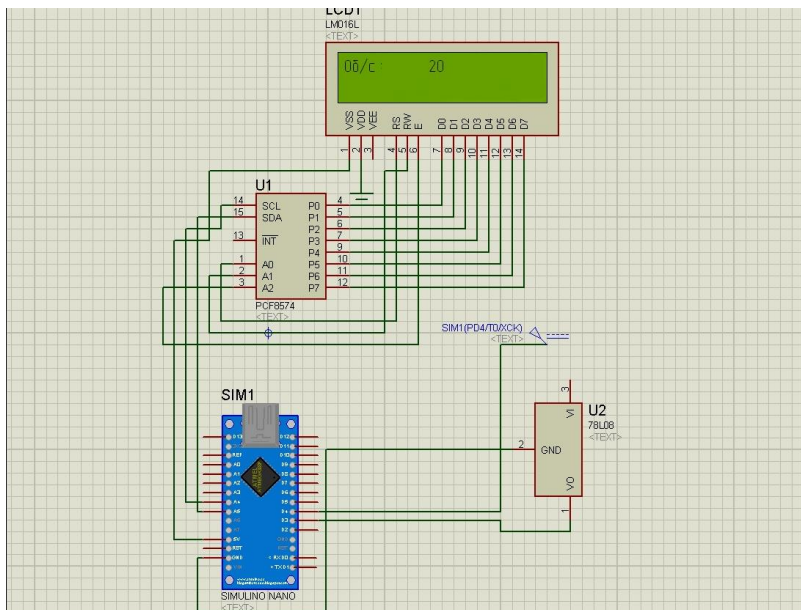


Рис. 2. Симуляция работы в Proteus

В ходе работы была разработана модель цифрового тахометра на базе платформы Arduino, приведена структурная схема. На основе структурной схемы СИ были проанализированы и выбраны элементы. Также было смоделировано СИ на основе выбранных элементов и проведена симуляция работы СИ в программе Proteus [3].

Библиографический список

1. Электрорадиоизмерения: учебник / В. И. Нефедов, А. С. Сигов, В. К. Битюков [и др.] М., 2018.
2. Лисицын Б. Л. Элементы индикации. М.: Энергия, 2008.
3. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры, справочник / Э. Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликов и др. М., 1989.

УДК 004.42, 621.317

Д. А. Пономарев

студент кафедры воздушно-космических сил

В. В. Котович – кандидат технических наук, доцент

ОБУЧАЮЩИЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В статье рассмотрен компьютерный метод обучения проектированию цифровых измерительных устройств на основе микроконтроллеров, микрокомпьютеров и ПЛИС. Поясняется структура программного обеспечения и состав аппаратного обеспечения. Показан внешний вид окон и дано описание меню и последовательности работы с ним. Рассмотрен порядок создания и редактирования нового проекта (урока) на примере цифрового измерительного устройства люксметр.

Существует необходимость в создании простого и интуитивно понятного программного обеспечения для обучения пользователей проектированию цифровых измерительных устройств. Такое программное обеспечение является важным инструментом при проектировании цифровых измерительных устройств, а также служит для виртуального обучения и консультирования пользователей.

Программная часть обучающего программно-аппаратного комплекса (в дальнейшем – ОПАК) реализована на языке программирования Python и содержит теоретический материал, разбитый по смыслу на отдельные обучающие уроки, либо проекты. Основу, или ядро программы, составляет сервер, который позволяет компилировать код пользовательских проектов с помощью подключённых утилит. Сервер состоит из трех блоков, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Блоки сервера, написанного на языке Python

Сервер на Python	
Блок	Описание
Веб интерфейс, написанный на языке JavaScript	Визуальная веб часть программы ОПАК, написанная на языке JavaScript использованием фреймворка Vue.js
Внешние программы-утилиты в которых сервер автоматически производит компиляцию кода и прошивку микроконтроллера	Программа AVRdude используется в случае прошивки микроконтроллеров семейства AVR. Программа gcc-arm-none-eabi используется для прошивки микроконтроллеров семейства STM. Программа st-link используется для инициализации программы прошивки
Набор текстовых и графических файлов разрабатываемых проектов (уроков), объединенных в директорию	Директория «docs» хранит в себе все уроки, которые группируются тематически по типу изучаемого микроконтроллера (AVR, STM32), микрокомпьютера или ПЛИС. Директория «media» – хранит медиафайлы, используемые в проектах (уроках) для наглядности. Директории «temp» и «tempStm» предназначены для хранения откомпилированных пользователями проектов (уроков). Директория «web» хранит файлы, отвечающие за визуализацию программы ОПАК при открытии сервера через любой браузер

Интерфейс главного меню (рис. 1) содержит уроки (проекты) сгруппированные по двум направлениям (микроконтроллеры, ПЛИС). Также имеется справочная информация для пользователей. Названия глав кратко раскрывают их суть.

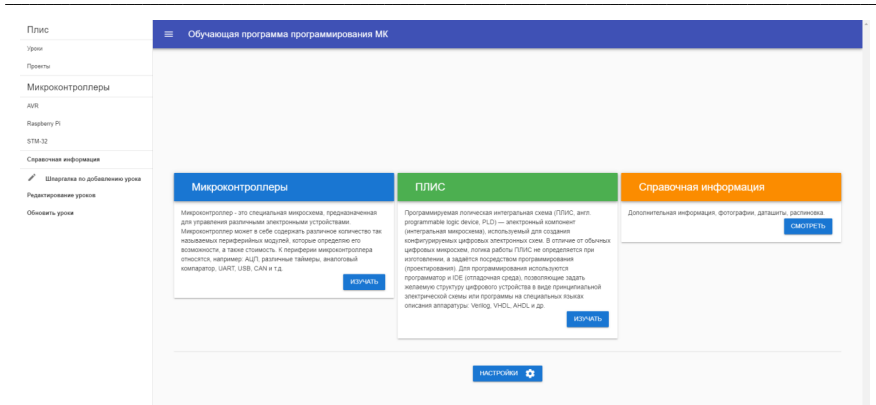


Рис. 1. Интерфейс главного меню

Разработанная компьютерная программа позволяет пользователю: выбрать из представленного перечня соответствующую группу уроков (микроконтроллер, ПЛИС); изучить его архитектуру; выбрать нужный учебный проект (урок) электронного устройства (измерительного устройства), выполненного на соответствующей микросхеме; просмотреть схемотехническую модель этого устройства и код, написанный для этой микросхемы с пояснениями (комментариями); прошить микросхему и продемонстрировать работу устройства, используя специальное рабочее место. Все проекты (уроки) содержат специально подобранные комментарии и ссылки на теоретические материалы по программированию и проектированию, а также на технические описания электронных компонентов (DataSheet). Данная программа обобщает разрозненные материалы по вопросам проектирования, моделирования и программирования, которые можно найти в интернете, в единый комплекс. Текст, рисунки и видео дополняют, а не повторяют друг друга, что позволяет ускорить процесс обучения.

Для удобства работы с программой, ее интерфейс содержит минимум элементов, чтобы не отвлекать пользователя. Этому же способствуют светлые тона заголовков всплывающих окон.

В левой части главного меню программы ОПАК (рис. 1) имеется колонка, содержащая дерево главного меню, а также меню для редактирования и обновления уроков.

При нажатии кнопки «ИЗУЧАТЬ» в обучающем направлении «Микроконтроллеры» откроется окно «Изучение Микроконтроллеров» (рис. 2). Окно содержит три модуля для изучения микроконтроллеров: «AVR», «Raspberry Pi» и микрокомпьютера «Raspberry Pi». Каждый модуль имеет свое описание.

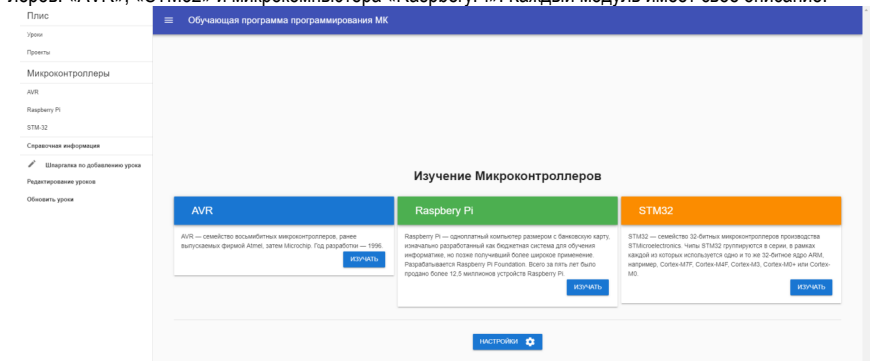


Рис. 2. Окно направления «изучение микроконтроллеров»

Визуальная часть интерфейсов обучающих модулей имеет одинаковую структуру размещения смысловой информации. Информация в каждом из уроков размещается в виде отдельных статей.

Каждый обучающийся, изучив все уроки выбранного модуля, может создавать собственные проекты (уроки). Для этого в главном меню программы ОПАК необходимо в левой колонке выбрать пункт меню «Редактирование уроков» или «Обновить уроки». После соответствующего выбора появится окно меню редактирования и создания уроков (рис. 3).

Интерфейс окна позволяет пользователю быстро перейти в соответствующий обучающий модуль и выбрать проект (урок) для редактирования из уже существующих или создать новый проект (урок).

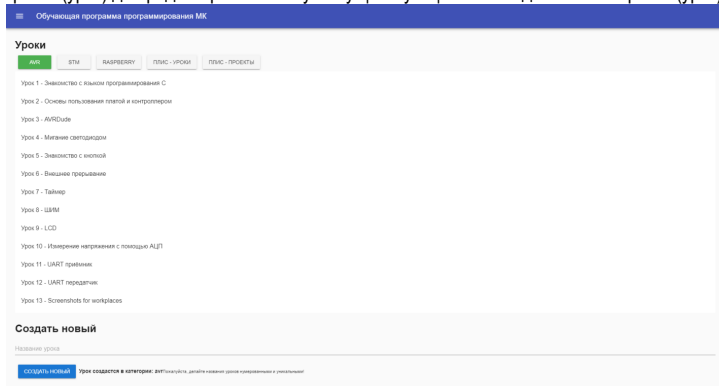


Рис. 3. Окно меню редактирования и создания уроков

Окно меню редактирования и создания уроков имеет интуитивно понятный интерфейс. В верхней части окна находится перечень обучающих модулей, в которых можно создавать новые проекты (уроки) или редактировать проекты (уроки), созданные ранее. После выбора обучающего модуля появляется окно с полным списком созданных ранее проектов (уроков). При выборе одного из проектов (уроков), открывается окно с текстовым описанием проекта (урока).

На рис. 4 представлено изображение окна в режиме редактирования проекта(урока) «Прибор для измерения освещенности – люксметр». В левой части экрана расположено окно текстового редактора, а в правой – вид отредактированного текста в окне проекта (урока).

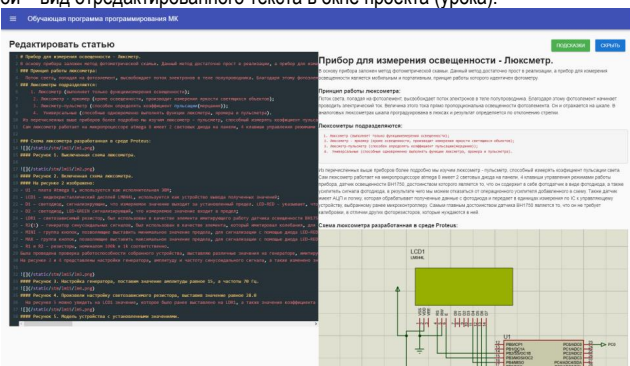


Рис. 4. Интерфейс редактора текста в режиме редактирования проекта (обучающего урока) «Прибор для измерения освещенности – люксметр»

На рис. 5 представлен вид окна текстового редактора кода в режиме создания нового урока. Код пишется на языке программирования СИ. При вводе неверных команд встроенный синтаксический анализатор позволяет по цвету определить ошибку ввода. Если в проекте (уроке) не предусмотрено написание кода для программирования микросхемы, то в поле редактора следует написать «поле».

Создание нового проекта (урока) происходит по аналогии с редактированием. При создании нового проекта (урока) следует обратить внимание на уникальность его названия и правильный выбор его порядкового номера в модуле.

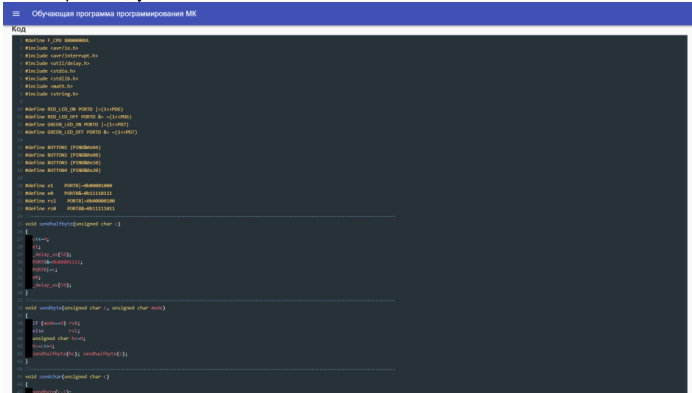


Рис. 5. Интерфейс текстового редактора кода в режиме создания нового проекта (урока)

На рис. 6 представлен пример внешнего вида окна одного из проектов (уроков).

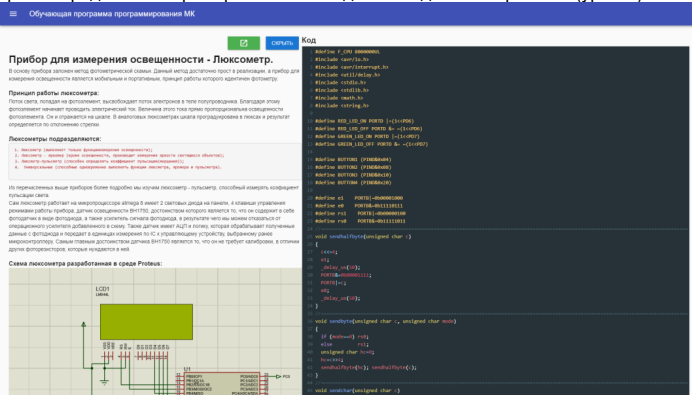


Рис. 6. Внешний вид окна с проектом (уроком) «Прибор для измерения освещенности – люксметр»

Окно с проектом (уроком) визуально разбито на две части: левую – текстовую и правую – программную. На рис. 6 эти части выделены рамками оранжевого и голубого цветов соответственно. В левой части интерфейса рассматривается теоретический материал, связанный с темой проекта (урока), а правая часть содержит программный код для микросхемы, которая используется в данном проекте (уроке). Можно создавать проекты (уроки), содержащие только теоретический материал, тогда в правой части окна вместо кода будет надпись «поле» и эту часть окна можно скрыть при помощи нажатия синей кнопки «СКРЫТЬ» в верхней части окна.

По окончании изучения проекта (урока) можно скомпилировать код и прошить им микроконтроллер по необходимости. Для этого достаточно последовательно нажать кнопки «КОМПИЛИРОВАТЬ» и «ПРОШИТЬ», расположенные под программной частью окна изучаемого проекта (урока). По завершению компиляции появится уведомление об успешной компиляции (рис. 7).

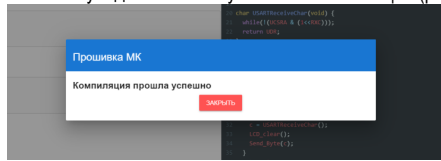


Рис. 7. Уведомление об успешной компиляции

На рис. 8 рассмотрено тестирование разработанного цифрового измерительного устройства люксметр на специальном рабочем месте.

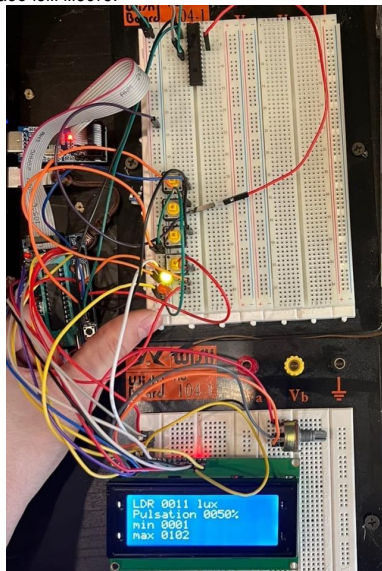


Рис. 8. Тест цифрового измерительного устройства люксметр

Создание или редактирование проекта (урока) в программе ОПАК предусматривает выполнение трех действий:

- 1) написание кода для микроконтроллера на языке СИ;
- 2) преобразование написанного кода в файл прошивки, используя для этого соответствующие компиляторы;
- 3) запись написанного кода на микроконтроллер, используя для этого соответствующие программы для прошивки.

Аппаратная часть комплекса ОПАК представлена в виде специальных рабочих мест. Аппаратная часть содержит в себе все необходимые компоненты для работы с данным семейством микроконтроллеров. Благодаря этому пользователь может сразу после ознакомления с теоретическим материалом приступить к работе с уже испытанным оборудованием. Специальное рабочее место для изучения микроконтроллеров представлено на рис. 9, 10, 11.

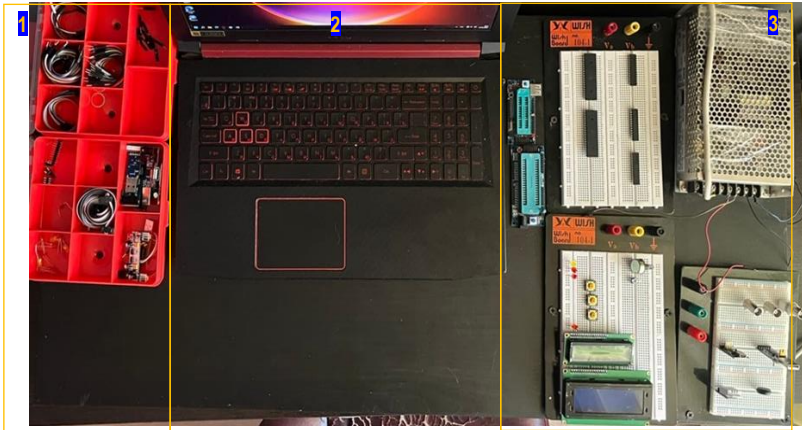


Рис. 9. Специальное рабочее место

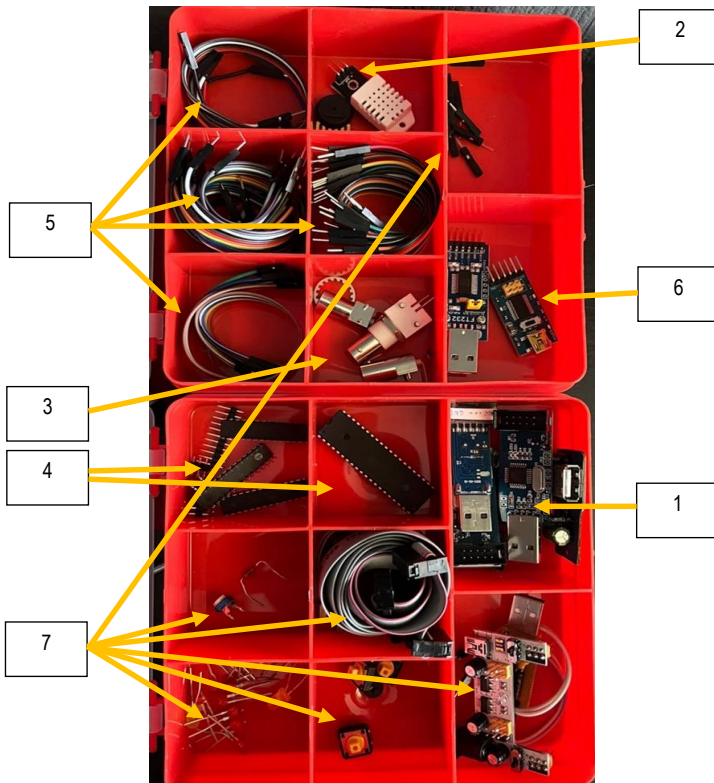


Рис. 10. Кейсы для хранения элементарной базы специального рабочего места

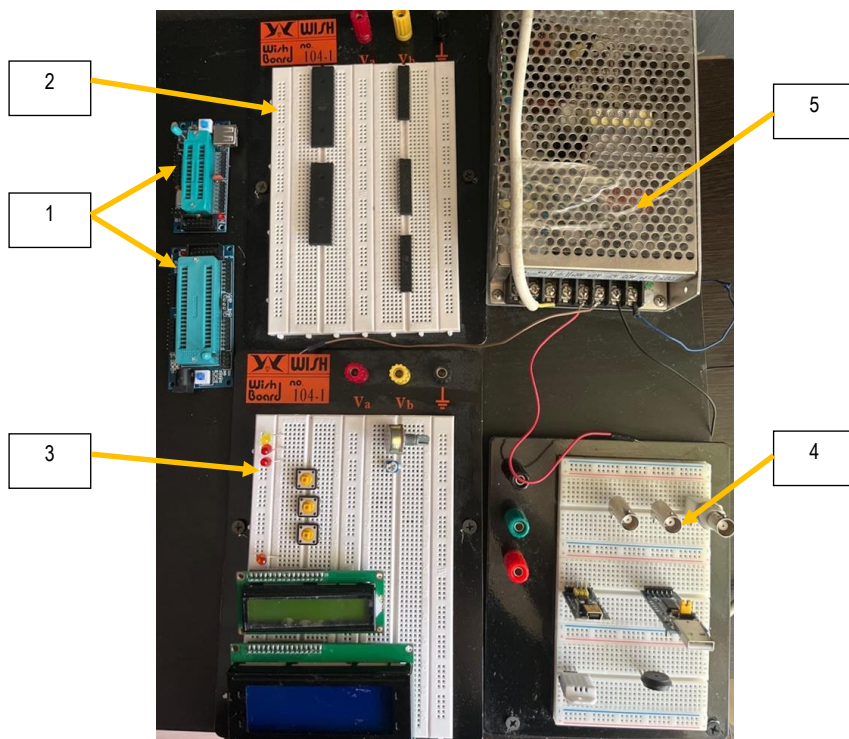


Рис. 11. Рабочее пространство специального рабочего места

Специальное рабочее место разбито на три блока (рис. 9).

1. Кейсы для хранения элементарной базы специального рабочего места (рис. 10) в которых хранятся: программаторы USBAsp и USBlsp (1); датчики (2); разъемы для вывода информации (3); микроконтроллеры Atmega 8/16/32 (4); Провода типа вилка-вилка, розетка-розетка, вилка-розетка (5); преобразователи интерфейса FT232 (6); мелкие элементарные компоненты лампочки, кнопки, резисторы, ножки, блоки питания платы, провода питания и передачи информации для программаторов (7).

2. Свободное пространство для установки дополнительного оборудования. На рис. 9 дополнительным оборудованием является ноутбук.

3. Рабочее пространство специального рабочего места оснащено отладочными платами под микроконтроллеры Atmega 8/16/32 (1); макетными платами с наборами постоянных элементов: макетная плата с микроконтроллерами (2); макетная плата с кнопками, резисторами, лампочками, LCDдисплеями 2004 и 1602 (3); макетная плата для выходов, датчиков, преобразователей интерфейса (4); блок питания 220 В с выводами +24V/+12V/-12V/+5V/COM (5).

Все перечисленные элементы позволяют пользователям обучающего программно-аппаратного комплекса на практике выполнять проекты (уроки). После прохождения всех уроков аппаратная часть позволяет пользователю на практике тестировать собственные разработки.

Разработанный обучающий программно-аппаратный комплекс ОПАК позволяет обучать основам работы с микроконтроллерами, микрокомпьютерами, ПЛИС. Важной особенностью комплекса является возможность пользователями разрабатывать новые и совершенствовать созданные ранее из-

мерительные устройства, что позволит его использовать в учебном процессе подготовки специалистов-метрологов.

Библиографический список

1. Котович В. В. Использование обучающего программно-аппаратного комплекса для подготовки специалистов // Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки: сб. тезисов докл. Воронеж, 2017. С. 191–193.
2. Котович В. В., Назаргулов И. Р., Немилостив И. Ю. Обучающий программно-аппаратный комплекс для проектирования цифровых измерительных устройств. Семьдесят третья Междунар. студенческая науч. конф. ГУАП: сб. докл.: в 5 ч. Ч. 2. Технические науки. СПб.: ГУАП, 2020. С. 202–206.

УДК 623-4

К. И. Соколов

студент кафедры воздушно-космических сил

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА БОРТУ ВОЗДУШНОГО СУДНА

В статье рассматриваются вопросы исследование аккумуляторных батарей на борту воздушно-го судна, исследование параметров работы аккумуляторных батарей на борту воздушного судна, возможные методы контроля параметров работы аккумуляторных батарей на борту воздушного судна.

Введение

Аккумуляторная батарея – химический источник тока, который возможно многократно заряжать. Аккумуляторные батареи используются в качестве аварийных источников питания на борту самолетов и вертолетов. Конкретно для:

- питания электростартеров и аппаратуры зажигания при автономном запуске авиадвигателей;
- питания жизненно-важных потребителей во время полета, при выходе из строя основных источников электроэнергии;
- питания бортовых потребителей электроэнергии при выполнении регламентных работ и проведении предварительной и предполетной подготовки;
- сглаживания пиковых токовых нагрузок при включении мощных бортовых потребителей электроэнергии [1].

Основная часть

Наибольшее распространение получили серебряно-цинковые и никель-кадмиевые аккумуляторные батареи, их представителями являются 15-СЦС-45 (рис. 1) и 20НКБН25 (40) (рис. 2) соответственно.

В самом наименовании 15-СЦС-45 означает:

15 – количество последовательно соединенных аккумуляторов;

СЦ – серебряно-цинковую электрохимическую систему;

С – самолетная;

45 – емкость в ампер-часах [2].

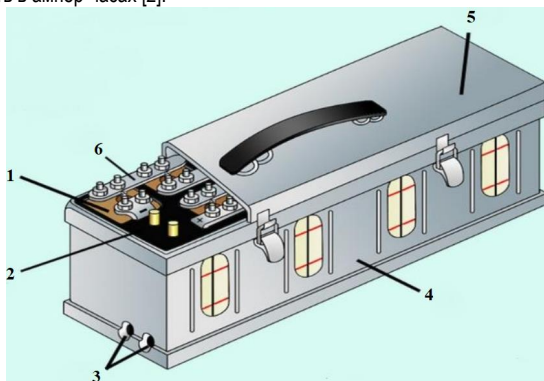


Рис. 1. Аккумуляторная батарея 15-СЦС-45: 1 – аккумулятор СЦК-45; 2 – фальшбанка; 3 – гнезда; 4 – контейнер; 5 – крышка; 6 – шины

На летательных аппаратах применяются никель-кадмиевые аккумуляторные батареи типа 20НКБН-25 и 20НКБН-40. Первые цифры в обозначении указывают число аккумуляторов в батарее, соединенных последовательно, НКБН – никель-кадмиевая безламельная намазная, последние цифры указывают величину номинальной емкости [3].

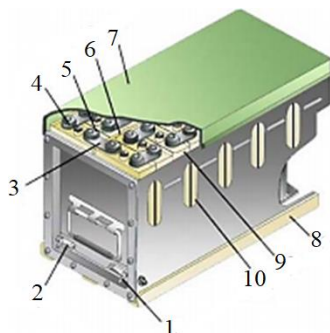


Рис. 2. АКБ 20-НКБН-25: 1 – ручка затвора; 2 – стержень затвора; 3 – шина; 4 – шайба; 5 – гайка; 6 – прокладка; 7 – крышка; 8 – уголок; 9 – аккумулятор; 10 – окна для контроля уровня электролита

Необходимо контролировать параметры аккумуляторных батарей, чтобы предотвратить выход из строя источников аварийного питания на борту воздушного судна.

Одной из причин выхода аккумуляторных батарей из строя является тепловой разгон, который присущ никель-кадмиевым аккумуляторным батареям.

Тепловой разгон аккумулятора – явление, которое возникает при зарядке аккумуляторной батареи. Заключается в том, что при увеличении температуры электролита происходит рост зарядного тока, который может возрасти до значения тока короткого замыкания. В большей степени явлению теплового разгона подвержены батареи с длительными сроками эксплуатации.

Причины появления теплового разгона:

- недостаток электролита в элементах батареи;
- старение активной массы электродов;
- повышенное напряжение сети зарядки по сравнению с номинальным напряжением;
- повышение температуры окружающей среды и неблагоприятных условиях теплообмена батареи с окружающей средой;
- большие эксплуатационные нагрузки.

Результатами теплового разгона никель-кадмиевых аккумуляторов будут являться:

- повышение температуры батареи;
- дымовыделение;
- короткое замыкание;
- взрыв кислорода и водорода [4].

Чтобы не допустить выход из строя аварийных источников электроэнергии на борту воздушного судна – необходимо проводить техническую диагностику.

Техническая диагностика – часть технического обслуживания. Основной задачей технической диагностики является обеспечение безопасности, функциональной надежности и эффективности работы объекта диагностики, а также сокращение затрат на его техническое обслуживание и уменьшение потерь от простоев в результате отказов и преждевременных выводов в ремонт.

При проведении диагностики аккумулятора контролируются следующие параметры:

- уровень электролита;
- плотность электролита;

- напряжение на клеммах;
- состояние пластин;
- герметичность корпуса АКБ [5].

Аккумуляторные батареи запрещено оставлять на борту более чем на 8 часов при температуре -25°C и ниже, так как из-за этого снижается емкость АКБ, поэтому их необходимо либо снять и занести в помещение с положительной температурой, либо, не снимая батареи с ВС, поддерживать температуру не ниже -5°C .

На некоторых ВС предусмотрен обогрев АКБ от наземного источника питания переменным током 200 В. Для этого в контейнере аккумуляторов установлен обогревательный элемент, который состоит из двух пластин, выполненных на основе мягких проволочных нагревателей с изоляцией из ткани КТ-11 и герметика «Виксинт У-2-28НТ».

Чтобы электролит не перегревался – устанавливают биметаллический термовыключатель ТД-70-2. Выключатель обогрева находится рядом со штепсельным разъемом аэродромного питания под обложкой крышки. В полете обогрев включается перед началом руления или на предварительном старте [6].

Существует 2 способа контроля состояния аккумуляторной батареи на борту воздушного – это ручной и автоматический.

Ручной способ заключается в контроле температуры аккумуляторной батареи термодатчиком, а затем передача сигнала посредством системы энергоснабжения в кабину пилота, где экипаж вручную отключает аккумуляторную батарею от подзарядки.

В настоящее время существуют батареи со встроенными термодатчиками, которые установлены на одной из внутренних перемычек. Датчик срабатывает при нагреве свыше $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$, что случается при тепловом разгоне, и включает сигнализацию перегрева аккумулятора – это означает необходимость немедленно отключить аккумулятор.

Установкой термодатчика и сигнализации дорабатываются более старые типы техники. На более новых типах воздушных судов цепи сигнализации заложены изначально [7].

Автоматический способ контроля состояния аккумулятора на борту заключается в следующем. Для начала измеряют значение температуры аккумуляторной батареи, записывают его в бортовое устройство регистрации, сравнивают его с заданным значением критической температуры, при превышении формируют команду на отключение аккумуляторной батареи от источника заряда, формируют предупредительный сигнал и оповещают экипаж воздушного судна. Обеспечивается мониторинг состояния аккумуляторной батареи для повышения безопасности полетов. Как только температура аккумуляторной батареи превысит или станет равной критической температуре, то формируется команда отключение аккумуляторной батареи от источника заряда, дополнительно производится запись текущего значения температуры аккумуляторной батареи в бортовое устройство регистрации для анализа технического состояния аккумуляторной батареи и, при превышении температуры аккумуляторной батареи критического значения, автоматически отключается аккумуляторная батарея от источника заряда, оповещая экипаж воздушного судна, выдавая сигнал «Тепловой разгон» в бортовое устройство регистрации.

У данного способа есть свои недостатки. Например, повышение температуры электролита может быть вызвано не перегревом аккумуляторной батареи, а повышением температуры наружного воздуха, что будет являться ложным сигналом на отключение аккумуляторной батареи от подзарядки [8].

Для того чтобы предотвратить тепловой разгон вводятся следующие мероприятия:

- наземный авиационно-технический персонал АТБ должен контролировать внешний вид батареи, уровень электролита и, при необходимости, восстанавливать его, доливая дистиллированную воду;

- экипаж должен каждые 30–50 мин контролировать ток заряда аккумуляторов и напряжение. Ток заряда не должен превышать 25 А, напряжение должно быть не менее 24 В (напряжение контролируют, предварительно отключив аккумулятор);

- на новых российских и зарубежных самолетах предусмотрен автоматизированный контроль температуры электролита в аккумуляторах. Если температура выходит за допустимые пределы, срабатывает соответствующая сигнализация.

Заключение

Предложенный в данной работе способ анализа никель-кадмиевого аккумулятора на предрасположенность к тепловому разгону обеспечивает по сравнению с существующими способами следующие преимущества:

- позволяет количественно оценить предрасположенность никель-кадмиевого аккумулятора к тепловому разгону с помощью коэффициента теплового разгона;
- в случае небольших значений коэффициента теплового разгона, менее 10 %, позволяет надежно гарантировать, что тепловой разгон аккумулятора не произойдет в процессе его эксплуатации.

Для того чтобы предотвратить тепловой разгон, вводятся следующие мероприятия:

- наземный авиационно-технический персонал АТБ должен контролировать внешний вид батареи, уровень электролита и, при необходимости, восстанавливать его, доливая дистиллированную воду;

– экипаж должен каждые 30–50 мин контролировать ток заряда аккумуляторов и напряжение. Ток заряда не должен превышать 25 А, напряжение должно быть не менее 24 В (напряжение контролируют, предварительно отключив аккумулятор);

- на новых российских и зарубежных самолетах предусмотрен автоматизированный контроль температуры электролита в аккумуляторах. Если температура выходит за допустимые пределы, срабатывает соответствующая сигнализация.

Библиографический список

1. Википедия – свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_аккумулятор (дата обращения: 06.12.2021).
2. Зонтов В. М., Куприн Б. В. Системы электроснабжения летательных аппаратов. Издание ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1988. С. 228–248.
3. Кириллов А. В., Ковалев М. А., Соловьев В. И. Авиационные аккумуляторные батареи: учебное пособие, 2020. 80 с.
4. Галушкина Н., Галушкин Н. Исследование процесса теплового разгона в никель-кадмиевых аккумуляторах. Электрохимическая энергетика. 2005 Т. 5 № 1. С. 40–42.
5. Авиационная никель кадмиевая батарея 20НКБН-25. Регламент технической эксплуатации.
6. Инженерно-авиационная служба и эксплуатация авиационного оборудования / А. Е. Акинчев, В. Д. Константинов, С. В. Крауз и др. Издание ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1970.
7. Патент № RU 2 682 894 С1. Автор: Речкин Алексей Гаврилович. «Способ автоматического предотвращения теплового разгона никель-кадмиевой аккумуляторной батареи на борту воздушного судна по температуре аккумуляторной батареи», 2018.
8. Патент № RU 2 310 953 С2. Автор: Галушкина Наталья Николаевна. «Способ анализа никель-кадмиевого аккумулятора на предрасположенность к тепловому разгону». 2005.

Автоматизированные и инфокоммуникационные системы

УДК 62-503.51

Д. С. Гоголев

студент кафедры автоматизированных и инфокоммуникационных систем

П. М. Безняков – кандидат технических наук – научный руководитель

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

Проектирование системы управления движением объекта требует выбора технических средств для ее реализации. В связи этим, разработчик должен располагать достаточно полными сведениями об используемых средствах автоматизации [1]. В статье рассматривается процесс определения параметров исполнительного устройства системы стабилизации движения объекта, представляющего собой перевернутый маятник на тележке.

На рис. 1 показана функциональная схема разработанного макета системы стабилизации движения объекта управления (ОУ). Система представлена объектом управления и совокупностью устройств трех видов – измерительной системы (ИС), управляющего устройства (УУ) и исполнительного устройства (ИУ). Для обозначения связей между элементами использованы следующие обозначения: $Y(t)$ – управляющий сигнал, $Y_{uc}(t)$ – усиленный управляющий сигнал, $M(t)$ – управляющий крутящий момент, $F(t)$ – управляющая сила, $z(t)$ – линейное положение ОУ, $\psi(t)$ – угловое положение ОУ, $\dot{z}(t)$ – код линейного положения ОУ, $\dot{\psi}(t)$ – код углового положения ОУ, z_0 – целевое линейное положение ОУ, ψ_0 – целевое угловое положение ОУ.

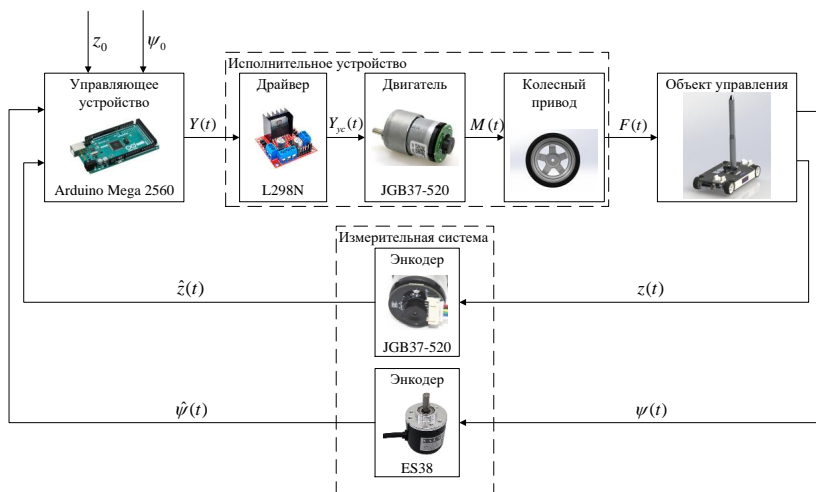


Рис. 1. Функциональная схема системы стабилизации

Исполнительное устройство системы состоит из следующих элементов: драйвер L298N, двигатель JGB37-520 и колесный привод. Параметры элементов имеют следующие значения:

1. Управляющий сигнал – ШИМ с целочисленным кодом, задаваемый в диапазоне [0;1023], что соответствует коэффициенту заполнения ШИМ [0 %; 100 %].
2. Радиус колеса $r = 0.03$ м.
3. Разрешение энкодера используемого для определения линейного положения ОУ составляет 1320 имп/оборот.

Целью работы является разработка математической модели ИУ.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Построить модель ИУ и определить её параметры в общем виде.
2. Идентифицировать параметры модели на основе экспериментальных данных.

Выбор модели ИУ

Крутящий момент $M(t)$, передаваемый на колеса, представляет собой сумму моментов двигателя $M_{дв}(t)$ и моментов $M_{тр}(t)$, обусловленных трением в редукторе двигателя, а также силами трения качения колес привода:

$$M(t) = M_{дв}(t) + M_{тр}(t). \quad (1)$$

В качестве модели ИУ будем использовать следующие соотношения [2]:

$$M_{дв}(t) = b \cdot Y(t). \quad (2)$$

$$M_{тр}(t) = k \cdot r \cdot \omega(t) + c, \quad (3)$$

где ω – угловая скорость вращения колеса, b [Н·м/код] – масштабный коэффициент двигателя, k [Н·с] – удельный момент трения, Y [код] – значение ШИМ сигнала, c [Н·м] – коэффициент трения.

Силовое воздействие исполнительного устройства на объект будет при этом определяться выражением:

$$F(t) = \frac{M(t)}{r} = \frac{b}{r} \cdot Y(t) + k \cdot \omega(t) + \frac{c}{r}. \quad (4)$$

Неизвестными параметрами модели (4) являются постоянные b , k , c , которые определяются по результатам постановки эксперимента на реальном ОУ. Для их оценки необходимо произвести аппроксимацию экспериментальных параметров линейного движения ОУ под действием моментов $M(t)$, функцией с параметрами b , k , c , полученной аналитически на основании модели.

Параметры линейного движения объекта определяются на основании второго закона Ньютона:

$$m \cdot \ddot{z}(t) = F(t), \quad (5)$$

где $m=2,337$ [кг] – масса объекта; $z(t)$ [м] – линейное положение объекта.

Подставив (4) в (5) и учитывая, что

$$\dot{z}(t) = \omega \cdot r, \quad (6)$$

получим дифференциальное уравнение, интегрирование которого позволяет определить линейную скорость и линейное положение объекта управления:

$$m \cdot \ddot{z}(t) = \frac{b}{r} \cdot Y(t) + \frac{k}{r} \cdot \dot{z}(t) + \frac{c}{r}. \quad (7)$$

В качестве параметра движения для аппроксимации предлагается выбрать линейную скорость ОУ:

$$v(t) = \dot{z}(t). \quad (8)$$

В этом случае выражение (7) примет вид:

$$m \cdot \dot{v}(t) = \frac{b}{r} \cdot Y(t) + \frac{k}{r} \cdot v(t) + \frac{c}{r}. \quad (9)$$

Решим дифференциальное уравнение (9) в общем виде при начальных условиях:

$$v(0) = v_0. \quad (10)$$

В результате получим функцию изменения линейной скорости от времени:

$$v(t) = \left[v_0 + \frac{bY(t)+c}{k} \right] e^{\frac{k}{m}t} - \frac{bY(t)+c}{k}. \quad (11)$$

Эксперимент по определению параметров модели будет проводиться путем линейного разгона и торможения объекта. Закон изменения скорости на участке разгона объекта определяется начальным условием $v_0=0$ и ненулевым постоянным управляющим сигналом $Y=\text{const} \neq 0$:

$$v(t) = \frac{bY+c}{k} e^{\frac{k}{m}t} - \frac{bY+c}{k}. \quad (12)$$

Закон на участке торможения определяется начальным условием $v_0=v_{\max}$ и нулевым сигналом $Y=0$:

$$v(t) = \left[v_{\max} + \frac{c}{k} \right] e^{\frac{k}{m}t} - \frac{c}{k}. \quad (13)$$

Полученные выражения ложатся в основу экспериментального определения значений параметров модели.

Идентификация параметров модели на основе экспериментальных данных

Для решения второй задачи была задействована ИС. Она включает в себя: энкодер, установленный на двигателе JGB37-520, предназначенный для измерения линейного положения ОУ; энкодер ES38, предназначенный для измерения углового положения ОУ.

Для идентификации параметров модели была проведена серия экспериментов для управляющего сигнала с коэффициентами заполнения $Y\% = \{10, 20, 30, 40, 50\}$. Более высокий коэффициент ведет к проскальзыванию колес на экспериментальной поверхности, выполненной из линолеума. Каждый эксперимент состоял из следующих шагов.

Шаг 1. Выбирается значение управляющего сигнала Y . Сигнал подается на ИУ.

Шаг 2. Измеряются значения параметра линейного положения объекта при разгоне \hat{z} и на их основе рассчитываются значения линейной скорости \hat{v} .

Шаг 3. При достижении максимальной скорости v_{\max} управляющий сигнал обнуляется $Y=0$.

Шаг 4. Измеряются значения параметра линейного положения объекта \hat{z} при естественном торможении и на их основе рассчитываются значения линейной скорости \hat{v} объекта.

Шаг 5. При достижении нулевой скорости эксперимент останавливается.

Для формирования статистической выборки шаги 1–5 повторяются. После накопления данных объемом $N=50$ проводится их усреднение.

В целях автоматизации эксперимента была разработана программа на языке программирования Python, которая во взаимодействии с программой для работы с электронными таблицами Excel, позволяет получить усредненные значения скорости $\hat{v}_{cp}(t)$ в удобном для дальнейшей обработки виде.

Полученные экспериментальные данные на участке торможения были аппроксимированы функцией (13). Для подбора параметров k и c была разработана программа на языке Python, позволяющая минимизировать суммарную квадратическую ошибку аппроксимации. Область поиска параметров представляет собой сетку: $k \in [-0.8; 0]$ с шагом 0.0005; $c \in [-0.1; 0]$ с шагом 0.0001.

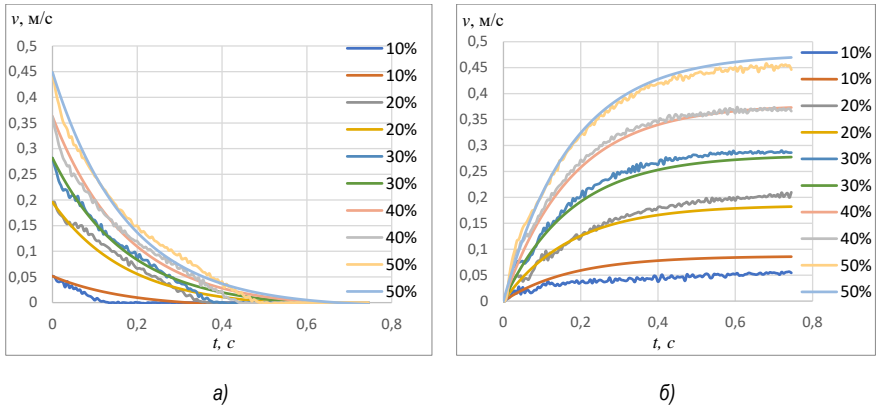


Рис. 2. Параметры модели на участке торможения (а) и ускорения (б)

Аппроксимация на участке торможения позволила определить следующие оценки параметров модели: $k=-0.4$ [Н·с], $c=-0.004$ [Н·м]. Результат представлен на рис. 2а.

Экспериментальные данные на участке ускорения были аппроксимированы функцией (12), с учетом полученных оценок параметров c , k . Для подбора параметра b была разработана программа на языке Python, позволяющая минимизировать суммарную квадратическую ошибку аппроксимации. Область поиска параметра представляет собой отрезок $b \in [0; 0.0005]$ с шагом поиска 0.000005. В результате решения задачи идентификации на участке разгона был получен искомый коэффициент $b=0.00038$ [Н·м/код]. Результат представлен на рисунке 2б.

Заключение

Поставленный эксперимент позволил получить и идентифицировать математическую модель для заданного ИУ. Данная модель может быть использована для разработки алгоритмов стабилизации движения объекта.

Библиографический список

1. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Техническая кибернетика. Книга 1. Измерительные устройства, преобразующие элементы и устройства / Под. ред. В. В. Солодовникова. М.: Машиностроение, 1973. 671 с.
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: Профессия, 2007. 752 с.

УДК 623.613

Д. А. Зырянов

студент кафедры автоматизированных и инфокоммуникационных систем

О. В. Колупаев – преподаватель – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ВЫБОРА ТРАССЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОЛЕВОЙ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Связь является одной из важнейших составляющих выполнения любых задач в вооруженных силах. Она позволяет подразделениям координироваться, позволяет своевременно передавать необходимую информацию и оповещающие сигналы.

Система военной связи – часть системы управления войсками, силами и оружием, которая представляет собой совокупность взаимосвязанных и согласованных по задачам, месту и времени действия узлов и линий связи различного назначения, развертываемых или создаваемых по единому плану и обеспечивающих процесс обмена информацией, необходимой для управления войсками, силами и оружием. От ее состояния в решающей степени зависит эффективность применения войск, боевых средств и оружия.

В современном мире, где боевые действия ведутся молниеносно, а любую информацию перехватывают, расшифровывают и используют в свою пользу, значимость связи и ее развития только возрастает. В свою очередь беспилотные летательные аппараты (БПЛА) уже на протяжении всего XXI века активно интегрируются во все сферы жизни. Благодаря своим качествам они нашли свое применение и в военной сфере. Однако на данный момент времени они используются в разведке, в перевозке, в нанесении точечных ударов, то есть активно пользуются различными системами связи для выполнения своих задач, но никак не участвуют в наладке, прокладке и обеспечении связи. Поэтому существует необходимость рассмотреть этот вопрос подробнее.

Проводная связь, ставшая первой электромеханической, заняла особое место не только в вооруженных силах, но и во всем мире. Благодаря высокой разведывательной защищенности, высокому качеству и скорости передачи информации, неподверженности помехам, в том числе преднамеренным, данный род связи стал незаменимым во многих задачах.

Полевая кабельная линия (ПКЛ) – линия военной связи, развернутая с применением полевых кабелей и аппаратуры, предназначенной для образования каналов связи.

ПКЛ может развертываться в условиях постепенно открывающегося фронта, в таком случае разведка становится одним из важнейших условий выполнения задачи. В условиях прокладки в тылу также необходима предварительная разведка для просчета более выгодного маршрута, а также для маскировки и защиты ПКЛ. С этой задачей хорошо справляются БПЛА.

Беспилотное воздушное судно (беспилотный летательный аппарат) – воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого ВС, или выполняющее автономный полет по заданному предварительно маршруту.

Главным преимуществом БПЛА является отсутствие пилота и экипажа. Как следствие уменьшение боевых потерь, уменьшение стоимости проектирования и стоимости производства, упрощение регламентных и подготовительных операций. Другими важными достоинствами являются большой охват территории и скорость передвижения. Перед другими летательными аппаратами выходят на первый план такие преимущества, как отсутствие необходимости взлетно-посадочной полосы (БПЛА чаще всего взлетают вертикально с небольших площадок, либо со специальных катапульт), возможность использования электрической двигательной схемы, меньшее количество обслуживающего персонала. Как следствие, БПЛА могут в кратчайшие сроки выполнить подготовительные мероприятия для развертывания ПКЛ.

На данный момент времени в ВС РФ чаще используются беспилотники с неподвижным крылом. Небольшие по габаритам экземпляры как, например, «Орлан-10» с полезной нагрузкой до 6 кг, «Тахион» с полезной нагрузкой 5 кг, «Гранат-2» с взлетной массой 4 кг, способные развивать скорость до 85 км/ч, «Элерон-3св» с полезной нагрузкой до 800 г могут быть активно задействованы в задачах по развертыванию линий связи. Их малые габариты и большая скорость могут позволить использовать их

даже в полевых условиях. Однако для некоторых задач, в частности, при использовании со сложными датчиками и сканерами превалирует выбор мультироторных беспилотников, главным преимуществом которых является способность летать по сложным маршрутам, а также возможность зависать в определенных точках воздушного пространства. Но их использование развито в основном в гражданской сфере ввиду сложности развертывания, сравнительно слабой конструкции, простоты обнаружения и уничтожения.

Одной из главных сфер использования БПЛА становится разведка. Для прокладки ПКЛ необходимо подбирать маршрут:

- с естественной маскировкой (лес, посадки) и удалением от открытых участков поверхности;
- с избеганием водных преград и болотистой местности;
- с удалением от больших населенных пунктов, а также инфраструктуры.

Эти данные можно получить напрямую с помощью аэрофотосъемки. БПЛА могут также использоваться для уточнения данных местности при уже намеченных маршрутах прокладки ПКЛ. Для таких задач могут создаваться автономные маршруты полета, что позволяет освободить личный состав для выполнения других боевых задач. Здесь же могут использоваться средства технического зрения для упрощения постобработки данных и ускорения процесса принятия решения. Помимо этого, с помощью камер можно проверять маскировку уже проложенных линий полевой связи, что позволит повысить надежность, разведзащищенность и срок жизни ПКЛ.

Полевые кабели могут прокладываться:

- непосредственно в грунт;
- по поверхности земли;
- в грунт после предварительной прокладки по поверхности земли (комбинированный способ).

При прокладке кабеля в грунт, а также для маскировки аппаратуры необходимо также геодезическое исследование. С этой целью на БПЛА могут устанавливаться магнитометрические сенсоры и приборы лазерного сканирования. Первые позволяют при известном заранее рельефе построить карту грунта, на основании которой можно засечь неблагоприятные места для прокладки кабеля: уже существующие линии связи, коммуникационные объекты, строения, твердый или каменистый грунт, минные заграждения. Это может помочь как в планировании маршрута прокладки линии связи, так и в расчете времени выполнения задачи. Лазерное сканирование местности позволяет в кратчайшие сроки построить карту рельефа, определить тип местности, обнаружить лесные покровы, здания и другие сооружения, заболоченную местность и водные преграды. В совокупности эти методы могут помочь исследовать участки местности более подробно на наличие тех особенностей, которые невозможно уловить с помощью камер.

На беспилотные летательные аппараты можно установить тепловизоры и ИК датчики. Это может помочь для определения мест дислокации противника для дальнейшего обхода для прокладки, а также для марша к территории проведения ПКЛ. Тепловизоры также позволяют определить места перепада температуры и неблагоприятные для прокладки места, например, в зимний период места с повышенной температурой могут вызвать таяние снега и как следствие дальнейшее вмерзание кабеля и выход его из строя.

Все эти методы могут упростить работы по рекогносцировке. Помимо этого, БПЛА могут быть оснащены устройствами сброса объектов. Это можно использовать для создания меток на местах, где должен быть проведен в дальнейшем кабель, а также для группы фиксации. Данный метод может позволить ускорить процесс прокладки кабеля, а также освободить личный состав. Однако в этом случае есть риск выдачи данных о местоположении линий связи противнику, что недопустимо в условиях ведения войны. С другой стороны, сбрасывание ложных меток или объектов может отвлечь противника от более важных мест, в том числе от других БПЛА, занимающихся активной разведкой.

БПЛА могут использоваться для диагностики ПКЛ, например, на открытой местности или в городских пространствах, где линия прокладывалась на поверхности. Это может помочь в своевременном выявлении проблем и поломок.

Взлетная масса некоторых БПЛА может превышать 500 кг, отсюда возможность использования БПЛА для прокладки небольших участков ПКЛ между усилительными пунктами, например, в горной местности. Это может использоваться для быстрого создания экстренных линий связи, для срочной

починки. Однако во многом это противоречит современным правилам прокладки ПКЛ. Также этот метод использования БПЛА имеет множество недостатков: слабая разведзащищенность, прокладка в труднодоступных местах может сделать починку кабеля невозможной, БПЛА могут быть сбиты, что повлечет провал операции.

Описанные выше методы говорят о возможности многоцелевого использования БПЛА в задачах организации связи.

Помимо этого, другими важными достоинствами использования беспилотных летательных аппаратов являются:

- скорость движения и охват разведывательной территории;
- отсутствие потенциальных потерь и малое количество необходимого личного состава;
- актуальность полученной информации, а также возможность быстрого развертывания всех средств для выполнения задачи.

Однако стоит отметить и недостатки:

– неточность некоторых видов полученной информации, как следствие возможные ошибки планирования;

– из-за выполнения задачи в воздушном пространстве не исключена и потеря БПЛА, а вместе с ним и информации, что может повлечь потерю времени (для этого необходимы мероприятия по защите БПЛА от средств противовоздушной обороны, от огня противника, а также создание специальных маршрутов и запасных средств спасения БПЛА);

– возможность перехвата.

Говоря о перехвате, противник может как перехватить управление, что, однако, исключено при автономном полете по определенным маршрутам, так и сам летательный аппарат. Во втором случае противник может завладеть информацией, способствующей планированию действий противника. Это может стать решающим фактором в победе. Для предотвращения этого необходимо шифровать всю информацию, находящуюся на БПЛА. Передача данных с БПЛА может осуществляться двумя способами: дистанционно и непосредственно при взаимодействии с БПЛА. В первом случае возможен перехват сигнала, а также помехи, ухудшающие поток данных. Во втором – невозможность получения данных при потере аппарата. Таким образом, проблема хранения и передачи информации с БПЛА становится одной из главных для анализа использования данного вида летательных аппаратов при строительстве полевой линии связи.

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что все преимущества использования БПЛА при строительстве полевой кабельной линии связи перевешивают существующие недостатки. В то же время многие проблемы, в том числе по защите и передаче информации, активно решаются. Это говорит о том, что БПЛА должны более активно внедряться во все рода и виды вооруженных сил.

Библиографический список

1. Николаев В. Б., Рубан Е. Н., Колупаев О. В. Развертывание и эксплуатация полевых кабельных линий связи: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2021. 163 с.
2. ГОСТ Р 57258-2016. Системы беспилотные авиационные. Термины и определения (дата введения 2017-06-01). М.: Стандартинформ, 2016. 12 с.
3. Павлушенко М., Евстафьев Г., Макаренко И. БПЛА: история, применение, угроза распространения и перспективы развития. М.: Права человека, 2005.
4. Цепляева Т. П., Морозова О. В. Этапы развития беспилотных летательных аппаратов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2009. № 42.
5. Отечественная беспилотная авиация. Ч. 3 // Военное обозрение. URL: <https://topwar.ru/137596-otechestvennaya-besplotnaya-aviaciya-chast-3.html> (дата обращения: 04.04.2022).

УДК 681.5

А. И. Мерцалов

студент кафедры автоматизированных и инфокоммуникационных систем

П. М. Безняков – кандидат технических наук – научный руководитель

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОЕННОГО УЧЕБНОГО ЦЕНТРА

Введение

Успеваемость студентов и посещаемость ими занятий являются важнейшими показателями учебной деятельности вуза, по которым можно судить об ее эффективности. Несмотря на наличие в университете автоматизированной информационной системы (АИС), учет и контроль промежуточной аттестации, а также посещаемости занятий студентами, проходящими обучение по программам подготовки солдат, сержантов и офицеров в военном учебном центре (ВУЦ) при ГУАП на данный момент осуществляется «вручную». Обработка данных подобным образом является весьма продолжительным и трудоемким процессом. В связи с этим автоматизация контроля и анализа учебной деятельности является важной актуальной задачей. Для повышения качества контроля и анализа учебной деятельности в ВУЦ предлагается разработать автоматизированную систему ВУЦ интегрированную с АИС вуза. Данная автоматизированная система была бы востребована следующей категорией должностных лиц вуза: начальник ВУЦ и его заместители; начальники кафедр и их заместители; кураторы учебных групп; старосты групп.

Для разработки автоматизированной системы необходимо, прежде всего, решить следующие предпроектные задачи:

- построить и проанализировать модели бизнес-процессов проведения промежуточной аттестации и контроля посещаемости занятий;
- предложить способы совершенствования существующей системы управления учебным процессом в ВУЦ.

Анализ существующей системы управления учебным процессом в ВУЦ

Образовательная деятельность является основным видом деятельности ВУЦ при ГУАП и включает в себя организацию и проведение учебной, методической и воспитательной работы [1].

В состав ВУЦ при ГУАП входит кафедра воздушно-космических сил, кафедра автоматизированных и инфокоммуникационных систем и цикл общевоинской подготовки, которые осуществляют подготовку как кадровых офицеров, так и офицеров и солдат запаса (рис. 1).

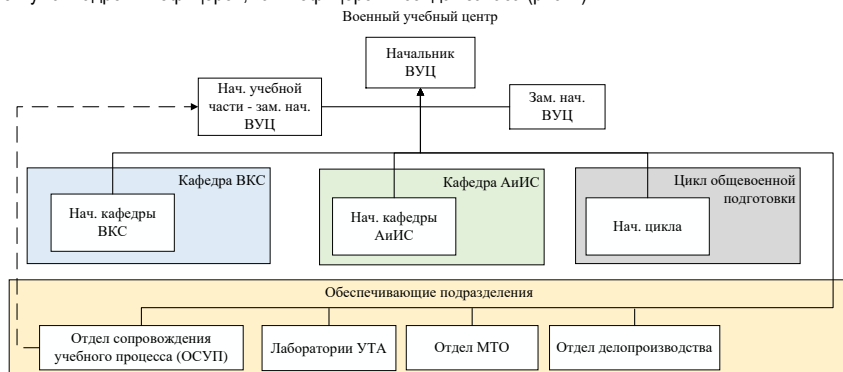


Рис. 1. Организационная структура ВУЦ

В рамках разработки автоматизированной системы (АС) были проанализированы два бизнес-процесса: контроль проведения промежуточной аттестации и процесс контроля посещаемости занятий. Анализ показал, что одной из проблем организации учебной деятельности является отсутствие оперативной информации о показателях промежуточной аттестации студентов и посещаемости ими занятий.

Охарактеризуем особенности этих процессов. По итогам проведения экзамена или зачета преподавателем заполняется электронная ведомость. Староста группы при этом делает фотографию ведомости и отправляет ее куратору группы. Электронная ведомость проверяется отделом сопровождения учебного процесса (ОСУП) ВУЦ. В результате проверки данные ведомости подтверждаются, и информация из ведомости отправляется в АИС ГУАП. В случае наличия ошибки заполнения преподавателю отправляется сообщение, для оперативного ее исправления. Если преподаватель изменил данные в ведомости после фотофиксации, то куратор группы сведений об изменении не получает. Фотографии ведомостей по всем формам аттестации, отправленные старостой, обрабатываются куратором группы. При этом создается сводная рабочая ведомость по всем дисциплинам. На основании собранных данных куратор группы организует работу со студентами, которая направлена на повышение качества подготовки и прохождения аттестации. На основании информации представленной кураторами групп начальник кафедры формирует свою сводную рабочую ведомость по всем группам. Эта информация ложится в основу системы работы начальника кафедры с кураторами групп и студентами.

Параллельно, на основе электронных ведомостей АИС, отделом сопровождения учебного процесса формируется еженедельная справка о состоянии промежуточной аттестации в ВУЦ. В период сдачи зачетов, экзаменационной сессии, а также дополнительной сессии данная справка формируется еженедельно и представляется руководству ВУЦ.

Другим немаловажным инструментом проверки эффективности учебного процесса военного учебного центра является учет посещаемости занятий студентами. На текущий момент он осуществляется путем заполнения бумажных журналов посещаемости занятий, которые еженедельно сдаются в ОСУП для анализа. По данным журналов еженедельно формируется аналитическая справка для руководства ВУЦ по состоянию посещаемости студентами занятий.

Во время еженедельного совещания руководство ВУЦ принимает доклады начальников кафедр о состоянии учебной деятельности на кафедрах. На основании докладов, а также аналитической информации от ОСУП руководство ВУЦ предпринимает управленческие решения на своем уровне и уровне начальников кафедр.

Существующая система управления обладает недостаточной оперативностью принятия решений. Попытка уменьшения времени цикла управления до уровня начальников кафедр и кураторов групп сопряжено с трудностями сбора, обработки и анализа данных, обладающих при этом низкой достоверностью. Низкая оперативность и достоверность обусловлены большим временем, затрачиваемым на каждом уровне иерархии управления при обработке и движении информации «снизу-вверх», а также возможностью искажения данных при ручной их обработке и анализе.

Способы совершенствования существующей системы управления учебным процессом в ВУЦ

С целью повышения достоверности и оперативности информации о промежуточной аттестации предлагается создать функциональную подсистему контроля промежуточной аттестации (КПА) студентов, позволяющую в автоматическом режиме формировать ведомости для всех заинтересованных должностных лиц на основе данных из АИС ГУАП. После внедрения данной подсистемы все должностные лица смогут получать достоверную и оперативную информацию на момент закрытия электронной аттестационной ведомости.

Для решения проблемы о предоставлении информации о посещаемости занятий предлагается создать функциональную подсистему контроля посещаемости занятий (КПЗ). Информация о посещаемости занятий при этом должна вноситься в базу данных старостой группы через веб-интерфейс системы перед каждым занятием на основании записей бумажного журнала учета посещаемости. Данные из базы данных предоставляются заинтересованным должностным лицам в виде оперативных справок и инфографики, выполненной в виде дашбордов.

Предложенные функциональные подсистемы должны быть интегрированы в АИС вуза. Для этого принципы построения предложенных подсистем должны учитывать особенности АИС.

Выводы

Совершенствование системы контроля и анализа учебной деятельности ВУЦ является востребованной прикладной задачей, так как оно направлено на повышение эффективности управления учебной деятельностью. Предлагаемое комплексное решение автоматизированного учета посещаемости и результатов промежуточной аттестации позволяет каждому управленческому должностному лицу ВУЦ сократить трудозатраты по сбору, контролю и анализу достоверной информации.

Библиографический список

1. Положение о военном учебном центре при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. URL: <https://docs.guap.ru/sveden/struct/pols/vuc.pdf> (дата обращения: 10.04.2022).

УДК 004.056

М. В. Тарасов

студент кафедры автоматизированных и инфокоммуникационных систем

О. И. Мухортов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В наши дни существуют и используются различные программные и программно-аппаратные комплексы для приобретения навыков эксплуатации компьютерных сетей и их элементов. Данные комплексы имеют свои достоинства и недостатки в некоторых аспектах. Первым из них является наличие обучающей программно-методической документации, а также проработанность и качество написания реализованных обучающих режимов.

Например, EVE-NG – это первое программное обеспечение для эмуляции сети с несколькими клиентскими сетями, которое дает огромные возможности для работы в области сети и/или безопасности. Самым большим плюсом данного ПО является его доступность, однако, данное утверждение верно только для community-версии. К недостаткам EVE-NG можно также отнести отсутствие практической деятельности с аппаратной частью сетей [1].

Еще одним примером программно-аппаратных комплексов являются киберполигоны. Они воплощают собой виртуальные «многослойные» инфраструктуры, которые являются миниатюрными копиями типовых ИТ-ландшафтов предприятий, с присутствующими им особенностями и всеми необходимыми средствами защиты [2]. При этом в инфраструктурах симулированы бизнес-процессы предприятия – пользователи проверяют почту, работают с системами, смотрят YouTube и даже сидят в «Одноклассниках». Основную ценность такого «тренажерного зала» составляет методологическая база: сценарии атак, обучающие материалы и лабораторные работы, опытные тренеры, которые могут подсказать, как действовать в той или иной ситуации.

Существует модель использования киберполигона, которая подразумевает три варианта взаимодействия:

- 1) построение собственного полигона;
- 2) периодическое учение на коммерческих версиях;
- 3) использование облачной платформы.

У каждого имеются свои плюсы и минусы. Например, не каждый способен позволить себе построить собственный киберполигон, в том числе и по финансовым и кадровым возможностям, однако такой способ позволит специалистам ИБ конкретной ИТ-компании наиболее точно рассмотреть все рабочие аспекты инфраструктуры своей компании.

Периодические учения на коммерческих киберполигонах наоборот позволяют сэкономить на постройке своего, но не настолько детально дают возможность оценивать ситуации, проводить испытания на проникновение и вести аналитическую работу.

Облачная платформа и подавно исключает все эти достоинства, за исключением дешевизны. [2].

Общим недостатком всех этих вариантов взаимодействия с киберполигоном является требование профессиональных навыков в области ИБ.

Довольно интересным способом обучения и проверки знаний специалистов и сотрудников компании является метод создания обучающе-тестирующих тренажеров – программно-аппаратных комплексов путем разработки специальных информационных систем (ИС) или на базе использования уже существующих ИС, с набором соответствующих располагаемых прикладных инструментальных средств.

При традиционном, базовом подходе к созданию обучающе-тестирующих тренажеров предполагается разделение тестирования и обучения на две группы:

- 1) для сотрудников организации, использующих автоматизированное рабочее место в качестве инструмента исполнения профессиональных обязанностей;
- 2) для специалистов, обеспечивающих информационную безопасность.

Для сотрудников, не связанных с обеспечением информационной безопасности, достаточно контроля базовых знаний: знание продуктов Microsoft Windows, Microsoft Office, общее понятие о файлах и папках, навыки работы в локальной и сети интернет, умение распечатать документ на локальный или сетевой принтер и т. д.

Для специалистов, обеспечивающих информационную безопасность, обучение в области информационной безопасности, к сожалению, часто является по сути формальным и декларативным, так как традиционно подразумевает под собой обязательное изучение нормативных правовых актов и внутренних стандартов, локальных нормативных актов и т.д. Платформами для разработки интегрированной обучающе-контролирующей системы для обеспечения информационной безопасности организации могут выступать Microsoft Office и Microsoft SharePoint Workspace 2010.

Возможности данных приложений позволяют осуществить следующие функции:

1. Тестирование. С помощью встроенного приложения Microsoft Excel имеется возможность создания тестов и отображения результата с последующим занесением в базу данных.
2. Ведение отчетов. Благодаря приложению Microsoft Access есть возможность формировать отчеты, исходя из итогов тестирования.
3. Планирование. Microsoft Outlook служит напоминанием сотрудникам организации о необходимости повторного прохождения тестирования с целью подтверждения своей профессиональной пригодности.
4. Хранение. Microsoft Word необходим для накопления и сохранения нормативных правовых актов, представленных в формате данного редактора.

У данного способа есть возможность дистанционного обучения благодаря средам Moodle и eFront. С помощью среды дистанционного обучения можно: автоматизировать и ускорить процессы обучения и оценки, эффективно распределить нагрузку, снизить затраты на организацию учебного процесса. Однако качество такого обучения не самое желаемое, ввиду отсутствия той же практики как программным обеспечением элементов сети, так и с ее аппаратной частью [3].

Заключение

Таким образом, проведенный анализ показывает, что существующее специальное ПО для построения виртуальных моделей компьютерных сетей с различными возможностями их настройки позволяет приобрести базовые навыки работы с компьютерной сетью, либо же наоборот тренажерные комплексы требуют владения профессиональных навыков, что в большинстве случаев исключено в рамках обучающихся высших учебных заведений Российской Федерации. Как бы то ни было, комплексы, которые включают в себя только специальное программное обеспечение, не всегда позволяют отработать навыки на практике с использованием аппаратной составляющей сети, а также защиты в команде, что в свою очередь, наиболее необходимо при работе с реальной аппаратной частью, к примеру, немалой IT-инфраструктурой средней или крупной организации. К тому же, такое программное обеспечение, как правило, требует наличие опытного специалиста-преподавателя высокой квалификации для обучения работы с таким ПО. Следовательно, наиболее правильным направлением в создании такого рода систем видится создание специализированных тренажерных комплексов.

Библиографический список

1. Сайт официального партнера EVE-NG в РФ. URL: <https://eve-ng.ru/> (дата обращения: 24.12.2021).
2. Информационный портал по безопасности. Статья «Тренажерный зал для безопасности» или модель современного киберполигона. URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/525161.php> (дата обращения: 10.03.2022).
3. Официальный сайт Program Lab. Тренажерный комплекс «Обеспечение безопасности промышленной сети». URL: <https://pl-llc.ru/catalog/informatsionnye-tehnologii-i-elektrotehnika/promyshlennye-seti/trenazhernyy-kompleks-obespechenie-bezopasnosti-promyshlennoy-seti/> (дата обращения: 15.03.2022).

СОДЕРЖАНИЕ

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ	3
Аэрокосмические измерительно-вычислительные комплексы	3
<i>Аристов А. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	3
<i>Вихарева Ж. А.</i> МАКЕТ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ФОРМАТА CANSAT С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЯЕМОГО СПУСКА	7
<i>Волокитин П. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В СОСТАВЕ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	10
<i>Дробинина А. О.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ И ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ.....	12
<i>Еременко Н. О.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОНТРОЛИРУЕМОГО ПАДЕНИЯ СПУТНИКА ФОРМАТА CANSAT	16
<i>Ильченко В. А.</i> РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ МАКЕТА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ФОРМАТА CANSAT	19
<i>Крючков Е. С.</i> РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО МАКЕТА РОБОТИЗИРОВАННОЙ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	22
<i>Лобашева К. Д.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАССИ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПОДЪЕМА ПО СТУПЕНЬКАМ	27
Системный анализ и логистика	29
<i>Алексеев М. А.</i> ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЙ УЗЕЛ ПУЛКОВО	29
<i>Богданова С. А.</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ЭВАКУАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА	33
<i>Денисенко Е. В.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВОГО ПОРТА «ЛАВНА»	37
<i>Ерофеевская П. Н.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ ДОРОЖНОГО БИТУМА ИЗ ЯРОСЛАВЛЯ (РОССИЯ) В СОФИЮ (БОЛГАРИЯ).....	43
<i>Иванова Н. С.</i> СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ДОРОГАХ И ПЕРЕКРЕСТКАХ	49
<i>Калакутская Д. В.</i> АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В ОБЛАСТИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ РОССИЙСКОГО ИНДЕКСА НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ И БАЗЫ ДАННЫХ SCOPUS	53
<i>Ларионов Н. А.</i> МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ НА ИССЛЕДУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ: УЛИЦА ПОГРАНИЧНИКА ГАРЬКАВОГО И ПЕТЕРГОФСКОЕ ШОССЕ.....	62
<i>Молчанова О. С.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ, ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ ЕВРОПЫ И АЗИИ.....	67
<i>Прокофьева М. С.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СРЕДЕ ANYLOGIC	71
<i>Смирнова А. А.</i> СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА, КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК.....	81
<i>Суетина А. В.</i> ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ АЦЕТОНА ИЗ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА В КАЛИНИНГРАД	85
	341

Уварова А. А. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ИЗ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ ИЗ ПЕТРОЗАВОДСКА (РОССИЯ) В ЗОЛИНГЕН (ГЕРМАНИЯ).....	92
Фискевич Е. Д. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ (ГРАФИКА) НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ AIRBUS 320	97
Харлачев А. О. РАЗРАБОТКА И СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ	103
Шарипова В. Д. НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДАННЫХ В MDM-СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ РИНЦ И БАЗЫ ДАННЫХ SCORUS.....	108
Эксплуатация и управление аэрокосмическими системами.....	113
Андронов М. А. ИСТОРИЯ УСПЕХА BOEING И AIRBUS	113
Вишневский Г. М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ДОЗВУКОВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	117
Гилев Я. В. МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАВШИХСЯ ГАРАНТИЙНЫХ ЗАПАСОВ ТОПЛИВА В РАКЕТЕ-НОСИТЕЛЕ	121
Гусева Е. А. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ В БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ СИСТЕМАХ ОРИЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕМЕНТАРНЫХ ФИЛЬТРОВ	125
Дымбрылова В. Б. ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ЭКСТРАПОЛЯЦИИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА КАЧКИ МОРСКОГО СУДНА.....	129
Желаевский М. А. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ	133
Комарова Л. В. УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ ПОЛЕТЕ В ЛЕСОПОСАДОЧНОЙ ЗОНЕ	137
Куликовская Ю. О., Шерстюкова И. С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ «БУРАН» И «SPACE SHUTTLE»: РЕТРОСПЕКТИВА И ПЕРСПЕКТИВА В СОВРЕМЕННОМ АВИАКОСМИЧЕСКОМ ПАРКЕ	140
Леоненко Н. В., Смирнова Е. О. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА SJJ-100	145
Магай В. В. АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ КОЛЕСА ВСЛЕДСТВИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО КАЧЕНИЯ. ЭФФЕКТ ШИММИ. СИСТЕМЫ СУХОГО ТРЕНИЯ.....	150
Макаров И. И. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМ МЕЖПЛАНЕТНЫМ АППАРАТОМ	154
Макарова Л. В. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ УГЛОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ.....	158
Марголин М. А. КОНСТРУКЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ФЮЗЕЛЯЖЕЙ ВЕРТОЛЕТОВ AS 355, AW 139. ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОССИИ	161
Носков Д. А., Лаврентьев Е. Н. БИТВА ТИТАНОВ. ТУ-144 VS CONCORDE	164
Позудин М. А., Серокий А. С. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ «СМЕШАННОЕ КРЫЛО» В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	168
Познякова Т. П. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С УПРАВЛЯЮЩИМИ ОРГАНАМИ В ВИДЕ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	172
Полищук И. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЯЕМОГО ГИРОСКОПА НА ШАРОВОЙ ОПОРЕ	176
Савельева И. В., Лашкевич Г. И. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО ЛИДАРНОГО СКАНИРОВАНИЯ	180

<i>Смирнова Е. О., Леоненко Н. В.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИЕЙ КРЫЛА СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА	184
<i>Тимошенко Т. Е.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА ПО КУРСУ	187
<i>Шварок А. Д.</i> СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	191
Аэрокосмические компьютерные и программные системы.....	195
<i>Абабков С. О.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА.....	195
<i>Акимова В. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ	199
<i>Баталев С. А.</i> АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОНОМНОГО НАКОПИТЕЛЯ	200
<i>Джалилов А. А.</i> ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ ДЛЯ ПОСТОЯННОГО БРАУЗЕРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ...	204
<i>Егоров Е. В., Иванов Д. В.</i> ТЕСТИРОВАНИЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО РАДИО	206
<i>Крылова Е. Ю.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ FRONT-END КОМПИЛЯТОРА ДЛЯ RADIO VIRTUAL MACHINE....	213
<i>Морозов М. В.</i> СЕГМЕНТАЦИЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	215
<i>Петров А. А.</i> МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОРНЫХ ЯДЕР RISC-V ДЛЯ АДАПТАЦИИ К ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	217
<i>Петров Г. В.</i> СРАВНЕНИЕ MONGODB И SQL БАЗ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ КЭШИРОВАНИЯ HTTP-ЗАПРОСОВ С ЗАДАННЫМ ВРЕМЕНЕМ ХРАНЕНИЯ	220
<i>Потапов В. М.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ RADIO VIRTUAL MACHINE.....	224
<i>Седов В. А.</i> СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ NVIS СВЯЗИ.....	226
<i>Сидоренко Д. М.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ SAR ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	230
<i>Шарапов А. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ КВАДРОДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ СЖАТИЯ ВИДЕОСИГНАЛА.....	233
<i>Шпигун П. В.</i> МЕТОДЫ БАЛАНСИРОВКИ ТРАФИКА ПРИ МНОГОПОЛОСНОЙ ПЕРЕДАЧЕ.....	235
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ	238
Безопасность информационных систем	238
<i>Верхонина В. О.</i> К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОГО КАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ МЕССЕНДЖЕРОВ	238
<i>Воропаев И. А., Ляхнов М. В., Гатаев Д. С.</i> ПРИНЦИП РАБОТЫ СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ	241
<i>Калинина Е. А.</i> МЕТОДЫ ЗАЩИЩЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ.....	243
<i>Ромодина К. К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ С ОТКРЫТЫМ КЛЮЧОМ НА ОСНОВЕ КВАЗИЦИКЛИЧЕСКИХ НИЗКОПЛОТНОСТНЫХ КОДОВ	246
<i>Собакин М. С., Павлова Ю. И.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ	252
Инфокоммуникационные системы	259
<i>Крылов Д. Р.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОВЕРКИ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ С.....	259
<i>Лапаев Я. Д., Ежель М. С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ БИНОМИАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ.....	263
<i>Савельева Д. Д., Сверликов А. В.</i> ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО ТРАФИКА ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	269
Информационно-сетевые технологии	273
<i>Максимчук И. М.</i> ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДТП НА ПЕРЕКРЕСТКАХ	273

ВОЕННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР.....	277
Воздушно-космические силы.....	277
<i>Барулин В. А.</i> МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМЕРА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА 32.....	277
<i>Гуков Ю. И.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ТРЕНИРОВКИ ОПЕРАТОРОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ.....	279
<i>Добрицкая А. В.</i> МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЛЮКСМЕТРА.....	282
<i>Дульнев В. В., Михайлов И. П.</i> ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА КАК ПЕРЕДАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	287
<i>Душеба А. В.</i> ПОСТРОЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ.....	292
<i>Душеба А. В.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА RAYMARCHING.....	296
<i>Жакисов М. К.</i> МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛА РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ	300
<i>Заводсков А. Д.</i> МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТИ СЕТИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА 16.....	303
<i>Ламов П. Ю.</i> СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КАНАЛА АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	305
<i>Ложкин Д. О.</i> РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ.....	308
<i>Лысова Е. А.</i> МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ.....	312
<i>Паршин В. В.</i> МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ТАХОМЕТРА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO.....	315
<i>Пономарев Д. А.</i> ОБУЧАЮЩИЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ.....	317
<i>Соколов К. И.</i> КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА БОРТУ ВОЗДУШНОГО СУДНА.....	325
Автоматизированные и инфокоммуникационные системы	329
<i>Гоголев Д. С.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА.....	329
<i>Зырянов Д. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ВЫБОРА ТРАССЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОЛЕВОЙ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ.....	333
<i>Мерцалов А. И.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОЕННОГО УЧЕБНОГО ЦЕНТРА.....	336
<i>Тарасов М. В.</i> О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	339

Научное издание

СЕМЬДЕСЯТ ПЯТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ГУАП
(18–22 апреля 2022 г.)

Часть 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сборник докладов

ISBN: 978-5-8088-1738-8



9 785808 817388

Ответственный за выпуск:
А. В. Бобович

Редакторская подготовка *Е. В. Лазаревой*
Компьютерная верстка *А. Н. Колешко*

Подписано к печати 03.10.2022. Дата выхода в свет 07.10.2022. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 20,0. Уч.-изд. л. 21,5. Тираж 150 экз. Заказ № 392.

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит А

Распространяется бесплатно