

Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана

\*

ОАО «ВПК «НПО машиностроения»



Студенческая научно-техническая конференция  
Аэрокосмического факультета  
«Студенческая научная весна-2014»

Реутов, 15 апреля  
2014

## НАУЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ



*К 100-летию  
со дня рождения  
академика В.Н. Челомея*

*Студенческая  
научно-техническая  
конференция  
«Студенческая  
научная весна 2014»  
Аэрокосмического факультета  
МГТУ имени Н.Э. Баумана*

**Реутов  
ОАО «ВПК «НПО машиностроения»  
15 апреля 2014**

# ***Научные материалы***

*Совместное издание  
МГТУ имени Н.Э. Баумана  
и ОАО «ВПК «НПО машиностроения»*

*Ответственный редактор  
Симоньянц Р.П.*

Реутов – Москва  
2014

---

УДК 629.78

ББК 39.53

А 99

ISBN 978-5-7038-3977-5

**А 99 Студенческая научно-техническая конференция Аэрокосмического факультета МГТУ им Н.Э Баумана: Научные материалы.** К 100-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея. Реутов, ОАО «ВПК «НПО машиностроения», 15 апреля 2014/ Под ред. Симоньянца Р.П. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 47 с.

В сборнике представлены научные материалы студенческой научно-технической конференции, проходившей на Аэрокосмическом факультете МГТУ им. Н.Э. Баумана 15 апреля 2014 г. в ОАО «ВПК «НПО машиностроения». Конференция прошла в канун 100-летнего юбилея академика В.Н. Челомея. Рассматриваются вопросы разработки атмосферных и космических летательных аппаратов.

Материалы рассчитаны на широкий круг специалистов в области аэрокосмической техники, инженеров, аспирантов и студентов.

УДК 629.78  
ББК 39.53

ISBN 978-5-7038-3977-5

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет  
© ОАО «ВПК «НПО машиностроения»

## Содержание

### Пленарное заседание

#### П.1.

Доклад именного стипендиата Президента РФ

**Богданов И.О.**

студент группы АК3-101

научный руководитель - Котенев В.П., начальник отдела НПОМ, д.т.н., профессор каф. ФН-11

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ  
ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗАТУПЛЕННЫХ ТЕЛ, ОБТЕКАЕМЫХ  
СВЕРХЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ ГАЗА ..... 8

#### П.2.

Сообщение стипендиата Учёного Совета МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Клёнов И.Л.**

студент группы АК4-121

О ЗАРУБЕЖНОЙ НАУЧНОЙ СТАЖИРОВКЕ в январе – феврале 2014 года ..... 13

### Секция 1. «РАЗРАБОТКА АТМОСФЕРНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»

#### 1.1.

**Андропова А.Г.**

студентка группы АК2-41;

научный руководитель - Лобзов Н.Н., начальник отдела НПОМ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАКЕТЫ ТОРПЕДОНОСИТЕЛЯ  
С ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКОЙ В ВИДЕ ДВУХ ТОРПЕД ..... 16

#### 1.2.

**Титков И. П.**

студент группы АК4-101;

научный руководитель - Карпунин А.А., к. т. н., доцент кафедры ИУ-1

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В ЗАДАЧАХ КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ГРУППОЙ БПЛА В ПЛОСКОСТИ ..... 18

#### 1.3.

**Клёнов И.Л.**

студент группы АК4-121;

научный руководитель - Жигулевцев Ю.Н., к.т.н., доцент кафедры ИУ-1

РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БАРАЖИРУЮЩЕЙ  
КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ ..... 20

#### 1.4.

**Павлов А.М.**

Факультет “Специальное машиностроение”, студент 5 курса, кафедра СМ-1

Научный руководитель: Пожалостин А.А., д.т.н., профессор кафедры "Теоретическая механика"

КОЛЕБАНИЯ ЗАКРЫТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ЖИДКОСТЬЮ ПРИ НАЛИЧИИ  
ГАЗОВОЙ ПОЛОСТИ ..... 22

#### 1.5.

**Прошин Д.И.**

студент группы АК4-121;

научный руководитель - Жигулевцев Ю.Н., к.т.н., доцент кафедры ИУ-1

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ БАРАЖИРУЮЩЕЙ КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ ... 23

#### 1.6.

**Гордин Я.Д.**

студент группы АК2-61;

научный руководитель - Асатуров С.М., к. т. н., заместитель начальника отдела НПОМ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА ЛА ..... 24

1.6.

**Калиненко А.О.**

студентка группы АК2-81;

научный руководитель - Аринчев С.В., д.т.н., профессор кафедры СМ-2

СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ И ФОРМЫ КОЛЕБАНИЙ ПРИБОРНОЙ РАМЫ ..... 25

**Секция 2. «РАЗРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»**

2.1.

**Бецис Д.С., Коноплястый К.А., Комиссаров В.К., Оголихин Д.А., Хуханов Д.А.**

студенты группы АК1-101;

научный руководитель - Симоньянц Р.П., к. т. н., доцент кафедры СМ-2

МЕЖПЛАНЕТНЫЙ ПЕРЕЛЁТ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ НАУЧНОГО СПУТНИКА

НА ОРБИТЕ ВЕНЕРЫ ..... 26

2.2.

**Коваль О.А.**

студентка группы АК1-101;

научный руководитель - Журавлёв Е.И., к. т. н., доцент кафедры СМ-2

ПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

АСТЕРОИДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЛИ ..... 28

2.3.

**Тюрин А.П.**

студент группы АК1-101;

научный руководитель - Журавлёв Е.И., к. т. н., доцент кафедры СМ-2

О ФОРМИРОВАНИИ ОБЛИКА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ТРАНСПОРТНОГО

ОБСЛУЖИВАНИЯ ..... 29

2.4.

**Илюшина М.Е.**

студентка группы АК1-101;

научный руководитель - Пожалов В.М., к. т. н., инженер НИОМ

ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА КОС-

МИЧЕСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА НА ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЙ ОРБИТЕ ..... 30

2.5.

**Мальшев С.В.**

студент группы АК1-121;

научный руководитель - Журавлёв Е.И., к. т. н., доцент кафедры СМ-2

ВОЗВРАЩАЕМАЯ БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ КАПСУЛА ..... 31

2.6.

**Рыбнов А.В.**

студент группы АК5-81;

научный руководитель - Ерёмин О.Ю., к.т.н., ассистент кафедры ИУ-6

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ

ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ..... 32

2.7.

**Малыгин А.О.<sup>(1)</sup>, Одеров Р.С.<sup>(2)</sup>, Серко С.А.<sup>(2)</sup>**

СПбГУ, математико-механический факультет, <sup>(1)</sup>аспирант, <sup>(2)</sup>студенты 5 курса;

научные руководители - Терехов А.Н., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой «Системное программирование»; Баклановский М.В., старший преподаватель кафедры «Системное программирование»

ТЕХНОЛОГИЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ

СЕКРЕТНОСТИ ..... 33

### Секция 3. «ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛА И КА»

3.1.

**Бельский С.Ф., Клёнов И.Л.**

студенты группы АК4-121;

научный руководитель - Жигулевцев Ю.Н., к.т.н., доцент кафедры ИУ-1

ПЛАТФОРМА СТЮАРТА КАК СРЕДСТВО ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЁТА

БАРРАЖИРУЮЩЕЙ КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ ..... 35

3.2.

**Пахомов Ю.С.<sup>(1)</sup>, Захаров А.С.<sup>(2)</sup>**

студенты группы <sup>(1)</sup>АК3-81 и <sup>(2)</sup>АК3-121;

научный руководитель - Краснов И. К., к. т. н., доцент кафедры ФН-11

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ

КОНСТРУКЦИЙ ..... 37

3.3.

**Никитин А.В.<sup>(1)</sup>, Борк В.А.<sup>(2)</sup>, Хохлов А.В.<sup>(3)</sup>**

студенты группы <sup>(1)</sup>АК5-61 и <sup>(2)</sup>АК5-41, <sup>(3)</sup>инженер НПОМ;

научный руководитель - Скоробаток В. В., заместитель начальника ЦКБМ НПОМ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УЧЁТА БУМАЖНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТА-

ЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ УПОРЯДОЧЕНИЯ ..... 38

3.4.

**Ничушкин Н.Л., Омаров Ш.Н.**

студенты группы АК5-101;

научный руководитель - Овчинников В.А., д.т.н., профессор кафедры ИУ-6

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ НАД УЛЬТРАГРАФАМИ ..... 39

3.5.

**Лохматов Ю.Ю.**

студент группы АК5-81;

научный руководитель - Ничушкина Т.Н., к. т. н., доцент кафедры ИУ-6

ИНТЕРАКТИВНАЯ ПОДСИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА

ЭНЕРГОБАЛАНСА СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ..... 41

3.6.

**Зверев А.С.**

студент группы АК2-61;

научный руководитель - Воеводин А.В., инженер 1 категории НПОМ

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО КОМПЛЕКТАЦИИ

СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ПИРОСРЕДСТВ ДАТЧИКАМИ

БЫСТРОПЕРЕМЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ..... 43

3.7.

**Федорко К.И.**

студент группы АК2-61;

научный руководитель - Воеводин А. В., инженер 1 категории НПОМ

ДАТЧИК ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ..... 44

СВЕДЕНИЯ О СТУДЕНТАХ – АВТОРАХ РАБОТ ..... 46

Студенческая научно-техническая конференция  
Аэрокосмического факультета МГТУ имени Н.Э. Баумана  
15 апреля 2014

Пленарное заседание

П.1.

Доклад именного стипендиата Президента РФ

**ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ  
ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ  
НА ПОВЕРХНОСТИ ЗАТУПЛЕННЫХ ТЕЛ, ОБТЕКАЕМЫХ  
СВЕРХЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ ГАЗА**

**И.О. Богданов**

*- студент 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра ФН-11 «Вычислительная математика и математическая физика», e-mail: [biofamily\\_7394@mail.ru](mailto:biofamily_7394@mail.ru)  
Научный руководитель: В.П. Котенев – доктор технических наук, профессор кафедры «Вычислительная математика и математическая физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, начальник отдела НПОМ*

**Введение.** В рамках данной работы представлен метод расчета распределения величины теплопередачи  $q_x$  в произвольной точке криволинейной поверхности вращения, отнесенной к тепловому потоку  $q_0$  в точке полного торможения. В основе указанного метода лежит применение универсальной формулы давления повышенной точности, рассмотренной в работе [1]. Приводится сравнение полученных результатов с численным решением уравнений Навье-Стокса, распределением тепловых потоков, определенных с помощью теории Ньютона, и с аналитическими зависимостями, представленными в работах [4] и [5].

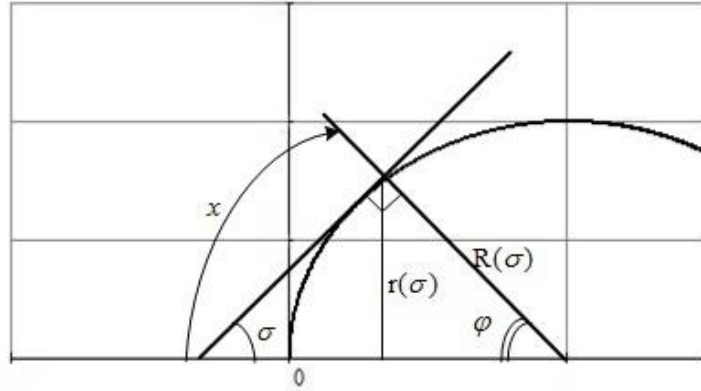
**Построение математической модели.** Рассмотрим функцию

$$\frac{q_x}{q_0} = F(x) \sqrt{\frac{V_\infty}{2\lambda}}, \quad (1)$$

где

$$F(x) = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{p_\delta}{p'_0} \frac{V_\delta}{V_\infty} r_0 \left( \int_0^x \frac{p_\delta}{p'_0} \frac{V_\delta}{V_\infty} r_0^2 dx \right)^{-\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

введенную в работе [2].



**Рис. 1. Осесимметричное тело и введенная для него система координат**

В формулах (1)-(2)  $q_x/q_0$  – величина теплопередачи, в произвольной точке поверхности отнесенная к величине теплового потока в точке полного торможения (см. рис. 1),  $V_\infty$  – скорость набегающего потока,  $p'_0$  – давление на внешней границе пограничного слоя у точки полного торможения затупленной поверхности,  $p_\delta$  и  $V_\delta$  – давление и скорость в произвольной точке на внешней границе пограничного слоя,  $\tilde{\lambda} = dV_\delta/dx$  – градиент скорости вблизи точки полного торможения,  $r_0$  – уравнение поверхности тела,  $x$  – криволинейная координата, выражающая длину дуги вдоль контура тела.

Из (2) видно, что для расчета (1) необходимо знать распределение давления и скоростей на всем участке между интересующей точкой и точкой полного торможения.

Формулу (1) можно привести к виду

$$Q(\sigma) \equiv \frac{q_x}{q_0} = F(\sigma) \sqrt{\frac{R\left(\frac{\pi}{2}\right)}{2V_2 \frac{dV_1\left(\frac{\pi}{2}\right)}{d\sigma}}}. \quad (3)$$

Здесь:

$$F(\sigma) = \frac{\sqrt{2}}{2} P(\sigma)V(\sigma)r_0 \left( -\int_{\frac{\pi}{2}}^{\sigma} P(\sigma)V(\sigma)r_0^2 R(\sigma) d\sigma \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

$$P(\sigma) \equiv \frac{p_\delta}{p'_0} = \left[ \frac{1 - \frac{\gamma-1}{\gamma+3} \left( \frac{\pi/2 - \sigma}{\pi/2 - \sigma_*} \right)^2}{1 + \frac{\gamma-1}{\gamma+3} \left( \frac{\pi/2 - \sigma}{\pi/2 - \sigma_*} \right)^2} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}, \quad (5)$$

$$V_1(\sigma) \equiv \frac{V_\delta}{V_{\max}} = \sqrt{1 - \left( \frac{p_\delta}{p'_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}, \quad (6)$$



$$V_2 \equiv \frac{V_{\max}}{V_{\infty}} = \sqrt{1 + \frac{2}{(\gamma-1)M_{\infty}^2}}, \quad (7)$$

$$V(\sigma) \equiv \frac{V_{\delta}}{V_{\infty}} = \frac{V_{\delta}}{V_{\max}} \frac{V_{\max}}{V_{\infty}} = V_1(\sigma)V_2. \quad (8)$$

Формула (5) – универсальная формула давления повышенной точности [1], в которой  $\sigma$  – угол между касательной к контуру тела в рассматриваемой точке и направлением вектора скорости набегающего потока,  $\sigma_*$  – угол, определяющий положение звуковой точки на поверхности тела,  $\gamma = 1,4$  – показатель адиабаты.

Вместо этой формулы может быть использована аналитическая зависимость давления из теории Ньютона

$$\frac{p_{\delta}}{p'_0} = \sin^2 \sigma + \frac{p_{\infty}}{p'_0} \cos^2 \sigma, \quad (9)$$

где  $p'_0/p_{\infty}$  вычисляется по формуле Рэлея

$$\frac{p'_0}{p_{\infty}} = \left( \frac{\gamma+1}{2} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} M_{\infty}^2 \left( \gamma - \frac{\gamma-1}{2M_{\infty}^2} \right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}. \quad (10)$$

В данной работе в качестве осесимметричных тел рассматриваются сфера единичного радиуса и эллипсоиды с отношением полуосей  $b = 0,5$  и  $b = 1,5$ .

**Результаты.** Было произведено сравнение полученных аналитических зависимостей с численным решением уравнений Навье-Стокса для случая сферы с температурой стенки  $T_w = 0,25$  и эллипсоидов с температурой стенки  $T_w = 0,16$  и отношением полуосей 0,5 и 1,5, в результате чего рассматриваемый метод дал неплохое согласование с численными результатами.

Также произведено сравнение аналитической зависимости, построенной на основе теории Ньютона, с численным решением уравнений Навье-Стокса. Оказалось, что теория Ньютона дает худшую в сравнении с предыдущим случаем аппроксимацию численного решения.

Кроме того, было рассмотрено сравнение предложенного метода с результатами работ [4] и [5]. Оба подхода оказались в целом сопоставимы по точности. На рис. 2 представлено сравнение графика функции (3) для эллипсоида с отношением полуосей  $b = 1,5$ , полученной на основе универсальной формулы (5) (кривая 1) и теории Ньютона (кривая 2) с численным решением уравнений Навье-Стокса для стенки с температурой  $T_w = 0,238$  (кривая 3) и  $T_w = 0,8$  (кривая 4). Так же на данном рисунке представлены результаты работы [5]: кривая 5 для стенки с температурой  $T_w = 0,238$  и кривая 6 – для  $T_w = 0,8$ . Все графики построены для случая  $M = 4$ . Из сопоставления результатов видно, что описанный приближенный метод расчета распределения величины теплопередачи  $q/q_0$  дает наиболее точное соответствие с численным решением при более нагретой стенке. В этом случае график функции (3) практически совпадает с численным решением уравнений Навье-Стокса в окрестности точки  $S = 2$ . Аналитические решения из работы [5] имеют большие отличия от численного решения как для горячей, так и для холодной стенки.

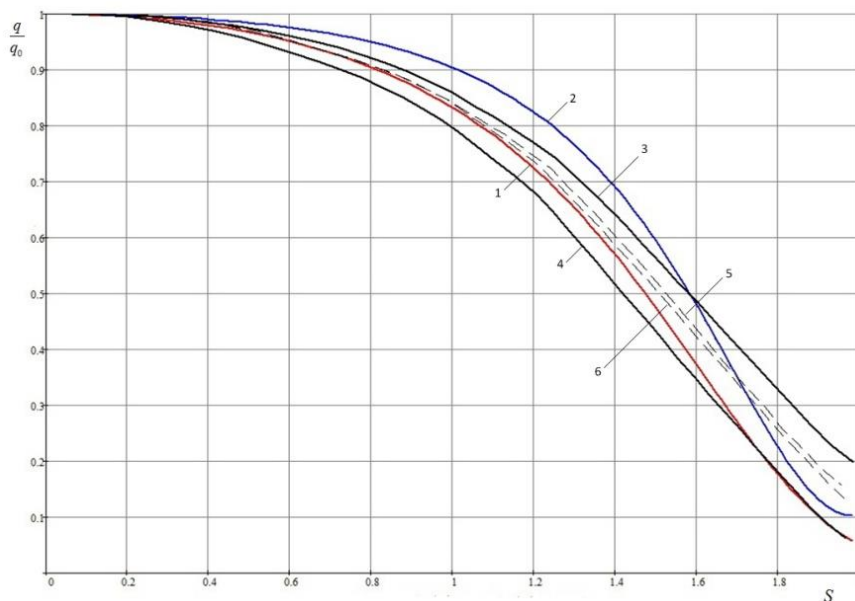


Рис. 2. Изменение отношения удельных тепловых потоков для эллиптической поверхности с отношением полуосей  $b=1,5$  при числе Маха  $M=4$  и температуре стенки  $T_w=0,238$  для графиков 3, 5 и  $T_w=0,8$  для графиков 4, 6

## Литература

1. Котенев В.П., Сысенко В.А. Аналитические формулы повышенной точности для расчета распределения давления на поверхности выпуклых, затупленных тел вращения произвольного очертания. Математическое моделирование и численные методы. 2014. № 1.
2. Краснов Н.Ф., Захарченко В.Ф., Кошевой В.Н. Основы аэродинамического расчета. М.: Высшая школа. 1984. 264 с.
3. Котенев В.П. Определение положения звуковой точки на поверхности затупленного тела. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана: Естественные науки. 2011. Специальный выпуск «Математическое моделирование». С. 150–153.
4. Брыкина И.Г. Методы расчета теплопередачи и трения при пространственном гиперзвуковом ламинарном обтекании тел во всем диапазоне чисел Рейнольдса: Автореф. дис... д-ра. физ.-мат. наук. М. 2013. 38 с.
5. Брыкина И.Г., Сахаров В.И. Сравнение приближенных аналитических и численных решений для тепловых потоков при сверхзвуковом обтекании тел вязким газом. Механика жидкости и газа. 1996. № 1. С 125–132.
6. Димитриенко Ю.И., Котенев В.П., Захаров А.А. Метод ленточных адаптивных сеток для численного моделирования в газовой динамике. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2011. С. 160–204.

УДК 533.6.011.55 : 532.517.2

## СПРАВКА

**Богданов Ильи Олеговича** - группа АК3-101. Поступил на 1 курс факультета АК в МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2009 по общему конкурсу: ЕГЭ 220 баллов, окончил с Золотой медалью школу №1008 в Москве. Учится только с отличными оценками на всех семестрах. Именной стипендиат Правительства РФ в 2012/2013, Президента РФ в 2013/2014 учебных годах.

Научной работой начал заниматься с 1-го курса. Первую научную работу выполнил под руководством доцента кафедры ФН-11 В.Ф. Апельцина. Выступал на научных конференциях в 2010, 2011, 2012, 2013 годах. Опубликованы следующие статьи:

1. В.Ф. Апельцин, И.О. Богданов, И.А. Волкова. Приближенный численный расчет диаграммы направленности поля, рассеянного металлическим телом, на основе регуляризованного метода вспомогательных токов. Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Серия "Естественные науки" 2012 Спец. выпуск № 4 "Математическое моделирование" - С. 65 - 75.
2. Апельцин В. Ф., Богданов И. О. Численная модель визуализации рассеянного поля электромагнитной волны / Апельцин В. Ф., Богданов И. О. // Аэрокосмические технологии, 2010-2012: сб. науч. тр. / отв. ред. Симоньянц Р. П. - М., 2012. - С. 85-88.



27 марта 2014. Расширенное заседание ректората МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ректор Университета А.А. Александров вручает Илье **Богданову** удостоверение именного стипендиата Президента Российской Федерации. Стипендия установлена приказом №1189 от 25 октября 2013 г. Министерства образования и науки за выдающиеся успехи в учёбе и научном творчестве.

## II.2.

Сообщение стипендиата Учёного Совета МГТУ им. Н.Э. Баумана

### О ЗАРУБЕЖНОЙ НАУЧНОЙ СТАЖИРОВКЕ

в январе – феврале 2014 года

**И.Л. Клёнов**

*- студент 6 курса, Аэрокосмический факультет, кафедра  
«Системы автоматического управления» (ИУ-1) факультета  
«Информатика и системы управления»*

11 декабря 2013 г. на Аэрокосмическом факультета состоялась веб-конференция в режиме реального времени. Конференция была организованная совместно с Люблянским Университетом (LU) Словении. В её работе принял участие академик Академии Наук и Искусств Словении, заведующий кафедрой «Механика полимерных материалов» LU профессор Игорь Эмри. В тот период доктор Эмри, как приезжающий профессор Калифорнийского Технологического Университета (Koltech), находился в штате Pasadena США. В связи с этим наша конференция по Skype была трёхсторонней: Россия, МГТУ – Словения, LU – США, Koltec.

На этой конференции был представлен доклад по результатам выполненного мною аналитического обзора научных публикаций на тему «Формальное описание механизма пластической деформации». Более детально рассмотрен метод QSAR («Quantitative Structure-Activity Relationship» или «поиск количественных соотношений структура – свойство»). Метод используется и показывает хорошие результаты при решении регрессионной задачи (прогнозирование числовых значений свойств материала на основе всей совокупности накопленного опыта) с использованием методов математической статистики и машинного обучения, таких, как нейросети.

Выводы по докладу: рассматриваемый подход моделирования деформации с помощью нейронных сетей (самообучающихся алгоритмов) может позволить выявить наиболее существенные факторы влияния и предсказать поведение материала в реальных (возможно и экстремальных) условиях эксплуатации.

Доклад заинтересовал профессора И.Эмри и его аспирантов Jure Kobal, Александру Аулову и Анну Кансузян (Александра и Анна – выпускницы нашего факультета). По итогам конференции из Университета Любляны мне поступило приглашение на краткосрочную стажировку, которое было поддержано ректором.

Стажировка проходила в Центре экспериментальной механики (ЦЭМ) при Машиностроительном факультете Люблянского Университета (Словения) с 21 января по 6 февраля 2014 года. Мне предоставили возможность ознакомиться с лабораториями и текущими проектами ЦЭМ.

По итогам стажировки мне предложили выступить с докладом на научном семинаре, который проводился в ЦЭМ 3 февраля 2014. На основе материалов, с которыми был ознакомлен в процессе стажировки, я внес предложение по созданию теплоизоляционных панелей иного типа по сравнению с теми панелями, которые разрабатываются исследовательской группой Центра экспериментальной механики. Это предложение совмещает механические свойства сотовой структуры с теплоизоляционными характеристиками вакуумных изоляционных панелей. Предложение содержало также несколько способов изготовления таких панелей.

В прениях участники конференции и руководитель ЦЭМ академик Эмри дали докладу и сформулированным в нём предложениям высокую оценку. Профессор Эмри

пригласил меня после защиты дипломного проекта к себе в аспирантуру. Я поблагодарил И. Эмри за прекрасные условия стажировки, за высокую оценку моей работы. Но предложение аспирантуры в LU отклонил, поскольку свою дальнейшую судьбу и творческие планы я без сомнений связываю с базовым предприятием моего факультета – ОАО «ВПК «НПО машиностроения».

*Приложение:* Заключение ЦЭМ о стажировке И. Клёнова.

## Center for Experimental Mechanics

*Chair for Mechanics of Polymers and Composites, Faculty of Mechanical Engineering*



Ljubljana, SLOVENIA

University of Ljubljana

Pot za Brdom 104, 1000 Ljubljana

Tel: 01 6207 100

Fax: 01 6207 110

E-mail: cem@fs.uni-lj.si

Ljubljana, 5.2.2014

### Заключение по докладу о стажировке И. Клёнова:

Иван Кленов, студент Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (Аэрокосмический факультет), проходил стажировку в Центре экспериментальной механики при Машиностроительном факультете Люблянского Университета (Словения) с 21 января по 6 февраля 2014 года.

Во время знакомства с лабораториями и текущими проектами Центра экспериментальной механики он показал себя инициативным, полным идей инженером.

Иван Кленов, выступая на научном семинаре, который проводился в Центре экспериментальной механики 3 февраля 2014, на основе материалов, с которыми был ознакомлен в процессе стажировки, внес конструктивное предложение по созданию теплоизоляционных панелей нового типа, разрабатываемых исследовательской группой Центра экспериментальной механики.

Инициативное предложение Ивана Клёнова совмещает механические свойства сотовой структуры с теплоизоляционными характеристиками вакуумных изоляционных панелей. И. Клёнов также предложил несколько способов изготовления таких панелей.

В ходе обсуждения доклада И. Клёнова на семинаре, подчёркнуто большое значение его инициативного предложения и выражена ему благодарность. Это предложение будет использовано в будущих разработках Центра экспериментальной механики.

Профессор Игорь Эмри



## СПРАВКА

**Клёнов Иван Леонидович**, группа АК4-121. Поступил на Аэрокосмический факультет (кафедра ИУ-1 «Системы автоматического управления») в 2008 году по общему конкурсу с 225 баллами после окончания лицея №1501 в Москве. На отлично сдал экзаменационные сессии 6, 8, 9, 10 и 11 семестров. Стажируется в отделе НПО машиностроения.

Стипендиат Ученого Совета МГТУ им. Н.Э. Баумана и Правительства Москвы в весеннем семестре 2013/2014 учебного года. Опубликована научная статья:

Кленов И. Л. Марковские цепи как метод динамического прогнозирования в многообъектных многокритериальных системах управления летательными аппаратами. Электронный журнал Молодёжный научно-технический вестник, №4, апрель 2013): <http://195.19.40.138/authors/567890.html>

На настоящей конференции Клёнов выступает в двух докладах по работе, выполненной под руководством доцента кафедры ИУ-1 Ю.Н. Жигулёвцева в рамках курсового проектирования.



**На фото:** 11 декабря 2013 г., Аэрокосмический факультет. Веб-конференция в режиме реального времени: Иван Клёнов выступает с докладом

## Секция 1.

### РАЗРАБОТКА АТМОСФЕРНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Руководители секции** – специалисты ОАО «ВПК «НПО машиностроения»:  
**Котенев Владимир Пантелеевич**, д.т.н., начальник отдела, профессор кафедры ФН-11; **Бондаренко Леонид Александрович**, к.ф.-м.н., вед. науч. сотр., доцент каф. СМ-2 **Асатуров Сергей Михайели**, к. т. н., зам. нач. отд., доцент каф. СМ-2

#### 1.1.

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАКЕТЫ ТОРПЕДОНОСИТЕЛЯ С ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКОЙ В ВИДЕ ДВУХ ТОРПЕД

**А.Г. Андропова**

- студент 2 курса, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет; кафедра «Аэрокосмические системы» факультета «Специальное машиностроение» (СМ), e-mail: [aleksan-wolf@yandex.ru](mailto:aleksan-wolf@yandex.ru)

В работе рассмотрены основные характеристики существующих ракет торпедоносителей. На данный момент все созданные противолодочные ракетные комплексы представляют собой вариант компоновки с одной торпедой. Рассматриваются преимущества конструкции с двумя торпедами перед аналогами с одной торпедой в условия противодействия подводным лодкам (ПЛ) и надводным кораблям (НК). Применение двух торпед позволяет повысить вероятность поражения цели, а так же нанести больший урон подводной лодке противника.

В борьбе с надводными кораблями противника две торпеды способны противостоять более крупным НК, которые нельзя вывести из строя только одной торпедой. Произведен расчет вероятности поражения цели и дана оценка наносимого ущерба. Однако, несмотря на ряд тактических преимуществ, увеличение полезной нагрузки может повлечь за собой увеличение габаритов ракеты и уменьшение дальности полета. Доказана возможность создания компоновки ракеты с двумя торпедами, имеющей те же габариты, что и с одной торпедной, имеющей меньшую дальность полета, но достаточную чтобы сохранить тактическое преимущество над силами противника.

Рассматривается схема конструкции – размещение боевой части (БЧ), двигателя, систем управления. Сравнительный анализ конструкций с одной и двумя торпедами позволяет сделать вывод, что при сохранении габаритов и изменении профиля носового обтекателя компоновка с двумя торпедами по своим аэродинамическим характеристикам не уступает ракете с одной торпедной. Рассматривается применение ракеты с двумя торпедами в условиях боевых действий.

Анализируется старт с ПЛ и НК в различных смоделированных ситуациях боевых действий. Более детально рассматривается непосредственно атака сил противника - сброс БЧ.

Доказывается целесообразность использования парашютной системы. Для заданных условий рассчитывается высота и скорость полета ракеты в момент сброса торпеды. На основе расчетов производится анализ конструкции с двумя торпедами в сравнении с существующими противолодочными комплексами.

В критерий сравнительного анализа включены так же финансовые затраты на реализацию и серийное производство изделия. Результаты анализа доказывают перспективность рассматриваемого варианта как эффективного противолодочного и противокорабельного оружия.

По мнению автора, реализация данной конструкции и принятие на вооружение способствовали бы повышению обороноспособности военно-морского флота, благодаря получению ряда тактических преимуществ над силами противника.

### **Литература**

1. Широкоград А. Б. Ракеты над морем. Ракетная техника отечественного ВМФ. – 1997г. С. 79-102.
2. Аржаников Н. С., Садекова Г. С. – «Аэродинамика летательного аппарата». – 1995г. С. 25-37.
3. Липницкий Ю. М. – «Нестационарная аэродинамика». – 1999г. С. 13-24.
4. Аржаников Н. С. – «Аэродинамика больших скоростей». – 1998 г. С. 115-157.
5. Журнал «Обозрение армии и флота.» - № 6 2006 г.
6. Павлов А. С. «БПК типа Удалой» – статья «Вооружение». - №23 2003г.



1.2.

## ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В ЗАДАЧАХ КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БПЛА В ПЛОСКОСТИ

**И.П. Титков**

*студент 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Системы автоматического управления»  
e-mail: [ak4.09.tip@yandex.ru](mailto:ak4.09.tip@yandex.ru)*

*Научный руководитель: А.А. Карпунин, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н., кафедра «Системы автоматического управления», [ksans@yandex.ru](mailto:ksans@yandex.ru)*

Рассматривается задача координированного управления группой беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), заключающаяся в согласованном управлении движением объектов с целью поддержания заданного строя (конфигурации). Полетная конфигурация характеризуется относительным положением объектов, ориентацией и направлением движения, определяется условиями и целями функционирования, например, съемка местности, выполнение поиска, совместная транспортировка груза [1 - 7].

Машинное зрение применяется при решении задач управления и навигации БПЛА: определение положения, скорости и ориентации объектов, сопровождение движущихся целей, обеспечение траекторной безопасности.

Применение плотных групп БПЛА ограничено возможностями спутниковых и наземных навигационных систем. При решении задач координированного управления и поддержания конфигурации строя необходимо иметь точные данные о положении, направлении движения и ориентации объектов группы.

В работе выполнен обзор требований, предъявляемых к навигационным системам БПЛА, определены границы и целесообразность применения машинного зрения для управления плотной группой БПЛА.

Рассмотрены существующие подходы к выделению объектов группы и определению их координат и ориентации. Приведены основные соотношения для определения параметров цифровой оптической системы, позволяющие определить геометрические размеры и расстояния между БПЛА в группе. Предложен алгоритм определения координат и скоростей объектов в реальном времени с использованием изображений с одной камеры и при применении возможностей стереозрения.

Рассмотрены два основных подхода для координированного управления группой – централизованное и децентрализованное. Предложен алгоритм формирования управления при поддержании конфигурации в неподвижном состоянии и при перемещении группы БПЛА. Предложен подход, обеспечивающий применение группы БПЛА при отсутствии спутниковой навигации и снижении стоимости всей группы при использовании разнородных и комбинированных технических средств.

### Литература

1. Алпатов Б.А. Алгоритмы оценивания ориентации объекта по его двумерному изображению в бортовых системах видеослежения // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2013. – № 45. – С. 3-8.

2. Воронов Е.М., Карпунин А.А. Обеспечение траекторной безопасности в задаче облета динамической круговой зоны. // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 12. – 5 с.
3. Карпунин А.А., Зазирный Е.А. Исследование задачи аппроксимации траектории плоского разворота летательного аппарата в заданном диапазоне высот и скоростей на основе рассчитанных опорных траекторий. // Инженерный журнал: Наука и инновации. – 2013. – № 10. – 10 с.
4. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А.И. Степашкин. – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.
5. Jinling Wang. Integration of GPS/INS/Vision sensors to navigate unmanned aerial vehicles // Remote Sensing and Spatial Information Sciences: The International Archives of the Photogrammetry, Beijing. 2008, Vol. XXXVII, Part B1. – P. 963-969.
6. Path Planning for Multiple UAVs, in Cooperative Path Planning of Unmanned Aerial Vehicles / A. Tsourdos, [et al.]. – John Wiley & Sons, Ltd, 2010. – 212 p.
7. Zouhair Mahboubi. Camera based localization for autonomous unmanned aerial vehicles formation flight // Aerospace, AIAA, – 2011.

1.3.

## РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БАРАЖИРУЮЩЕЙ КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ

**И.Л. Клёнов**

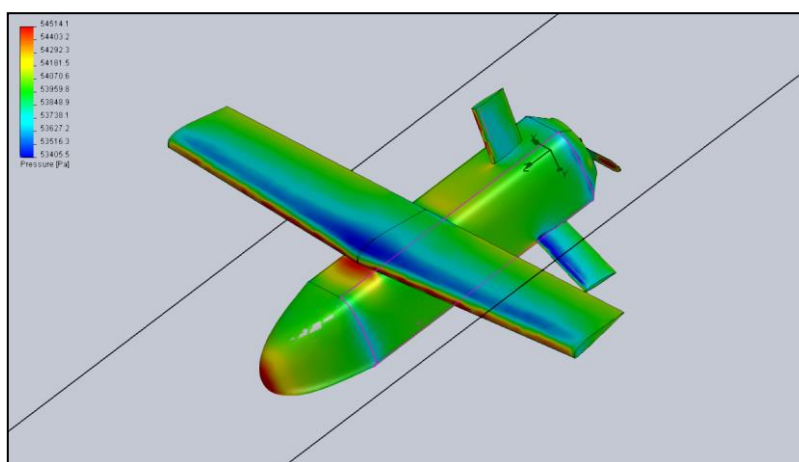
- студент 6 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Системы автоматического управления» (ИУ-1) факультета «Информатика и системы управления» (ИУ)  
e-mail: [kljonov\\_bmstu@mail.ru](mailto:kljonov_bmstu@mail.ru)

Научный руководитель: Ю.Н. Жигулёвцев, к.т.н., доцент кафедры ИУ-1 МГТУ им. Н.Э. Баумана

В работе предложена концепция центральной вычислительной системы (ЦВС) беспилотного летательного аппарата (БПЛА) барражирующей крылатой ракеты (БКР). Разработана модель ЦВС и создан работающий прототип ЦВС. Исследованы требования к составу и функционалу ЦВС в рамках децентрализованной системы управления летательным аппаратом.

Разработан, собран и налажен действующий макет бортового оборудования БПЛА и демонстрационный стенд полунатурного моделирования. Используя собранные стенд и макет, проверяются возможности ЦВС по координированию децентрализованной системы управления летательным аппаратом. Дополнительно выявлены возможности решения задачи проектировании центральной вычислительной системы при помощи современных методов управления проектными разработками.

Общий вид рассматриваемого БПЛА БКР и характерное распределение давлений в аэродинамическом потоке показаны на рис. 1. Бортовой вычислитель реализуется в рамках концепции децентрализованной системы управления. Задачей центрального модуля становится реализация общего закона управления и обеспечение обмена данными между отдельными модулями [1].



**Рис.1. Схема распределения давлений в проекции на геометрию аппарата**

Концепция децентрализованной системы управления позволяет в значительной степени распараллелить разработку бортовых систем аппарата.

В спиральной модели процесс разработки аппарата (или ПО) проходит несколько итераций или «витков спирали», завершение каждого из которых соответствует созданию прототипа – функционально законченного образца (рис. 2). Достоинством спи-

ральной модели является совмещение проектирования и поэтапного прототипирования в непрерывный процесс с минимумом проектных рисков.

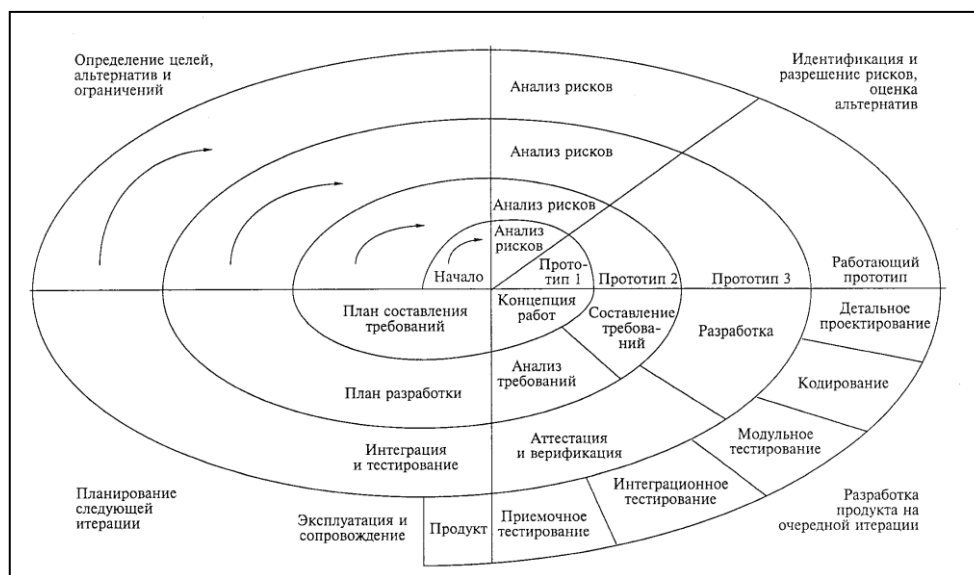


Рис.2. Спиральная модель разработки ПО технически сложной системы [2]

Методика модельно-ориентированного проектирования (МОП) изначально была создана для проектирования технически сложных изделий в рамках спиральной модели [3]. МОП – это современная высокоэффективная методика разработки сложных программно-аппаратных комплексов, позволяющая создать надёжный и качественный продукт путём сведения всех этапов работы к взаимодействию с единой структурно-имитационной моделью комплекса.

В работе использовались спиральная модель и МОП, они сравнивались с таким традиционным методом управления НИОКР, как итерационная каскадная модель ведения проекта (она же модифицированная “Модель водопада”, англ. Waterfall method).

Результаты работы подтвердили данные литературных источников [3] – использование МОП в спиральной модели позволяет в 2 и более раз сэкономить время и ресурсы по сравнению с каскадной моделью.

Совместное использование спиральной модели и МОП для разработки децентрализованной системы управления позволило решить поставленные задачи в сравнительно короткие сроки.

## Литература

1. Павлов А.М. и др. Современное состояние и тенденции развития бортовых систем информационного обмена. Под общ. ред. Е.А. Федосова - НИЦ ГосНИИАС, 1991 – 25 с.
2. Избачков Ю.А., Петров В.Н. Информационные системы: Учебник для вузов - «Питер», 2005. – 655 с.
3. MathWorks Inc. Model-Based Design for DO-178C Software Development, materials of webinar, 2014. – 58 с.

1.4.

## **КОЛЕБАНИЯ ЗАКРЫТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ЖИДКОСТЬЮ ПРИ НАЛИЧИИ ГАЗОВОЙ ПОЛОСТИ**

**А.М. Павлов**

*студент 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное  
машиностроение», кафедра СМ-1*

*Научный руководитель: Пожалостин А.А., д.т.н., профессор МГТУ  
им. Н.Э. Баумана, кафедра "Теоретическая механика"*

При анализе продольных колебаний жидкости в трубопроводах часто возникает необходимость учета газовых полостей, образующихся в потоке.

В работе рассмотрена задача о колебаниях жидкости в закрытой трубе, представленной в виде закрытой цилиндрической оболочки, заполненной жидкостью, с полостью посередине, имеющей заданный объем и давление газа.

Задача решена в линейной, осесимметричной постановке для потенциала смещений. При решении учтена инерция стенки оболочки. Колебания оболочки описаны безмоментной теорией.

Граничное условие на свободной поверхности жидкости учтено в усредненной форме. Определены собственные числа и, соответствующие им, частоты колебаний.

1.5.

## РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ БАРРАЖИРУЮЩЕЙ КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ

**Д.И. Прошин**

*студент 6 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Системы автоматизированного управления»  
Научный руководитель: Ю.Н. Жигулёвцев, к.т.н., доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Системы автоматизированного управления»*

В задачах разработки оптико-электронной системы важную роль играет процесс обнаружения и опознавания объектов, являющийся ключевым для работы подобных систем. Для решения подобных задач в большинстве случаев требуется присутствие человека – оператора, осуществляющего оптико-электронный мониторинг окружающего пространства. Однако в ряде случаев человеческий ресурс требует экономии, и выделение отдельного субъекта для работы с системой затруднительно [1 - 6].

Эту проблему решаем, используя системы распознавания образов. Она позволяет осуществлять автоматическое наблюдение за определённой областью, выделяя на ней те или иные объекты, представляющие интерес, идентифицируя их и осуществляя соответствующую ответную реакцию.

Рассмотрен стенд полунатурного моделирования, включающий в себя макет оптико-электронной системы, разработанный и реализованный с использованием платформы Arduino, среды программирования Visual studio и библиотеки Open CV.

Представлены также результаты работы системы распознавания объектов на базе признаков Хаара и проведён их анализ. На этом основании сделан вывод о целесообразности использования рассматриваемых методов в данной системе.

Была составлена концептуальная модель системы, демонстрирующая возможности конечной системы, но созданная с учётом упрощений и при использовании менее специализированных, но более доступных компонент.

Проведённые исследования показали, что модель работоспособна и успешно выполняет поставленные перед ней задачи.

### **Литература**

1. Наивный Байесовский классификатор в 25 строк кода. 2011. URL <http://habrahabr.ru/post/120194/> (дата обращения 27.03.2014).
2. Папоротники как метод распознавания образов. 2011. URL <http://habrahabr.ru/post/129685/> (дата обращения 27.03.2014).
3. Распознавание плоских объектов OpenCV 2.4. 2012. URL <http://habrahabr.ru/post/155651/> (дата обращения 27.03.2014).
4. Мишин В.П., Безвербый В.К., Панкратов Б.М., Шеверов Д.Н.. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы). М., Маш-ие, 1985. 360 с.
5. Белавин Н. И. Авианесущие корабли. — М.: Воениздат, 1990. — 14 с.
6. Кулик А.С. Словарь терминов по системам управления летательных аппаратов (СУЛА). – Харьков «ХАИ», 2000. – 250 с.

1.6.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА ЛА

**Я.Д. Гордин**

*- студент 3 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический  
Факультет, кафедра «Аэрокосмические системы», e-mail:  
[yaroslav.gordin@gmail.com](mailto:yaroslav.gordin@gmail.com)  
Научный руководитель: С.Е. Асатуров, к.т.н., доцент,  
заместитель начальника отдела НПОМ*

Современные беспилотные летательные аппараты (ЛА) способны реализовать гибкий набор траекторий полета, но не все из этих траекторий могут быть использованы для решения поставленной задачи.

Для достижения максимальной вероятности решения задачи используются траектории отличающиеся, скоростью и высотой полета на конечном участке, углом наклона вектора скорости и реализуемой перегрузкой ЛА при маневрировании. Существует неоднозначность выбора типа и параметров траектории полета ЛА для конкретных условий применения. В связи с этим возникает необходимость разработки математических моделей и программного обеспечения для предварительной оценки вероятности решения задачи.

Разработанная в рамках данной работы компьютерная программа позволяет проводить аналитические оценки вероятности успешного выполнения ЛА поставленной задачи при различных параметрах траектории полета. Аналитическая модель построена на базе математического аппарата динамики движения ЛА, теории вероятностей и исследования операций.

Разработанное программное обеспечение позволяет:

1. Формировать и варьировать начальные условия полета беспилотного ЛА авиационного базирования в широком диапазоне.
2. Определить основные баллистические параметры траектории движения ЛА по всему маршруту полета.
3. Оценить вероятность успешного выполнения поставленной задачи при заданных начальных (стартовых) условиях полета.
4. Выбрать наиболее рациональные параметры траектории ЛА.
5. Разработать рекомендации по применению ЛА для различных условий полета.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке современных образцов авиационной и ракетной техники.

1.7.

## СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ И ФОРМЫ КОЛЕБАНИЙ ПРИБОРНОЙ РАМЫ

**А.О. Калининкова**

*- студентка 4 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Аэрокосмические системы»;*

*Научный руководитель: С.В. Аринчев, д.т.н., профессор каф. СМ-2.*

На основе имеющихся данных о компоновке приборной рамы необходимо создать и отладить подробную динамическую модель, которая даст возможность исследовать динамические свойства рамы с смонтированными на ней приборами и кронштейнами крепления.

Решаются следующие задачи: - создание подробной геометрической модели; - создание конечно-элементной модели; - построение оптимальной сетки КЭ; - моделирование свойств материалов; - подсчет и доводка массово-инерционных характеристик; - проведение модального анализа (определение собственных частот и форм колебаний рамы с приборами).

В перспективе после проведения испытаний возможна доработка модели в соответствии с результатами испытаний. Также при наличии созданной модели возможно проведение других видов анализа, таких как: статический, гармонический, анализ нагрузок при ударном нагружении.

В результате проведения модального анализа получаем собственные частоты и формы колебания системы. Знание низшей собственной частоты позволяет оценить жесткость системы в целом. Полученные частоты не должны совпадать с собственными частотами колебаний других подсистем и внешних воздействий таких, как, например, частота возбуждающего воздействия от двигательной установки.

Для подобных изделий низшая собственная частота колебаний лежит в диапазоне 30-60 Гц. Отсюда вытекает требование по жесткости подсистем (отсеков, приборов и агрегатов): низшая собственная частота подсистемы рама с приборами более 60 Гц.

В работе восстановлена по чертежам подробная трехмерная модель рамы. Приборы выполнены в виде массово-габаритных макетов.

Жесткость приборов выбрана таким образом, чтобы не слишком увеличивать жесткость рамы (так как приборы жестко соединены с рамой), но в тоже время, чтобы собственные частоты колебаний приборов были относительно велики. Реальное крепление приборов к раме через кронштейны заменено идеальным контактом по всей поверхности прибора.

Собственные формы и частоты определяются, в том числе и граничными условиями закрепления системы «рама с приборами». При проведении модального анализа очень важным моментом является правильный выбор граничных условий. В случае абсолютно жесткого закрепления кронштейнов рамы собственные частоты будут сильно завышены по сравнению с действительными. В работе будет решаться задача выбора граничных условий наиболее приближенных к реализованным в конструкции отсека.

Известно, что проведение экспериментальной отработки значительно дороже проведения расчетов. Проведение расчетов методом конечно-элементного моделирования позволяет сократить объем экспериментальной отработки.

### **Литература**

1. Басов К. А. Ansys в примерах и задачах. Компьютер Пресс, Москва, 2002.
2. Интерактивные пособия по ANSYS Workbench.



Секция 2. Аудитория №2

**РАЗРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

**Руководители секции** – специалисты ОАО «ВПК «НПО машиностроения»:  
**Куранов Евгений Геннадьевич**, к. т. н., 1-й заместитель начальника ЦКБМ, доцент кафедры СМ-2; **Фролов Александр Федорович**, к. т. н., Главный ведущий специалист дирекции космических систем НПОМ

2.1.

**МЕЖПЛАНЕТНЫЙ ПЕРЕЛЁТ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ  
НАУЧНОГО СПУТНИКА НА ОРБИТЕ ВЕНЕРЫ**

**Д.С. Бецис, В.К. Комиссаров, К.А. Коноплястый,  
Д.А. Оголихин, Д.А. Хуханов**

*- студенты 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Аэрокосмические системы» (СМ-2) факультета «Специальное машиностроение», e-mail: [kirkong92@yandex.ru](mailto:kirkong92@yandex.ru)  
Научный руководитель: Р.П. Симоньяни, к.т.н., доцент кафедры СМ-2*

Рассматриваются вопросы предварительного выбора проектных параметров космического аппарата (КА) для полёта к планете Венера. Анализируются целевые задачи, решаемые КА. Основное внимание направлено на обоснование выбора параметров КА, определяющих структуру и характеристики системы управления движением центра масс, управления ориентацией и стабилизации.

Целевое назначение аппарата и состав его бортового оборудования определяется сформулированной на основе изучения литературных источников концепцией проекта: КА создаётся для обеспечения возможности продолжения фундаментальных исследований Венеры. Такие исследования проводились во 2-й половине прошлого века.

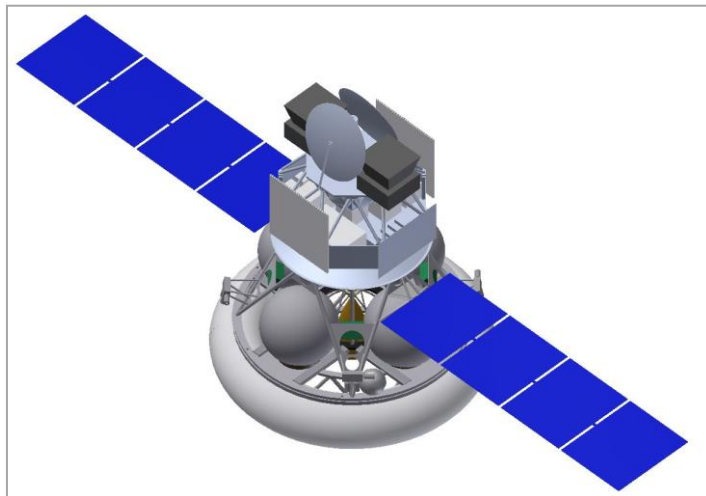
Впечатляющих успехов в тот период достигла отечественная наука. Накоплен большой объем информации о строении и составе атмосферы, о динамике атмосферных процессов и о характеристиках поверхности Венеры. Но многие вопросы остались не раскрытыми. Не нашли объяснения аномальная ротация атмосферы, гигантский парниковый эффект. Остались без ответа вопросы эволюции Венеры и др.

Выбор основных проектных параметров КА произведён на основе анализа вариантов как реализованных, так и планируемых проектов. Одним из прототипов служит КА «Венера Экспресс» («Venus Express»), запущенный в 2005 г. Европейским космическим агентством. Он выводился на орбиту с применением разгонного блока Фрегат.

На основе изучения характеристик приборов, решающих на борту КА научные задачи, определён соответствующий перечень минимально необходимого целевого и служебного оборудования. Сформулированы требования, обеспечивающие условия штатного его функционирования. Выполнен анализ массовых и габаритных параметров аппарата, удовлетворяющего требованиям нормального функционирования бортового оборудования. Выбраны параметры двигательной установки и запасы топлива.

Определён облик и параметры разгонного блока (рис.1). Он представляет собой верхнюю ступень ракеты-носителя и позволяет решать следующие задачи: - Переход головного блока с орбиты, формируемой ракетой-носителем, на опорную орбиту. - Пе-

реход КА с опорной орбиты на высокоэнергетические орбиты; - Управление ориентацией и стабилизацию головного блока; - Построение требуемой ориентации перед отделением КА; - отделение головного блока и КА.



**Рис.1. Общий вид проектируемого КА**

Выполнены оценочные расчёты инерционно-массовых характеристик КА в стартовом положении (на опорной орбите). Определена общая масса КА, положение центра масс и его изменения в полёте. Рассчитаны компоненты тензора инерции на различных этапах полёта. Определены значения возмущающих моментов и потребные значения управляющих моментов системы управления ориентацией и стабилизации.

Анализируются требования, предъявляемые научной и служебной аппаратурой КА к системе ориентации и стабилизации. Анализ выполнен для основных этапов полёта КА с учётом влияния на динамику внешних и внутренних возмущений.

Определён состав оборудования системы управления КА. В качестве датчиков первичной информации используются оптико-электронные приборы (астроприборы), определяющие угловое положение аппарата относительно звезд, Солнца, планет.

Выбранные параметры КА как объекта управления и значения выбранных характеристик системы служат основой для моделирования динамических процессов управления ориентацией и стабилизации. При этом осуществляется обоснованный выбор алгоритмов управления и их настроек.

Результаты моделирования позволяют уточнить затраты топлива на управление и внести коррекцию в инерционно-массовые характеристики КА. Коррекция характеристик приводит к необходимости повторного моделирования с уточнением настроек регулятора и самой математической модели.

### **Литература**

1. Венера-экспресс. Википедия – свободная энциклопедия. 2012. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Венера-экспресс> (Дата обращения 05.04.2014)
2. PLANET-C. Википедия – свободная энциклопедия. 2012. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/PLANET-C> (Дата обращения 05.04.2014)
3. Венера-Д: Российская миссия для комплексного исследования Венеры. Москва. 2012. URL: <http://www.myshared.ru/slide/168062/#> (Дата обращения 05.04.2014)

2.2.

## **ПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСТЕРОИДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЛИ**

**О.А. Коваль**

*студентка 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический  
факультет кафедра «Аэрокосмические системы» (СМ-2),  
e-mail: [ksushenka17@mail.ru](mailto:ksushenka17@mail.ru)*

*Научный руководитель: Е.И. Журавлёв, к.т.н., доцент кафедры СМ-2*

Проблема астероидно-кометной опасности (АКО) признаётся мировым сообществом. Ведутся теоретические исследования в отраслевых институтах, каталогизируются потенциально опасные объекты, определяются их траектории, параметры их орбит. Рассматриваются различные способы противостояния угрозе из космоса. Основные из них: взрыв, кинетический удар, лазерное воздействие, солнечный парус, сублимация. Универсальным методом воздействия считается использование ядерного взрыва.

В нашей стране была создана экспертная группа по проблеме АКО, в которую вошли научно-исследовательские институты, университеты и машиностроительные предприятия. Представителями этой группы регулярно проводятся семинары и конференции, на которых обсуждаются различные теоретические вопросы. Например, химический состав астероидов, способы воздействия ядерных устройств на потенциально опасный объект и другие. Но на данном этапе остаётся незавершённым вопрос проектирования космического аппарата, который обеспечит защиту Земли в случае приближающейся опасности.

В работе представлено проектное предложение космического аппарата, приведён его блочный состав, выполнена компоновка приборов и агрегатов, описана технология изготовления составляющих его частей, проведён сравнительный анализ характеристик возможных средств выведения данного аппарата на опорную орбиту.

Для выполнения основных задач в конструкции космического аппарата предусмотрено три отсека: отсек служебных систем, переходной отсек и отсек полезной нагрузки. В циклограмме полёта несколько этапов. (1) Выведение на опорную орбиту с помощью перспективной РН. (2) Перелёт КА с опорной орбиты на рабочую орбиту с помощью плазменных двигателей. (3) Стабилизация аппарата в режиме ожидания на рабочей орбите. (3) Перелёт КА с рабочей орбиты к точке встречи с потенциально опасным объектом при помощи РДТТ.

Для упрощения компоновки и снижения массы, корпус аппарата выполняют в форме универсальной космической платформы. Она состоит из стержневого каркаса, обшитого сотовыми панелями. Система обеспечения теплового режима представлена теплопередающими трубами, которые состоят из корпуса, капиллярной системы и теплоносителя. Энергопитание обеспечивают три солнечных батареи, выполненные в виде раскрывающихся конструкций. Основное требование к их размещению – постоянная ориентация на Солнце, непопадание раскрытой батареи в зону обзора опико-электронных приборов и рабочие зоны антенн и двигателей.

Прогнозируемые результаты эффективности использования аппарата – обеспечение астероидной безопасности Земли путём изменения орбиты потенциально опасного объекта с помощью взрывного ядерного устройства.

2.3.

## **О ФОРМИРОВАНИИ ОБЛИКА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

**А.П. Тюрин**

*студент 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Аэрокосмические системы» (СМ-2) факультета «Специальное машиностроение»,  
e-mail: [cyberlis@inbox.ru](mailto:cyberlis@inbox.ru)  
Научный руководитель: Е.И. Журавлёв, к.т.н., доцент кафедры СМ-2 МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Транспортные космические корабли, разработанные в 60-70е годы прошлого столетия, требуют качественного изменения конструкции и комплекса бортовых систем кораблей. Возникли новые концепции в формировании их облика. Реализация этих концепций позволит улучшить эксплуатационные характеристики и существенно снизить затраты на обслуживание космических транспортных систем.

При формировании технического задания на разработку многофазового космического аппарата необходимо рассматривать ряд условий: - Диапазон наклонов обслуживаемых орбит. - Высоту реализуемых орбит. - Численность экипажа. Массу транспортируемого груза. - Систему аварийного спасения экипажа (САС) на всех стадиях выведения. - Длительность автономного полета. - Точность посадки. - Снижение перегрузок на этапе спуска. - Кратность использования. - Частота использования. - Использование РН с экологически чистым видом топлива. - Удовлетворение требованиям заказчика.

МКА самолетного типа в наибольшей степени соответствует условиям комфортности спуска в атмосфере. Посадка на аэродром исключает привлечение поисково-спасательных служб. Аэродинамические характеристики такого КА обеспечивают возможность широкого атмосферного маневра для максимального снижения скорости аппарата. При штатной посадке, приземление может осуществляться на запасной аэродром.

Отдельно рассматривается вопрос теплозащиты космического аппарата. На самом теплонапряженном участке полета, спуске, используется 3 вида многофазовой тепловой защиты. Такое разделение обеспечивает снижение массы и повышение эффективности всей конструкции.

При самолетной посадке предусматривается шасси, которые располагаются в нишах фюзеляжа и укрываются от теплового потока специальными люками. Крышки люков также покрыты тепловой защитой и откидываются при посадке. Для дополнительного торможения на посадочной полосе предусматриваются тормозные парашюты.

Система аварийного спасения представляет собой переходный отсек между ракетой-носителем и КА. Снаружи отсека крепятся РДТТ. Их использование в системах аварийного спасения обусловлено высокими требованиями к надежности и быстродействию системы. В случае аварии на старте, система аварийного спасения уводит МКА в сторону от эпицентра взрыва. Затем срабатывает парашютная система, которая обеспечивает безопасное приземление МКА.

2.4.

## **ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА КОСМИЧЕСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА НА ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЙ ОРБИТЕ**

**М.Е. Илюшина**

*студент 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический*

*факультет кафедра «Аэрокосмические системы»*

*e-mail: [ily-mariya@mail.ru](mailto:ily-mariya@mail.ru)*

*Научный руководитель: В.М. Пожалов, начальник сектора НПОМ*

Космический радиотелескоп (КРТ) предназначен для проведения фундаментальных астрофизических исследований в радиодиапазоне электромагнитного спектра. Аппарат движется по гелиоцентрической круговой орбите с радиусом 160 миллионов км.

В полет КРТ подвергается неравномерным по поверхности и переменным по времени внешним и внутренним тепловым нагрузкам. Повышение температуры корпуса, элементов конструкции и внутренней среды аппарата может привести к перегреву приборов и к выходу их из строя. Поэтому необходимы специальные системы обеспечения теплового режима (СОТР).

СОТР – совокупность специальных средств, обеспечивающих допустимую температуру всех частей конструкции, бортовых систем, приборного оборудования, необходимую для нормального функционирования изделия.

Цель работы – анализ функционирования и оценка проектных параметров СОТР негерметичного отсека космического радиотелескопа, движущегося по гелиоцентрической орбите. Основываясь на анализе внешней тепловой нагрузки на орбите аппарата с учётом внутреннего тепловыделения аппаратуры, выбрана СОТР пассивного типа.

Основным принципом функционирования СОТР пассивного типа является естественный процесс передачи тепловой мощности от участков аппарата с максимальными температурами к участкам с минимальными температурами и сброса этой мощности в холодное космическое пространство путём теплового излучения. В состав СОТР входят набор аксиальных тепловых труб, радиационные теплообменники, датчики температуры, экранно-вакуумная теплоизоляция.

Рациональная конфигурация излучателя и другие параметры СОТР определены исходя из компоновки приборов, тепловых нагрузок и геометрии КРТ.

Расчет температур конструкции КРТ и его элементов проводится методом тепловых балансов, для чего аппарат разбивается на отдельные изотермические узлы, или методом конечных элементов (МКЭ).

В результате работы спроектирована СОТР, обеспечивающая функционирование КРТ на гелиоцентрической орбите.

2.5.

## ВОЗВРАЩАЕМАЯ БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ КАПСУЛА

С.В. Малышев

студент 6 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Аэрокосмические системы» (СМ-2),

e-mail: [smockva@gmail.com](mailto:smockva@gmail.com)

Научный руководитель: Е.И. Журавлёв, к.т.н., доцент кафедры СМ-2

Рассматривается задача проектирования системы бесперебойной доставки груза на орбитальную станцию, и оперативный возврат на Землю результатов проведённых на орбите работ. Поставленную задачу можно решить с помощью возвращаемой баллистической капсулы с парашютным спуском.

Выполнен проект капсулы для доставки груза 250 кг. Для заданных исходных данных найдены геометрические размеры спускаемой капсулы: диаметр 0,79 м, длина 1,5 м. Скорость спуска на основном парашюте 8 м/с. Проведён баллистический и аэродинамический расчёты, определены её тепловые режимы на атмосферном участке спуска.

Общий вид представлен на рис.1, где обозначено: 1. Притупленная носовая часть. 2. Передний конус. 3. Задний конус. 4. Стык теплозащитного покрытия. 5. Центр давления. 6. Центр масс.

Возвращаемая баллистическая капсула может рассматриваться как один из наиболее важных элементов орбитальных автономных малоразмерных аппаратов для проведения достаточно многообразных научно-исследовательских работ в космосе с высокой экономической эффективностью.

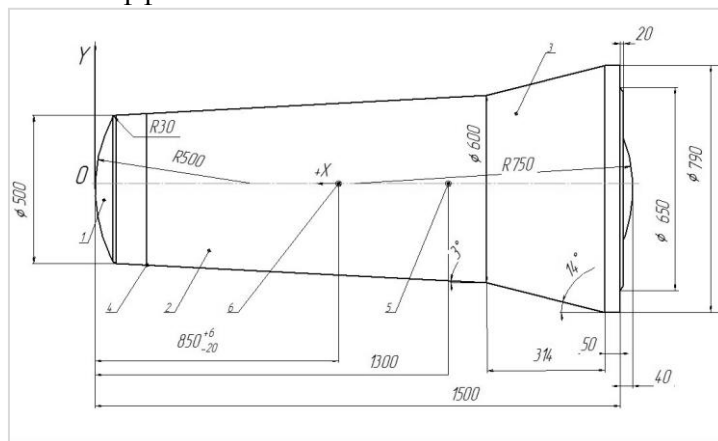


Рис.1. Общий вид аппарата

### Литература

1. История РКК “Энергия” с 1946 по 2011 год. Том первый 1946-1996г.
2. Панкратов Б.М. Основы проектирования летательных аппаратов — М.: Машиностроение, 1985 —360 с.
3. Mir // Encyclopedia Astronautica: [Сайт]. URL: <http://www.astronautix.com/project/mir.htm> (Дата обращения 05.03.14).

2.6.

## ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

**А.В. Рыбнов**

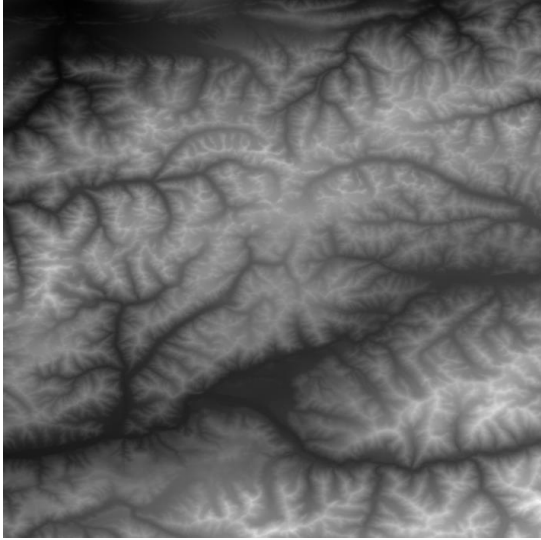
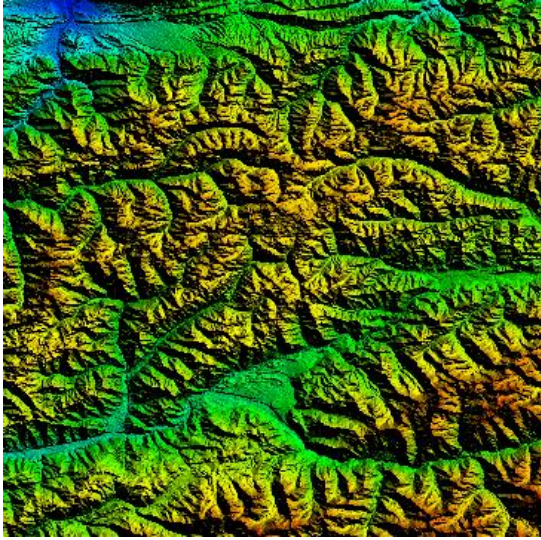
*студент 4 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Компьютерные системы и сети» (ИУ-6),  
e-mail: [ryban92@gmail.com](mailto:ryban92@gmail.com)  
Научный руководитель: О.Ю. Ерёмин, к.т.н., асс. кафедры ИУ-6*

Трехмерная визуализация данных, полученных с помощью различных методов ДЗЗ, позволяет смоделировать процессы, связанные с локацией объектов и их перемещением, и наглядно продемонстрировать результаты моделирования.

В качестве примера исходных данных взята модель ASTER GDEM – Глобальная Цифровая Модель Рельефа, полученная с помощью Усовершенствованного Спутникового Радиометра Теплового Излучения и Отражения (размер фрагмента –  $1^\circ \times 1^\circ$  градус земной поверхности с разрешением  $3601 \times 3601$  точек).

В качестве графического API используется OpenGL, как наиболее распространенный кроссплатформенный программный интерфейс, независимый от языка программирования.

Приведены примеры обработки данных ASTER GDEM различными программами:

<p>a) IrfanView</p> 	<p>б) Global Mapper</p> 
<p><b>Рис. 1. Представление данных ASTER GDEM программой IrfanView</b></p>	<p><b>Рис. 2. Представление данных ASTER GDEM программой Global Mapper</b></p>

Ускорить обработку данных и рендеринг изображений предлагается с помощью OpenCL (фреймворк для написания компьютерных программ, связанных с параллельными вычислениями на различных графических и центральных процессорах).

2.7.

## ТЕХНОЛОГИЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ

А.О. Малыгин<sup>(1)</sup>, Р.С. Одеров<sup>(2)</sup>, С.А. Серко<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>аспирант, <sup>(2)</sup>студенты 5 курса СПбГУ, математико-механический факультет, каф. «Системное программирование»,  
e-mail: [carbon2320@gmail.com](mailto:carbon2320@gmail.com)

Научные руководители: А.Н. Терехов - доктор физ.-мат. наук  
М.В. Баклановский - старший преподаватель

В работе говорится о решении проблемы безопасной работы с документами различного уровня конфиденциальности на одной физической машине.

Подход основан на виртуализации рабочей среды, что сокращает риски потери данных из-за различных угроз.

Разрабатываемая система сможет учитывать физическую организацию окружающей среды, в которой она будет функционировать. Решение подразумевает работу приложений в изолированных средах.

В рамках этой концепции, разрабатывается решение, позволяющее запускать множество виртуальных машин с необходимыми приложениями в удаленном облаке.

Используются новые методы доставки приложений по протоколу X11, с учетом текущей концепции и доработанного X-клиента для Windows OS (рис. 1). Это позволит реализовать, так называемый, тонкий клиент, который сможет работать с разными ОС.

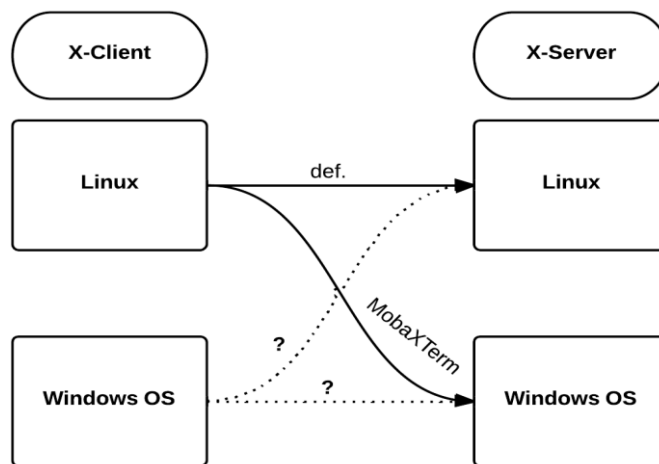


Рис. 1. Реализованные решения передачи окна по протоколу X11

Реализация такого X-клиента для Windows OS, позволит работать с разными типами приложений, запущенных на разных операционных системах, например, таких как Windows 3.1, Windows XP, Windows 7, Windows 8. (рис.2).

Отмечены исследования в области политики концепций безопасности, как для отдельных файлов, так и для пользователей использующих эту систему [1 - 12].

Также рассматриваются способы редупликации виртуальных образов, которые позволят эффективно расходовать память системы в целом.



Начато построение тестовой системы, сделаны первые шаги в сторону предоставления пользователю возможности работы с защищенными приложениями.

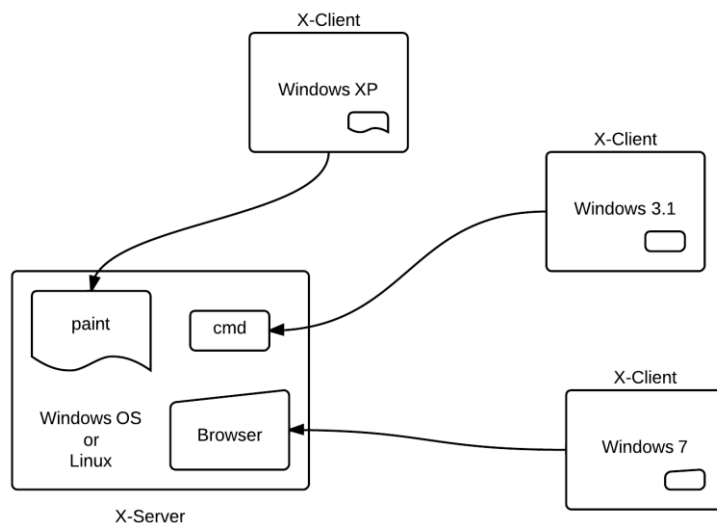


Рис. 2: Демонстрация тонкого клиента и отображения приложений с разных ОС.

### Литература

1. А.О Малыгин, Разработка и реализация X-Client для ОС Windows // 4-я всероссийская научная конференция по проблемам информатики “ СПИСОК 2013” СПбГУ, Мат-Мех, 2013г.
2. Р.С. Одеров, С.А. Серко, Отказоустойчивая виртуализация на основе гипервизора Xen, // Сборник трудов научно-практической конференции "Актуальные проблемы организации и технологии защиты информации", СПбНИУ ИТМО, 2012г.
3. Технология одновременной безопасной обработки данных разных уровней секретности (MCD), М.В. Баклановский, А.О. Малыгин, Р.С. Одеров, С.А. Серко (СПбГУ) // Материалы секции 22, XXXVIII Академические чтения по космонавтике, с 651-652, <http://www.ihst.ru/~akm/38t22.pdf>, 2014г.
4. Data Deduplication, why when where and how?, Fellows, Russ(Evaluator Group, Inc.)
5. Integrity considerations for secure computer systems, Prepared for DEPUTY FOR COMMAND AND MANAGEMENT SYSTEMS, ELECTRONIC SYSTEMS DIVISION, AIR FORCE SYSTEMS COMMAND. Hanscom Air Force Base, Bedford, Massachusetts, April 1977
6. Mutual exclusion of roles as a means of implementing Separation of Duty in RBAC systems, D.Richard Kuhn, 1997
7. Matunda Nyanchama, Sylvia Osborn, Access rights administration in Role-Based Security Systems,. The dep. of CS, The University of Western Ontario, 1994
8. Sadekhi Cubaleska , Access Control Fundamentals, 2009 год, [http://www.trust.rub.de/media/ei/lehrrmaterialien/232/OSS\\_chap3.pdf](http://www.trust.rub.de/media/ei/lehrrmaterialien/232/OSS_chap3.pdf)
9. Sylvia Osborn ,Configuring Role-Based Access Control to Enforce Mandatory and Discretionary Access Control Policies, The University of Western Ontario; RAVI SANDHU and QAMAR MUNAWER, George Mason University. 2000 yr.
10. Secure Computer Systems: Mathematical Foundations by D. Elliott Bell and Leonard J. LaPadula, 1 March 1973 // MITRE Technical Report 2547, Volume I.
11. Windows application programming interfaces, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ff818516\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ff818516(v=vs.85).aspx)
12. X.Org Foundation (or X.Org for short), <http://www.x.org>

Секция 3. Аудитория №3

**ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛА И КА**

**Руководители секции** – специалисты ОАО «ВПК «НПО машиностроения»:  
**Маслов Александр Иванович**, д.т.н., заместитель руководителя СМК НПОМ,  
 профессор кафедры ИУ-1; **Крайнюков Владимир Ильич**, к.т.н., начальник  
 отдела НПОМ, доцент кафедры СМ-2

3.1.

**ПЛАТФОРМА СТЮАРТА КАК СРЕДСТВО ПОЛУНАТУРНОГО  
 МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЁТА БАРАЖИРУЮЩЕЙ КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ**

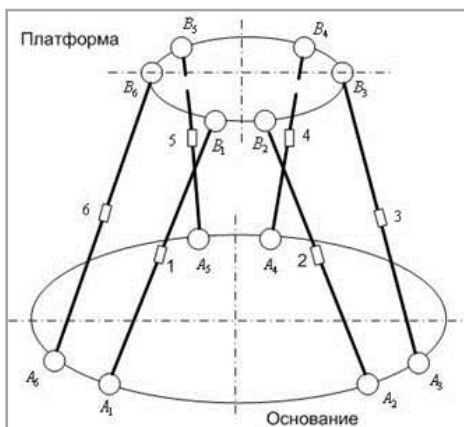
**С.Ф. Бельский, И.Л. Клёнов**

*студенты 6 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический  
 факультет, кафедра «Системы автоматического управления» (ИУ-1) фа-  
 культета «Информатика и системы управления»,  
 e-mail: [kljonov\\_bmstu@mail.ru](mailto:kljonov_bmstu@mail.ru)  
 Научный руководитель: Ю.Н. Жигулевцев, к.т.н., доцент кафедры ИУ-1*

Барражирующая крылатая ракета (БКР) – автономное управляемое ракетное ору-  
 жие с аэродинамическим качеством (барражировать – патрулировать по определённомu  
 маршруту). Ракета выполняет разведывательные функции. Основная её задача – раз-  
 ведка предварительно указанного в полётном задании района и последующая передача  
 данных на базовый корабль.

Одной из проблем разработки системы управления (СУ) БКР, является контроль и  
 верификация корректности заложенных в СУ алгоритмов управления. Проверить  
 функциональность и параметры СУ в лётных экспериментах не всегда возможно. По-  
 этому при создании системы навигации и стабилизации важную роль играет матема-  
 тическое и полунатурное моделирование [1 – 4].

Полунатурное моделирование выполняют на специальных стендах. Авторами был  
 создан демонстрационный макет стенда полунатурного моделирования. Основным  
 компонентом стенда является платформа Гью-Стюарта (платформа имеет три враща-  
 тельных и три поступательных степени свободы, рис. 1). У неё шесть независимых ног  
 на шарнирных соединениях. Верхнее основание служит платформой для крепления СУ.  
 Угловое положение платформы задаётся относительно базовой системы координат.



**Рис. 1. Принципиальная схема платформы Гью-Стюарта**

С изменением длины ног происходят повороты и смещения платформы. Требуемая для задания выбранного положения платформы длина ног вычисляется методами теоретической механики.

В разработанной конструкции применена модифицированная схема, в которой ноги выполнены в виде жёстких стержней неизменной длины. Используется более сложная, многосвязная кинематическая схема. Для изменения положения используются электроприводы, расположенные в нижних шарнирах. Это позволяет облегчить и удешевить конструкцию, однако, создало ряд новых проблем. В частности, потребовалась переработка математического аппарата.

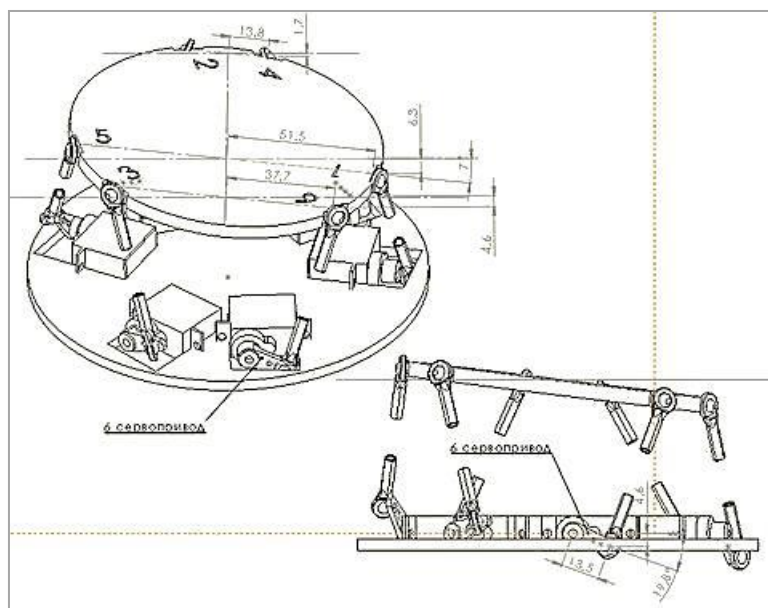


Рис. 2. Конструктивная схема платформы Гью-Стюарта с жёсткими ногами (стержни не показаны)

Управляющие приводы изменяют (попарно) расстояния между нижними и верхними шарнирами платформы. Промежуточные звенья кинематической цепи, не управляемые напрямую приводами, под действием внешних сил и моментов занимают единственно допустимое для них положение. С использованием методов обратной кинематики найдены зависимости, описывающие связь углового положения штоков выходных валов приводов с положениями промежуточных звеньев, стержней ног и верхней платформы.

Демонстрационный макет стенда полунатурного моделирования успешно прошёл испытания. Исследованы его характеристики и усовершенствованы алгоритмы.

### Литература

1. Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф. Пространственные механизмы параллельной структуры. – М. Наука, 1991. – 94 с.
2. Parallel mechanisms information center [Электронный ресурс]. (<http://www.parallemic.org/> дата обращения 27.03.14).
3. Волкоморов С.В., Каганов Ю.Т., Карпенко А.П. Моделирование и оптимизация некоторых параллельных механизмов. – Информационные технологии, Приложение, 2010, – с. 1-32.
4. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами. – Издательство: Высшая школа, 2003. – 302 с.

3.2.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.С. Захаров<sup>1</sup>, Ю.С. Пахомов<sup>2</sup>

*Студенты Аэрокосмического факультета, <sup>1</sup> 6 курс и <sup>2</sup> 4 курс, кафедра «Вычислительная математика и математическая физика» (ФН-11) факультета «Фундаментальные науки» МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Научный руководитель: И.К. Краснов, к.т.н., доцент кафедры ФН-11*

При разработке систем тепловой диагностики сложных объектов важную роль играет математическое моделирование. Для обеспечения повышенной точности численных экспериментов необходима адекватная математическая модель процесса теплопроводности, учитывающая тепловое излучение [1 - 4].

Рассматривается модель, учитывающая тепловое излучение в диффузно-сером приближении, а так же представлена методика учета теплового излучения при использовании численного метода конечных элементов.

Приведены результаты расчетов сложной трехслойной ячеистой структуры при использовании обеих методик и проведено их сравнение. Сделан вывод о целесообразности использования модели, учитывающей тепловое излучение.

### Литература

1. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов.— Пер. с англ.— М.: Мир, 1979. – 392 с.
2. Румянцев А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности: Учебное пособие/ Изд. 3-е, перераб. – Российский государственный университет им. И. Канта. – Калининград, 2010. – 95 с.
3. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. – Теплообмен излучением: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
4. Зигель Р., Хауэлл Дж. – Теплообмен излучением – М.: Мир, 1975. – 935 с.

3.3.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УЧЁТА БУМАЖНОЙ  
КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПРИНЦИПОВ УПОРЯДОЧЕНИЯ**

**В. А. Борк, А. В. Никитин<sup>1</sup>, А. В. Хохлов<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> -студенты 3 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Компьютерные системы и сети» факультета «Информатика и системы управления»; <sup>2</sup> –инженер НПОМ  
e-mail: [yvs@npomit.ru](mailto:yvs@npomit.ru)*

*Научный руководитель: В.В. Скоробатюк, зам. нач. ЦКБМ НПОМ*

Одним из основных видов продукции головного предприятия ОАО «ВПК «НПО машиностроения» (Московская обл., г. Реутов) (далее – предприятия) является конструкторская документация (КД). С ростом объёма выпускаемой КД увеличивается время обработки запросов пользователей в отделе технической документации. Для формирования предложений по совершенствованию методов учёта бумажной КД нами был проведён анализ существующей системы учёта.

При работе с бумажными карточками учёта КД регулярно возникают проблемы двух видов: 1 - карточка по ошибке была помещена не в свой ящик; 2 - карточка по ошибке была помещена не на своё место в ящике. Измерения показывают, что даже для изделий простой структуры, до 1 % от общего количества карточек учёта с данным обозначением изделия может находиться не на своём месте.

Это увеличивает время поиска карточек при получении или внесении сведений о сданных конструкторских документах. Например, для внимательного просмотра одного картотечного ящика ёмкостью 1 500 – 2 200 карточек и для упорядочения хранящихся в нём карточек требуется в среднем 40 минут. Такие потери времени неприемлемы.

Рассмотрены возможные способы устранения потерь времени на поиск и упорядочение бумажных карточек учёта КД, а также способы быстрого и точного выявления карточки, которая по ошибке была помещена не в свой ящик или не на своё место в ящике.

Изучены основные достоинства и недостатки различных способов модернизации системы учёта КД, а также различные способы маркировки бумажных карточек учёта КД, рассмотрены перспективы применения этих методов. Получена оценка достигаемого положительного эффекта, оценка сложности внедрения и проведён проектный расчёт срока окупаемости (для стоимостного выражения прямых затрат на маркировку бумажных карточек учёта КД).

В результате определён наиболее удачный способ поиска и упорядочения карточек, заключающийся в объединении двух способов маркировки: маркировка наклеиваемыми цветными элементами для старых карточек учёта КД и маркировка окрашиванием бумажной карточки для новых карточек учёта КД. С использованием данного способа был проведён эксперимент по маркировке карточек одной группы обозначений, который подтвердил предположения об его эффективности.

В работе сформированы предложения по дальнейшему развитию методов совершенствования учёта бумажных карточек КД, а также обоснована целесообразность постепенного перехода от неавтоматизированного учёта КД предприятия к автоматизированному.

### 3.4.

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ НАД УЛЬТРАГРАФАМИ

**Н.Л. Ничушкин, Ш.Н. Омаров**

- студенты 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет  
кафедра «Компьютерные системы и сети»(ИУ-6) факультета  
«Информатика и системы управления», e-mail: [nicknich@mail.ru](mailto:nicknich@mail.ru)  
Научный руководитель: В.А. Овчинников, д.т.н., профессор кафедры ИУ-6

Формальная постановка структурного анализ и синтеза сложных систем и их решение с использованием комбинаторных методов зависит, в первую очередь, от возможности получения адекватных математических моделей. Для формального представления структур сложных систем, как правило, используются графы.

Решение широкого круга задач проектирования сложных систем заключается в изменении их структур либо в определении соответствия компонентов двух систем или подсистем. Проектные операции преобразования объектов при представлении их структур графами, гипер- и ультраграфами должны реализовываться соответствующими операциями над графовыми моделями. Разработанные алгоритмы ориентированы на представление графов множествами вершин, рёбер и их образами и прообразами относительно предикатов инцидентности и смежности.

В работе выполнен анализ программ построения и визуализации графовых моделей и выявлены их недостатки. Основная масса программ представляет собой подобие графических редакторов, позволяет только строить визуальную модель, но никак не связанную с математической частью [1 - 5]. Среди существующих пакетов наиболее известными являются Графоанализатор [6], MaxFlow[7] и Graphviz [8]. Графоанализатор – среда для визуализации графов и обработки с применением различных алгоритмов, всего около 20 различных алгоритмов, с помощью программы можно решить множество прикладных задач.

Программный продукт MaxFlow предназначен для наглядного изучения и контроля правильности применения некоторых известных алгоритмов на орграфах. Пакет Graphviz – предназначен для визуализации графов. Выдает схему задаваемого графа.

Все вышеупомянутые программы имеют ряд недостатков от чрезмерной сложности интерфейса до несоответствия принятому графическому изображению графов. Поэтому актуальна разработка программного пакета, в котором исправлены важные для работы недостатки и осуществляются необходимые операции над графами, как визуально, так и аналитически. Для этого нужно реализовать программу с использованием соответствующих классов и операций над ними [5].

### Литература

1. Овчинников В.А. Операции над ультра- и гиперграфами для реализации процедур анализа и синтеза структур сложных систем: Наука и образование. Инженерное образование: Эл. науч. издание. – 2009. – № 11.
2. Овчинников В.А. Операции над ультра- и гиперграфами для реализации процедур анализа и синтеза структур сложных систем: Наука и образование. Инженерное образование: Эл. науч. издание. – 2009. – № 12.
3. Ахо А.В., Хопкрофт Д.Э., Ульман Д.Д. Структуры данных и алгоритмы: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003.

4. Овчинников В.А. Математические модели объектов задач структурного синтеза: Наука и образование. Инженерное образование: Эл. Науч. издание. – 2009. – №
5. Ничушкин Н.Л., Омаров Ш.Н., Овчинников В.А. Реализация операций над ультраграфами в среде Turbo Delphi. Современные компьютерные системы и технологии. Сборник кафедры «Компьютерные системы и сети» МГТУ им. Баумана. – 2013.
6. Графоанализатор. Режим доступа: <http://grafoanalizator.unick-soft.ru/> (дата обращения 27.03.14)
7. Maximum Flow. Режим доступа: <https://community.topcoder.com/tc?module=Static&d1=tutorials&d2=maxFlow> (дата обращения 27.03.14)
8. Graphviz. Режим доступа: <http://www.graphviz.org/> (дата обращения 27.03.14)

3.5.

## ИНТЕРАКТИВНАЯ ПОДСИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ЭНЕРГОБАЛАНСА СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Ю. Ю. Лохматов**

*- студент 4 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Компьютерные системы и сети» (ИУ-6) факультета «Информатика и системы управления», e-mail: [nicknich@mail.ru](mailto:nicknich@mail.ru)  
Научный руководитель: Т.Н. Ничушкина, к.т.н., доцент кафедры ИУ-6*

Расчет параметров системы генерации электроэнергии (СГЭ) основан на двух уравнениях: баланса мощности в каждый момент времени и уравнении баланса энергии за виток пути, совершаемый летательным аппаратом вокруг Земли. Из первого уравнения определяются необходимые мощность и площадь системы солнечных батарей (БС), а из второго - параметры зарядно-разрядного режима батарей химических аккумуляторов (БХА). СГЭ должна обеспечивать электропотребление нагрузки по заданной циклограмме в конце ресурса на орбите с максимальной затененностью

Целью рассматриваемой работы является проектирование интерактивной подсистемы, выполняющей автоматизированный расчет энергобаланса системы генерирования электроэнергии.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:  
- Определить элементы разработанной ранее программы, требующие автоматизации.  
- Выбрать оптимальный графический интерфейс с учетом особенностей выбранных элементов.  
- Разработать программное обеспечение (ПО), реализующее выбранный графический интерфейс и автоматизирующее выделенные элементы.

После анализа разработанной ранее программы, было решено автоматизировать полный расчет параметров СГЭ, т.е. выполнять расчеты по всему диапазону изменения значений углов между нормалью к плоскости орбиты и направлением на Солнце и углов крена за одно включение программы. Для этого необходимо задать шаг изменения углов, а программа сама, с учетом введенных критериев, будет подставлять их в каждый расчет, выполнять расчеты и формировать результаты в виде текстовых файлов, рассортированных в соответствующие значениям углов папки.

После выбора элементов автоматизации было решено выполнить графический интерфейс в виде трех окон: окна просмотра и редактирования исходных данных, окна ввода критериев расчета и окна вывода результатов. В окне просмотра исходных данных должен загружаться текстовый файл исходных данных, что даст возможность пользователю изменять их в процессе работы, чего не было в программе аналоге.

В окне ввода критериев будут отображаться одновременно все критерии, что даст возможность вводить их в любом порядке, править при необходимости уже введенные. При вводе должна выполняться проверка вводимых критериев, что позволит вовремя исправить ошибку. Здесь же будет определяться, какой именно будет расчет – однократный или по всему диапазону углов ню и крена. Если будет выбран расчет по всему диапазону углов, то необходимо будет предусмотреть шаг изменения углов ню и крена.

В окне вывода результатов будут выводиться файлы, полученные при однократном расчете. Кроме того, именно здесь будет предусмотрен вывод окна сообщения об ошибках, которое даст возможность определить удачно ли прошли однократный расчет или расчеты по всему диапазону углов ню и крена.



Для разработки был выбран объектный подход. Из кода программы аналога были выбраны те части кода, которые выполняли считывание исходных данных, расчет и запись результатов в выходные файлы. Далее был создан объектный файл, объединяющий полученный код, который был разбит на смысловые части в виде процедур проектируемого объекта. Подключение созданного файла к коду разрабатываемого ПО, упростило проектирование программы и позволило работать только над автоматизацией и интерфейсом, не меняя исходный код расчетов. Такой подход к разработке дал возможность сохранить математическую модель расчетов неизменной.

Выбрана итерационная схемы разработки. Это дало возможность на каждой итерации разработки получать работоспособный прототип, необходимый для проверки правильности расчетов.

Тестирование подсистемы выполнялось по методу функционального тестирования («черный ящик»). В соответствии с этим подходом, в программу загружались исходные данные и критерии расчета и анализировались выходные данные. Выходные данные сравнивались с данными, полученными в программе аналоге при тех же исходных данных и критериях.

В результате была реализована подсистема, позволяющая проводить полный расчет по всему диапазону углов. Полученная подсистема имеет гибкий и удобный графический интерфейс, оптимизированный с учетом сокращения времени работы по расчету. Пользователь в любой момент времени имеет доступ ко всем данным, может изменять данные и критерии расчета. Интерфейс ориентирован на предметную область и, поэтому, хорошо понятен пользователю. Кроме того, в нем реализована справочная система в виде большого количества необходимых подсказок.

Как показали пробные запуски подсистемы, время выполнения одного полного расчета существенно сократилось. В программе аналоге один простой полный расчет выполнялся около двух часов, в то время как в разработанной подсистеме это время сократилось до 19 секунд. Кроме того, в результате автоматизации сократилось число возможных ошибок, допускаемых оператором при длительном вводе однотипных данных.

В дальнейшие планы по развитию ПО входит усовершенствование математической модели путем добавления в нее расчетов СГЭ для комбинированных БС, состоящих из разнотипных фотоэлектрических преобразователях (ФЭП).

## **Литература**

1. Подбельский В.В. Язык С++: Учеб. пособие. - 5-е издание – М.: Финансы и статистика, 2003. – 650с.
2. Шлее М. Qt4.5 Профессиональное программирование на С++. – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 896с.
3. Иванова Г.С. Технология программирования: учебник – М.: КНОРУС, 2011. – 336 с.

3.6.

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРЕДЛОЖЕНИЕ  
ПО КОМПЛЕКТАЦИИ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ  
ПИРОСРЕДСТВ ДАТЧИКАМИ БЫСТРОПЕРЕМЕННОГО ДАВЛЕНИЯ**

**А.С. Зверев**

*- студент 3 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Компьютерные системы и сети» факультета «Информатика и системы управления»;*  
*Научный руководитель: А. В. Воеводин, инженер 1 категории ЦКБМ НПОМ, e-mail: [vvs@npomit.ru](mailto:vvs@npomit.ru)*

Рассматривается система управления и регистрации параметров лаборатории пиротехнических систем исследовательского отдела НПО машиностроения.

Состав подсистемы измерения давления: - Датчики избыточного давления ЛХ-412 для измерений низких давлений (до 600 атм). - Датчики избыточного давления Вт-212 для измерений высоких давлений (до 900 атм). - Преобразователи сигнала Вт-5509. - Преобразователь АЦП L-780, установленный в ПЭВМ.

Этот вариант компоновки системы представляется не рациональным поскольку: - датчики ЛХ-412 в настоящее время не производятся; датчики Вт-212 и преобразователи Вт 5509 в настоящее время производятся, однако имеют высокую стоимость.

Поставлена задача проанализировать требования к системе измерения давления, проанализировать характеристики представленных на российском рынке и подобрать оптимальную конфигурацию системы измерений давления для данных условий. Из рассмотрения исключен преобразователь АЦП L-780, поскольку по характеристикам он почти не отличается от других АЦП, но широко применяется в отделе.

На основе анализа характеристик представленных на российском рынке датчиков и преобразователей, сделан вывод: По ключевым параметрам (частотный диапазон, основная погрешность, цена) в диапазоне измерений 400...1000 *атм* выделяются датчики PS02-01 с преобразователем Zet 440. Однако этот типа датчиков накладывает ограничения на длину кабельной сети ( $\leq 3$ м), что требует её перестройки.

При переходе на новый тип датчиков возможна замена аналого-цифрового преобразователя L-780 на крейтовую систему измерений LTR с установленными модулями LTR 11 (для измерений) и LTR 43 (для выдачи команд на подрыв) того же производителя. Технические характеристики L-780 и LTR 11 примерно одинаковы, но заменой достигается более точные измерения:  $\pm 10B$ ; входной диапазон L-780 -  $\pm 5B$ ; LTR 11 -  $\pm 10B$ .

Окончательный вывод сформулирован так: целесообразно применять два типа датчиков для работы на разных диапазонах давления (до 400 *атм* – РПГ 08, выше 400 *атм* – PS02-01 с преобразователем Zet 440). Целесообразно заменить аналого-цифровой преобразователь L-780 на крейтовую систему измерений LTR с установленными модулями LTR 11 и LTR 43, переработав схему заземления и коммутации сигналов.

При этом диапазон измерений расширяется с 0 ... 1250 *атм* до 0... 2500 *атм*. Частотный диапазон расширяется с 200 *Гц* до 20000 *Гц*. Основная погрешность понижается с 1,1% до 0,5%. Цена за комплект, обеспечивающий четыре канала измерений, понижается на 33%. Уменьшается срок поставки, улучшается обратная связь с производителем, повышается качество технической поддержки.

Полученные результаты показывают, что предлагаемые изменения системы, существенно улучшат характеристики измерений давления.

3.7.

## ДАТЧИК ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**К.И. Федорко**

- студент 3 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, кафедра «Компьютерные системы и сети» факультета «Специальное машиностроение»; e-mail: [konstantin-fedorko@yandex.ru](mailto:konstantin-fedorko@yandex.ru)  
Научный руководитель: А. В. Воеводин, инженер 1 категории ЦКБМ НПОМ, e-mail: [yvs@npomit.ru](mailto:yvs@npomit.ru)

В настоящее время при проведении испытаний в вакуумных камерах создают условия идентичные условиям космического полета. Испытываемый объект облучают потоком, идентичным космическим лучам, и наблюдают за изменениями его характеристик. Одним из важнейших параметров облучения является плотность теплового потока, которая падает на испытываемый объект от имитатора Солнца.

В вакуумных камерах проводят испытания при низких температурах (-150°С... - 200°С), при которых датчики теплового потока выходят из строя. После нахождения в таких условиях рабочая поверхность изменяет свои свойства и функции. Поэтому важной проблемой является сохранение в рабочем состоянии датчиков. Необходимо разработать датчик, который будет работать после долгого нахождения в криогенной зоне.

Предлагается датчик, принцип работы которого основан на теплопроводности металлов. Необходимо использовать металлическую пластину со сравнительно низким коэффициентом теплопроводности, приклеить по обе ее стороны датчики термосопротивления и определить разность температур (рис.1).

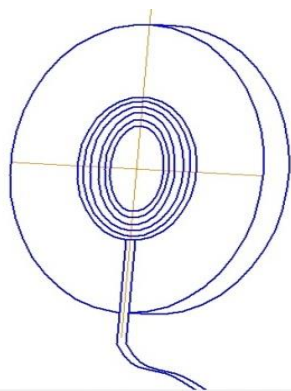


Рис.1. Вариант ДТП

Тогда количество тепла, которое поступает на пластину:

$$Q = \frac{\lambda}{d \cdot \Delta T} [Дж],$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $d$  - ширина пластины,  $\Delta T$  - разность температур между двумя сторонами пластины.

Плотность теплового потока можно найти, зная площадь поверхности  $q = \frac{Q}{S}$ , где  $S$  - площадь поверхности пластины.

Коэффициент теплопроводности материала датчика меняется в зависимости от температуры:

$$\lambda = \frac{\pi^2 n \cdot k \cdot l}{3m \cdot V_f} \cdot T, \quad V_f = \sqrt{\frac{2 \cdot E_f}{m}}, \quad l = (\sqrt{2} \cdot n_1 \cdot \sigma)^{-1},$$

$$\sigma(T) = \pi \cdot d_{eq}^2 \cdot \left(1 + \frac{T^*}{T}\right), \quad T^* = \frac{2E_m}{k},$$

где  $n$  - концентрация свободных электронов,  $k$  - постоянная Больцмана,  $m$  - масса электрона,  $l$  - длина свободного пробега электронов,  $V_f$  - скорость движения электронов, соответствующая энергии Ферми,  $n_1$  - числовая плотность (число молекул газа в единице объёма),  $\sigma$  - эффективное сечение соударения (ЭСС) молекул,  $d_{eq}$  - равновесное расстояние между молекулами,  $T^*$ ,  $E_m$  - глубина потенциальной ямы, выраженная в единицах температуры и энергии соответственно,  $k$  - постоянная Больцмана.

Составим систему из двух уравнений:  $I^* = f(T)$  и  $\lambda = f(T)$ . В результате получаем зависимость плотности теплового потока от температуры:

$$q(T) = \frac{\pi \cdot n \cdot k \cdot T}{3\sqrt{2} \cdot n_1 \cdot m \cdot d \cdot V_f \cdot d_{eq}^2 \cdot \left(1 + \frac{T^*}{T}\right)}$$

Материал пластины должен иметь низкий коэффициент теплопроводности. Пластину целесообразнее сделать из материала Сталь 40. Все параметры системы являются табличными величинами.

Предлагаемый датчик позволит проводить измерения при низких температурах и давлениях, что даст возможность получать значения плотности теплового потока при испытаниях в вакуумных камерах с приемлемой точностью.

### Литература:

1. Данилова Н.П. Расчет приводов БС на условие тепловакуумных испытаний // Исследовательские материалы. - М.: 2009.
2. Крутов В.И. Теплотехника // Учебник. - М.: Машиностроение. 1986 г., С. 86-92.

**СВЕДЕНИЯ О СТУДЕНТАХ –  
– АВТОРАХ РАБОТ**

<b>№ n/n</b>	<b>Ф.И.О.</b>		<b>Секция – № доклада</b>
1.	Андропова <i>Александра Глебовна</i>	АК2-41, отличница 1, 2 и 3 семестров, стажер НПОМ, выпускница гимназии №4 в Лыткарино М.О. Ей назначена повышенная стипендия за достижения в спортивной деятельности	1-4
2.	Бельский <i>Сергей Федорович</i>	АК4-121, отличник 11 семестра, выпускник школы №2 г. Бронницы с серебряной медалью.	3-1
3.	Бецис <i>Димитрий Станиславович</i>	АК1-101, отличник 9 семестра, стажер НПОМ, выпускник школы №1924 г. Москвы.	2-1
4.	Богданов <i>Илья Олегович</i>	АК3-101, отличник всех 9 семестров, именной стипендиат Президента РФ, стажер НПОМ, выпускник школы №1008 Москвы с золотой медалью.	Пленарный доклад
5.	Борк <i>Варвара Антоновна</i>	АК5-41, выпускница лицея в г. Железнодорожный с серебряной медалью	3-3
6.	Гордин <i>Ярослав Денисович</i>	АК2-61, отличник 2, 3, 4 и 5 семестров, стажер НПОМ, выпускник школы г. Кирова, проживает в общежитии НПОМ.	1-6
7.	Захаров <i>Александр Сергеевич</i>	АК3-121, выпускник школы №216 Москвы	3-1
8.	Зверев <i>Азиз Святославович</i>	АК2-61, стажер НПОМ, выпускник школы №1173 г. Москвы	3-6
9.	Илюшина <i>Мария Евгеньевна</i>	АК1-101, стажер НПОМ, выпускница школы №7 Реутова с золотой медалью. Именная стипендиатка Правительства Москвы в весеннем семестре 2013/2014 учебного года. Отличница 1, 3, 4, 6, 7, 8 и 9 семестров,	2-4
10.	Калиненкова <i>Алина Олеговна</i>	АК2-81, стажер НПОМ, выпускница средней школы г. Мытищи.	1-7
11.	Клёнов <i>Иван Леонидович</i>	АК4-121, стажер НПОМ, выпускник лицея №1501 г. Москвы, отличник 6, 8, 9, 10 и 11 семестров	1-3, 3-1
12.	Коваль <i>Оксана Александровна</i>	АК1-101, отличница 7 и 9 семестров, стажер НПО, выпускница школы №15 г. Гуково Ростовской области с золотой медалью, проживает в общежитии НПОМ.	2-2

13.	Комиссаров <i>Валерий Константинович</i>	АК1-101, стажер НПОМ, выпускник лица №1502 г. Москвы.	2-1
14.	Коноплястый <i>Кирилл Андреевич</i>	АК1-101, стажер НПОМ, выпускник лица №2 г. Павловский посад.	2-1
15.	Лохматов <i>Юрий Юрьевич</i>	АК5-81, стажер НПОМ, выпускник средней школы г. Ногинска.	3-5
16.	Малыгин <i>Алексей Олегович</i>	Аспирант 1-го года, Санкт-Петербургский Государственный Университет, математико-механический факультет, кафедра «Системного программирования»	2-7
17.	Мальшев <i>Сергей Владимирович</i>	АК1-121, стажер НПОМ, выпускник школы №799 г. Москвы, отличник 9 и 11 семестров	2-5
18.	Никитин <i>Андрей Васильевич</i>	АК5-61, отличник 4 семестра, стажер НПОМ, выпускник лица №1502 г. Москвы, отличник 4 семестра	3-3
19.	Ничушкин <i>Николай Львович</i>	АК5-101, стажер НПОМ, выпускник школы №6 г. Реутов, отличник 5, 6, 7, 8 и 9 семестров.	3-4
20.	Оголихин <i>Дмитрий Альбертович</i>	АК1-101, стажер НПОМ, выпускник школы №18 г. Павловский посад	2-1
21.	Омаров <i>Шамиль Назимович</i>	АК5-101, отличник 8 и 9 семестров, стажер НПОМ, выпускник школы №375 г. Москвы с серебряной медалью	3-4
22.	Павлов <i>Арсений Михайлович</i>	СМ1- 102, факультет “Специальное машиностроение”	1-4
23.	Пахомов <i>Юлий Сергеевич</i>	АК3-81, стажер НПОМ, выпускник школы №891 г. Москвы	3-1
24.	Прошин <i>Дмитрий Игоревич</i>	АК4-121, выпускник школы №1056 г. Москвы с золотой медалью	1-5
25.	Рыбнов <i>Андрей Вячеславович</i>	АК5-81, выпускник гимназии №4 в Лыткарино М.О.	2-6
26.	Титков <i>Иван Павлович</i>	АК4-101, стажер НПОМ, выпускник гимназии №9 г. Железнодорожный, отличник 7 и 9 семестров	1-2
27.	Тюрин <i>Андрей Павлович</i>	АК1-101, стажер НПОМ, выпускник школы №402 г. Москвы	2-3
28.	Федорко <i>Константин Игоревич</i>	АК2-61, стажер НПОМ, выпускник лица №1581 г. Москвы.	3-7
29.	Хохлов <i>Александр Владимирович</i>	Выпускник АКФ (каф. ИУ-6), инженер НПО	3-3
30.	Хуханов <i>Дмитрий Алексеевич</i>	АК1-101, стажер НПОМ, отличник 7 и 9 семестров, выпускник лица №14 г. Электро-сталь	2-1

***Научное издание***

Научные материалы  
Студенческой научно-технической конференции  
Аэрокосмического факультета МГТУ им Н.Э Баумана  
к 100-летию со дня рождения  
академика В.Н. Челомея.  
15 апреля 2014 год,  
Реутов

Ответственный редактор  
*Симоньянц Р.П.*

Компьютерная верстка  
*Курков М.А.*

Подписано в печать 13.05.2014  
Формат 60x90/16. Усл. п. л. 3,10  
Тираж 300 экз.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Типография ОАО «ВПК «НПО машиностроения»

ISBN 978-5-7038-3977-5