

Студенческая
научно-техническая конференция
Аэрокосмического факультета
МГТУ им. Н.Э. Баумана
при НПО машиностроения
23 мая 2001 г.



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
и комментарии

Москва
МГТУ имени Н.Э. Баумана
2001



**Генеральный конструктор,
Генеральный директор
НПО машиностроения
Г.А. Ефремов
учредил именные стипендии
студентам
Аэрокосмического факультета
за достижения в учебе
и научно-производственной
деятельности
в НПО машиностроения.
В 2001 году первые 13 студентов
удостоены этой стипендии.**



**Союз ученых и инженеров
имени академика В.Н. Челомея
учреждает премии
и именные стипендии
молодым ученым и студентам
за достижения
в научно-техническом
творчестве.
Вице-президент Союза
Челомей-Талызина Е.В. –
– гость Студенческой
научно-технической
конференции Аэрокосмического
факультета 23.05.2001г.**

УДК 629.78
ББК 39.53
С 88

С88 Студенческая научно-техническая конференция Аэрокосмического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана при НПО машиностроения: Тезисы докладов и комментарии. /Под редакцией Симоньянца Р.П. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2001. – с., ил.

ISBN

Сборник содержит краткие описания научных работ студентов Аэрокосмического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана, выполненных в 2000/2001 учебном году в области проектирования летательных аппаратов, теории колебаний, динамики упругих конструкций, механики полета и управления КЛА, математического моделирования, компьютерных технологий и информационных систем.

Приведены комментарии руководителей научных работ. Отражена связь работ с непрерывной научно-производственной практикой студентов в НПО машиностроения.

**УДК 629.78
ББК 39.53**

Под редакцией
декана факультета
канд.техн. наук, доцента
Симоньянца Р.П.

Компьютерная верстка
Куркова М.А.

107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.
Телефоны: 307-05-90, 528-63-38

143952, Московская область, г. Реутов,
ул. Гагарина, 33

ISBN

© Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана, Аэрокосмический факультет, 2001

О работе СНТК Аэрокосмического факультета 23 мая 2001 г.



Студенческая научно-техническая конференция Аэрокосмического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана при НПО машиностроения, состоявшаяся 23 мая с.г., собрала, как обычно, большое число студентов, преподавателей и сотрудников предприятия. Для студентов, представляющими свои работы, очень важно знать мнение старших коллег, специалистов. Поэтому невозможно переоценить участие в работе конференции крупных ученых, конструкторов, разработчиков новой техники. К студентам пришли и приняли участие в обсуждении докладов Генеральный конструктор, генеральный директор НПО машиностроения, Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственной премий, профессор Ефремов Г.А.; Первый заместитель Генерального директора, лауреат Государственной премии, доцент Хромушкин А.В.; заместитель Генерального конструктора, лауреат Ленинской и Государственной премий, доцент Модестов В.А.; лауреат Государственной премии, профессор Епифановский И.С.; ведущие специалисты и руководители структурных подразделений предприятия – лауреат Государственной премии, доцент Туманов А.В.; лауреат Государственной премии, профессор Ильичев А.В.; доцент Бондаренко Л.А.; доцент Плавник Г.Г. и др. Поддержать авторов работ пришли практически все научные руководители как из числа специалистов предприятия, так и из числа преподавателей МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Активное участие в работе конференции приняли преподаватели выпускающих кафедр ФН-2 и СМ-2. Кафедру ФН-2 «Прикладная математика» представляли: заведующий кафедрой, Заслуженный деятель науки РФ, профессор Зарубин В.С., профессора Димитриенко Ю.И., Димитриенко А.Н., Попов Б.Г. и доценты Алехнович В.И., Тимофеев В.Н.. Кафедру СМ-2 «Аэрокосмические системы» представляли: заведующий кафедрой, профессор Тушев О.Н. и доценты Зеленцов В.В., Грибков В.А., Щеглов Г.А.

Ни один преподаватель выпускающих кафедр ИУ-1 «Системы автоматического управления» и ИУ-6 «Компьютерные системы и сети» в работе конференции участия не принял. Если для кафедры ИУ-1 это - удивительное исключение, то для ИУ-6, к сожалению, - стабильное правило.

Среди гостей конференции вице-президент Союза ученых и инженеров имени академика В.Н. Челомея Челомей-Талызина Е.В.; директор этого Союза, профессор Талызин В.Н.; ветеран предприятия, член бюро Ассоциации космонавтики России Шехоян А.С..



С вступительным словом перед собравшимися выступил Генеральный директор НПО машиностроения Ефремов Г.А.. Он сказал:

Конференция наша - очередная, по счету уже четырнадцатая. Она – событие и для НПО машиностроения, и для МГТУ имени Н.Э. Баумана. И это - крайне важно! Ведь мы, совместно ведем и учебный, научно-производственный процессы.

Я приветствую наших студентов, готовящихся стать инженерами. Приветствую наших ученых и специалистов, принимающих участие как в учебном

процессе, так и в руководстве научно-технической деятельностью студентов. Понимаю и очень ценю то, что на сегодняшней конференции представлены серьезные работы, представлены результаты глубоких изысканий и исследований, без которых не бывает серьезного творчества.

Нам важно и то, что конференция стала традицией, и то, что ее уровень высок, а тематика разнообразна. Мы должны соответствовать требованиям сложившейся в НПО машиностроения инженерно-технической школы, школы академика Челомея Владимира Николаевича, создателя нашей организации. Её характеризуют два главных признака: прагматизм и высочайшей, мировой уровень выполнения работ.

Мы с вами работаем в области высоких технологий, технологий больших систем, технологий ракетно-космического комплекса. Это – база для развития других технологий. Поэтому так разнообразна тематика докладов на сегодняшней конференции.

Есть в программе и доклад, с которым хочу познакомиться отдельно: о системе освоения английского языка. Это также чрезвычайно важный вопрос. Ведь работая в сфере высоких технологий, нужно хорошо ориентироваться в том, что делается в мире; свободно общаться и с зарубежными коллегами.

Наши конференции – это смотр достижений, это общение, это отработка взаимодействий участников коллективного труда. Здесь есть возможность и себя показать, и сверить результаты. Это – прекрасный способ творческого общения, способ преподнесения своих достижений.

Можно заметить неравномерность тематического распределения докладов. Например, чрезвычайно высока доля работ, выполняемых под руководством Ю.И. Димитриенко. Это не плохо – направление важное. Понимаем, что это объясняется исключительной творческой активностью Юрия Ивановича (ведь он раньше работал в нашей организации и мы его хорошо знаем). Но и другие направления интересны и важны. Надеюсь, что на следующих конференциях они будут представлены более полно.

Конференции эти всегда отличались очень высоким уровнем. Это радует. Желающих принять участие в ее работе становится все больше. Следует подумать о переносе места ее проведения в более просторный зал.



Нужно охватить более широкий спектр тематических направлений. Включить в него и экономический блок, и юридический. Научных руководителей у нас вполне достаточно. Среди них много маститых ученых, особенно из МГТУ. Много и молодых, талантливых специалистов, недавних выпускников факультета.

Мы живем в условиях, когда у нас в стране уже десять лет практически не востребованы по-настоящему высокие технологии, не востребована прикладная наука, в непонятном состоянии академическая наука, в трудном положении вузовская наука. Тем не менее, в нашем многопрофильном предприятии с его разнообразной тематикой, мы считаем необходимым иметь все основные направления научных исследований. У нас появляется много новых направлений деятельности – от строительства до информационных технологий. Эти направления будут требовать своих исполнителей, своих исследователей.

Надеюсь, что многие из представленных на конференции работ найдут практическое применение на предприятии.

Желаю всем больших успехов!

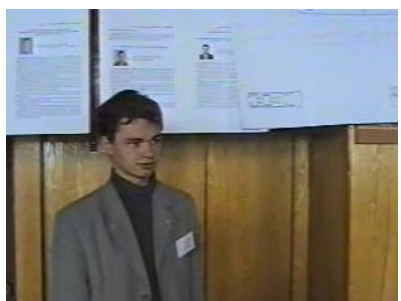
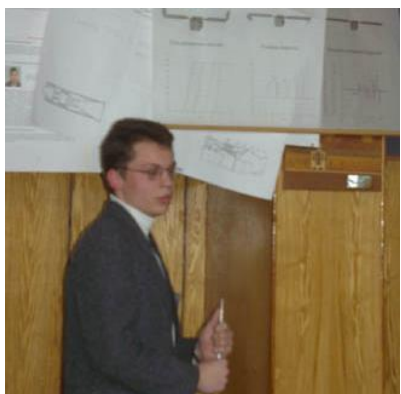
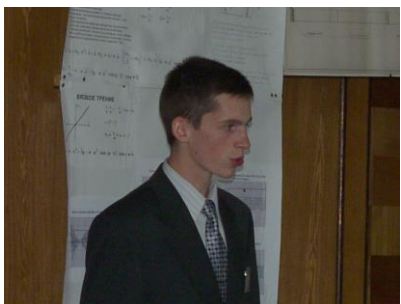


Затем выступила Челомей-Талызина Е.В., дочь академика В.Н. Челомея. Приветствуя студентов, преподавателей и специалистов предприятия, Евгения Владимировна сообщила, что тот Союз ученых и инженеров имени академика В.Н. Челомея, о котором впервые было заявлено на юбилее кафедры СМ-2, начал функционировать.

- Сейчас мы готовим очень интересный политехнический форум, - сказала Евгения Владимировна, - который будет проходить 23-25 ноября 2001 г. в Академии наук России. Помимо выставки, мы готовим большую научную конференцию. Приглашаю специалистов предприятия, преподавателей и студентов университета принять участие в организации этого форума. Мы также приняли решение, - сказала далее вице-президент Союза ученых и инженеров имени академика Челомея В.Н., - премировать лучшие научные работы студентов из представленных на этой конференции. Планируем, кроме того, учредить именные стипендии студентам. С нетерпением жду первых лауреатов и стипендиатов!

На конференции было представлено 33 доклада по пяти тематическим направлениям. Среди докладчиков были, как и в конференции 2000 года, студенты кафедры СМ-2, обучающиеся на факультете СМ. По направлению «Динамика и прочность» первым на конференции выступил именной стипендиат Правительства Российской Федерации, студент 7-го года обучения Цховребов Р.Г..

Комментируя работу Руслана профессор Тушев О.Н. отметил, что предложенный им модифицированный метод деформируемого многогранника при решении динамических задач большой размерности дает солидную экономию затрат машинного времени.

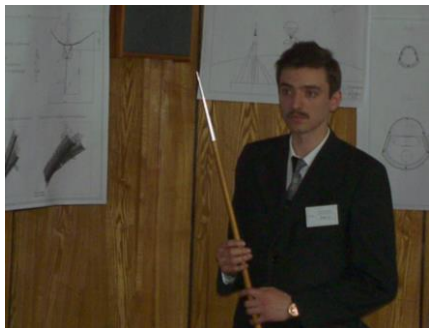


Две студенческие работы, выполненные под руководством доцента каф. СМ-2 Грибкова В.А., посвящены исследованию математической модели маятника В.Н. Челомея. Одна из работ выполнена студентами 4-го курса факультета СМ Санниковым И.В. и Якушевым А.Г., другая – студентами 5-го курса нашего факультета Авраменко А.Ю., Шубным П.В. и Волковой Ю.В.. Комментируя доклад, научный руководитель вместе со своими студентами продемонстрировал в зале физический эксперимент.

По направлению «Проектирование» было представлено 8 работ. Первая из них – работа именного стипендиата Ученого Совета МГТУ им. Н.Э. Баумана, студент 4-го курса (гр. АК2-81) Дмитрия Щукина. Его исследованиями по перспективам развития транспортно-пускового контейнера руководили специалисты предприятия Зинин С.В. и Натаров Б.Н.. Комментируя работу Б.Н. Натаров подчеркнул, что автором рассмотрена начальная фаза задачи, которая должна послужить платформой для построения методик оценки проектных решений. В этом её большое значение.

Именной стипендиат Генерального директора НПО машиностроения, студент 5-го курса (гр. АК2-101) Комолов А.В. доложил о выполненной под руководством начальника сектора 02-23-01 Сабирова Ю.Р. разработки модели для оценки работоспособности и выбора проектных параметров системы раскрытия солнечных батарей МКА. Автор успешно ответил на вопросы зала. А выступивший в комментариях руководитель дал исключительно высокую оценку полученным результатам и самому разработчику.

Под руководством доцента каф. СМ-2 Зеленцова В.В. студент 5-го курса (группа СМ2-101, факультет СМ) Пичугин О.Ю. разработал проект перспективного воздушно-космического самолета, стартующего с колес. А студент нашего факультета (группы АК1-101) Крылов В.А. разработал методику выбора для него комбинированной двигательной установки и расчета параметров гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя. Докладчику, Виталию Крылову, пришлось ответить на множество вопросов зала. Комментируя работы В.В. Зеленцов подчеркнул их оригинальность.



Оригинальную разработку солнечной тепловой энергоустановки представил студент 7-го года обучения кафедры СМ-2 Попов А.С.. Научный руководитель доцент Щеглов Г.А. дал высокую оценку работе. Им была представлена еще одна работа: проект студента 4-го курса СМ-2 Георгиева А.Ф. многоразового технологического космического аппарата. Автор и руководитель подчеркнули коммерческую целесообразность проекта.

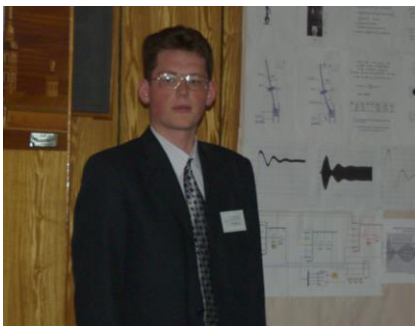
По направлению «Системы управления и информационные технологии» представлено восемь докладов. Студент 6-го курса (группа АК4-Д1) Лукьянов С.Л., удостоенный редкой (6 на всю Россию) именной стипендией имени инженера В.Г. Шухова, представил выполненную под руководством доцента каф. ИУ-1 Филимонова Н.Б. и ведущего инженера-конструктора отдела 04-32 Блесткина Ю.И. проект автоматизации стендовых испытаний. Комментируя работу, Юрий Иванович Блесткин подчеркнул исключительную ценность для предприятия этой работы.

Именной стипендиат Генерального директора НПО машиностроения, студент 2-го курса Степнев В.А., единственный представитель выпускающей кафедры ИУ-6, выполнил под руководством начальника отдела 06-91 Потапова В.П. работу «Модернизация испытательного комплекса релейно-коммутационных устройств».

Студент 7-го года обучения (каф. СМ2, АКФ) Асатуров С.М. под руководством Зеленцова В.В. исследовал возможность навигации ЛА по гравитационному и магнитному полю Земли. Автор и его научный руководитель дали оптимистическую оценку результатов.

Под руководством начальника сектора 04-04-15 Матвеева В.Ф. студенты 5-го курса (группы АК4-101) Иванян Г.О. и Чугунов Е.Е. на основе анализа существующих аналогов и последних достижений приборостроения разработали варианты гироскопической и астрогироскопической систем орбитальной ориентации малого космического аппарата. Научный руководитель отметил практическую значимость для предприятия выполненной студентами работы.

В области информационных технологий в этом году на конференции было представлено лишь три работы. Все они выполнены студентами кафедры ФН-2 «Прикладная математика». На конференции 2000-ого года таких работ было восемь. Из них лишь одна работа была выполнена студентом кафедры ИУ-6 «Компьютерные системы и сети» и то студентом первого курса.



Первая из информационно-технологических работ – работа студента 4-го курса (группа АК4-81) Булганина В.А. выполнена под руководством инженера отдела 11-04 Сагомонова Д.С., выпускника нашего факультета. Она посвящена проблеме оптимизации дискового пространства в базе данных. Вторая работа выполнена под руководством заместителя начальника отдела 11-04 Соболева А.В. студентом 4-го курса (группа АК3-81) Листаровым А.А.: Разработка средств построения интерфейса пользователя для ИС САПИЕНС®. В комментариях научный руководитель отметил, что выполненная студентом работа в составе новой версии ИС САПИЕНС демонстрировалась на проходившей в этом году в Ганновере выставке СЕВИТ 2001 и Ганноверской торгово-промышленной ярмарке. А.А. Соболев подчеркнул, что описанная технология позволяет значительно упростить и удешевить процесс внедрения системы.

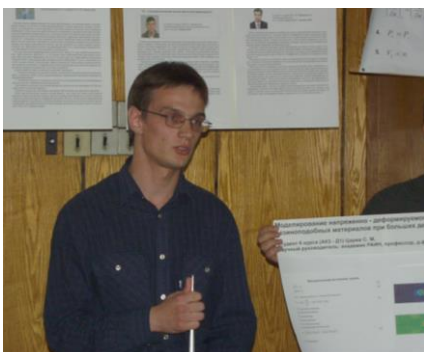
Работа студента 6-го курса Семенова О.И. «Разработка метода сжатия экспериментальных данных», выполнена под руководством доцента каф. ФН-2 Алехновича В.И., направлена на поиск перспективных методов обработки, сжатия и кодирования информации.

Комментируя работу студента научный руководитель подчеркнул, что это направление развития информационных технологий особенно актуально при высокоинтенсивном обмене большими массивами данных, например, при решении задач космической связи.

По направлению «Математическое моделирование» на конференции было представлено 10 работ студентов кафедры ФН-2.

Именной стипендиат Аэрокосмического факультета, студент 7-го года обучения (кафедра ФН-2, АКФ) Савченко А.А. представил выполненную под руководством начальника НИС отдела 02-27, доцента Котенева В.П. работу по численному исследованию сверхзвукового обтекания тел вязким газом. В комментариях научный руководитель отметил практическую значимость работы студента для НПО машиностроения.

Вопросом численного моделирования дозвукового трехмерного обтекания тел при безотрывном и отрывном режимах течения была посвящена работа студента 5-го курса (группа АК3-101) Корепанова А.С., выполненная под руководством доцента кафедры ФН-2 Тимофеева В.Н.. Научный руководитель отметил, что автор успешно справился с весьма трудоемкой задачей.

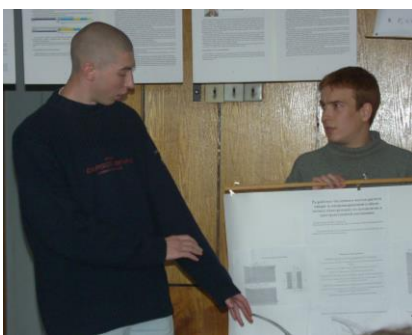


Великолепную семерку студенческих работ подготовил к конференции академик РАИН, профессор кафедры ФН-2 Димитриенко Ю.И.. Одну из них доложила именная стипендиатка Президента Российской Федерации Валентина Алексеева. Ею разработана математическая модель процессов фильтрации в повреждаемых пористых средах. Комментируя работу, Юрий Иванович заметил, что она возникла из промышленной практики и может быть названа классической. Задачу поиска оптимальных параметров технических установок гидрорасчленения пластов Алексеева В.А. сформулировала как математическую проблему и довела её решение до отлаженного программного комплекса. Неудивительно, сказал Димитриенко Ю.И., что результаты этой тщательно выполненной работы уже находят применение.

В работе именной стипендиатки Генерального директора НПО машиностроения, студентки 6-го курса Рохлиной А.М. «Применение метода статистического моделирования для расчета надежности цилиндрической оболочки при случайных силовых воздействиях» под руководством Димитриенко Ю.И. разработан оригинальный подход к решению важной практической задачи. Работа студентки Рохлиной А.М., сказал в комментарии научный руководитель, весьма актуально и перспективна.

Комплексный характер носит работа студента-дипломника (группа АКЗ-Д1) Краснова А.В. «Конечноэлементное моделирование поведения тонкостенных конструкций летательных аппаратов из неметаллических аппаратов при механических и тепловых воздействиях». В ней, как сказал в комментариях научный руководитель Димитриенко Ю.И., сделана попытка одновременного учета сложного комплекса проблем. Необходимость в таком подходе возникла давно, но лишь сейчас, когда уровень вычислительных средств резко вырос, появилась возможность его реализации. Этим определяется ценность этой работы студента.

К одному из сложнейших классов задач вычислительной математики относится исследовательская работа студента-дипломника (группа АКЗ-Д1) Царева С.М. «Моделирование напряженно-деформируемого состояния конструкции из эластомерных резиноподобных материалов при больших деформациях». Научный руководитель Димитриенко Ю.И. отмечает, что разработанный в процессе длительной и напряженной работы вычислительный метод и программный комплекс Царева С.М. в результате тщательной проверки показал хорошие результаты.



В работе «Разработка численного метода микро- и макронапряжений в оболочечных конструкциях из композитов в пространственной постановке» студентом 6-го курса (группа АКЗ-Д1) Угодиным С.А. решается важная проблема компромиссного сочетания точности и затрат машинного времени вычислений при микро-структурном моделировании. Научный руководитель работы Димитриенко Ю.И. дает высокую оценку полученным студентом, доведенным до программного комплекса.



Моделированию пространственно-армированных композиционных материалов методом конечных элементов посвятил свою работу студент-дипломник Кашкаров А.И. (группа АКЗ-Д1). Эту важную для практики и математически сложную задачу студент решил, найдя экономичные и эффективные способы. Руководитель работу Димитриенко Ю.И. отмечает, что разработанный студентом Кашкаровым А.И. программный комплекс не уступает по эффективности лучшим коммерческим программами и, в то же время, содержит новый оригинальный подход в решении специализированной задачи – разработки автоматизированной системы проектирования новых композиционных материалов.



Исследованию сложных нелинейных динамических процессов в композиционных материалах при интенсивном нагреве излучением посвящена работа дипломника (группа АКЗ-Д1) Поваринцева К.В.. Студенту удалось найти решение связанной задачи внутреннего теплопереноса области с подвижными границами и задачи механики деформируемого многофазного тела. Научный руководитель Димитриенко Ю.И. в комментариях заметил, что разработанный студентом Поваринцевым К.В. программный комплекс по эффективности значительно превышает возможности существующих коммерческих комплексов и отличается мастерством программной реализации.



В разделе «Образование» студент 4-го курса (группа АКЗ-81) Брянский А.А. и его научный руководитель, старший преподаватель кафедры «Иностранные языки» Пашутина А.Ю., представили разработку адаптивной технологии изучения иностранных языков, внедренную в учебный процесс на Аэрокосмическом факультете. Основная цель разработанной программы факультатива английского языка – удовлетворение запросов студентов и базового предприятия, адаптация к реальным условиям их будущей инженерной деятельности.





Завершая обсуждение представленных на конференции студенческих работ, профессора Зарубин В.С., Тушев О.Н., Дмитриенко Ю.И., Попов Б.Г. выразили единодушное мнение, что уровень большинства из них чрезвычайно высок. Многие из них могут украсить самые взыскательные академические издания. Было высказано пожелание труды студентов Аэрокосмического факультета опубликовать отдельным изданием.

Декан Аэрокосмического факультета
Симоньянц Р.П.

I. Динамика и прочность.

1.1. Модифицированный метод деформируемого многогранника и эффективность его применения на примере расчета системы амортизации.



Студент 7-го года обучения
(факультет АК, каф. СМ-2) *Цховребов Р.Г.*
Научный руководитель:
д-р. техн. наук, профессор кафедры СМ-2 *Тушев О.Н.*

В процессе проектирования, а также на стадиях доводки и модернизации конструкции возникает необходимость оптимального выбора параметров. Проблема оптимизации обычно сводится к определению экстремума некоторой функции или функционала в ограниченной области. Вследствие большого разнообразия возникает необходимость выбора метода для решения конкретной задачи. Критериями такого выбора могут быть принципиальная возможность применения метода, число вычислительных операций и время их выполнения, простота программы и т.д.

Проведен сравнительный анализ различных групп методов оптимизации, оценена целесообразность их применения для решения задач, имеющих характерные особенности, определяющие эффективность применения той или иной стратегии решения. Подробно рассматривается один из методов нелинейного программирования – метод деформируемого многогранника (Нельдера-Мида). На основе базового метода деформируемого многогранника предложена модификация алгоритма поиска минимума целевой функции, позволяющая улучшить сходимость алгоритма.

Рассматриваемый метод имеет высокую эффективность для задач малой и средней размерности пространства поиска. Метод обладает некоторыми глобальными свойствами и способностью адаптировать поиск к конкретной топографии целевой функции. При всех достоинствах метода деформируемого многогранника существует недостаток, устранение или хотя бы ослабление которого значительно повышает эффективность метода. При определенных условиях происходит выполнение элементарных операций алгоритма – «сжатие» и «редукция». Это влечет за собой уменьшение размеров многогранника, а значит и замедление скорости сходимости. При неблагоприятном стечении обстоятельств серия редукций может, практически, исключить всякое существенное продвижение многогранника. Предложена новая вычислительная операция, названная «разворот». Суть ее заключается в том, что вместо уменьшения размеров многогранника вследствие сжатия или редукции, осуществляется поиск перспективного направления, и разворот многогранника в найденном направлении. И только в том случае если это не дало результатов, применяется сжатие и редукция. Введение модификации позволяет избежать нежелательной деформации многогранника и повышает адаптивность метода к топографии целевой функции.

Эффективность работы модифицированного алгоритма продемонстрирована на примере решения тестовой задачи. Заключается она в том, что необходимо выбрать характеристики амортизатора из условия минимума его габаритов, которые определяются относительными

перемещениями объекта по отношению к основанию, при ограничении на абсолютное ускорение объекта. Система представляет собой жесткую массу, закрепленную на гладком основании посредством амортизатора. Основание перемещается с заданным ускорением. Характеристики амортизатора определялись в классе кусочно-линейных кососимметричных функций. При этом абсциссы точек сопряжения участков считаются фиксированными, а варьируются только ординаты.

В результате расчета с применением модифицированного алгоритма определены скоростная и позиционная характеристики системы, обеспечивающие минимальные размеры амортизатора. Как показали результаты вычислений, модифицированный метод деформируемого многогранника при одинаковой точности определения экстремума, требует в 2-3 раза меньше вычислений целевой функции по сравнению с базовым алгоритмом Нельдера-Мида.

Эффективность алгоритма для задач оптимальной амортизации оказалась достаточно высокой, что позволяет использовать его для решения значительно более сложных задач.

Комментарии научного руководителя:



Предложена модификация метода деформируемого многогранника (Нельдера-Мида). Введением в алгоритм поиска дополнительной расчетной процедуры увеличена сходимость метода. Возросла способность адаптации поиска к топологии целевой функции. При использовании модифицированного метода требуется в 2-3 раза меньшее количество вычислений целевой функции. Для демонстрации работы алгоритма проведен расчет системы амортизации.

Для решения технических задач, с учетом их сложности и особенностей постановки, применение данного метода на практике весьма эффективно.

1.2. Уточненная математическая модель маятника Челомея



Студенты 4-го курса (СМ2-81) **Санников И.В.** и **Якушев А.Г.**

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент кафедры СМ 2 **Грибков В. А.**

Маятник Челомея, как известно, состоит из двух элементов: прямолинейного стержня и тела (ползуна) в форме цилиндра. Один конец стержня шарнирно оперт, второй свободен. Тело имеет возможность перемещаться вдоль стержня. Академик В.Н.Челомей показал в серии опытов, что маятник в перевернутом положении может быть устойчив, при этом ползун поднимается по стержню и занимает на нем некоторое стабильное положение. Эффект наблюдается при задании однокомпонентных синусоидальных высокочастотных колебаний точки подвеса маятника в направлении вертикали.

Цель данной работы состоит в оценке различных математических моделей движения маятника, созданных к настоящему времени, а также разработке новой модели, свободной от недостатков, присущих известным подходам. Проанализированы уравнения, предложенные В.Н.Челомеем, И.И.Блехманом, О.З.Малаховой, А.И.Мануйловым, А.В.Мовчаном и др. Отмечены особенности существующих моделей. Например, в работе И.И.Блехмана и О.З.Малаховой показано, что для наблюдения эффекта, необходимо выполнение одного из двух дополнительных условий: или вибрация оси маятника должна быть двухкомпонентной, или стержень должен быть упругим.

Наша гипотеза объяснения эффекта основана на использовании иной, чем в известных моделях схемы трения. До сих пор считали, что для описания скольжения ползуна по стержню следует использовать схему вязкого трения. Вязкое трение упрощает уравнения движения и их решение, однако, как удалось, показать при этом модель утрачивает существенное свойство, определяющее реализацию эффекта.

Предложенная в данной работе математическая модель учитывает взаимодействие ползуна и стержня по схеме сухого трения. Система уравнений становится существенно нелинейной из-за разрывной характеристики внешнего трения в системе «стержень ползун». Как показывают расчеты, именно поведение данной модели соответствует наблюдаемому в опытах эффекту.

Расчеты выполнялись по оригинальной программе численного интегрирования системы нелинейных уравнений методом Рунге-Кутты четвертого порядка на C++. Создание оригинальной программы объясняется необходимостью проведения объемного вычислительного эксперимента, а также потребностью иметь доступ в текст программы. Использование известных математических пакетов, как показали проверки, приводят к затратам времени на два порядка больше, чем оригинальная программа.

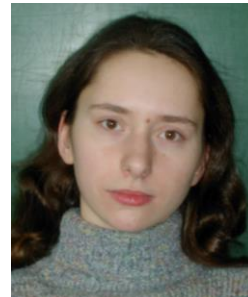
Выполненные с целью проверки адекватности новой математической модели эксперименты показали хорошее соответствие расчетных и экспериментальных результатов.

Комментарий научного руководителя:

В работе студентов Санникова И.В. и Якушева А.Г. предложена уточненная математическая модель маятника Челомея. Известно, что модель, приведенная В.Н.Челомеем в публикации 1983 года, не описывает устойчивого положения ползуна на стержне наблюдаемого в опыте (как бы в положении невесомости). Можно показать, что при использовании уравнений В.Н. Челомея, тело из положения внизу, у оси маятника, под действием вибрации поднимается вверх до ограничивающего верхний конец стержня упора. Применение для описания трения в паре «стержень-ползун» характеристики сухого трения кардинальным образом меняет поведение системы. В этом случае наблюдается соответствие эффекта в опыте и теории. Таким образом, студентам Санникову И.В. и Якушеву А.Г. удалось уточнить модель, созданную академиком В.Н. Челомеем.



1.3. Анализ математической модели маятника Челомея, предложенной Дж. Томсеном и Д. Черняком в 2000г.



Студенты 5-го курса (АК1-101) *Авраменко А.Ю., Шубный П.В. и Волкwa Ю.В.* (АК2-101)
 Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. СМ-2 *Грибков В.А.*

В последнее время появилось значительное количество публикаций, посвященных использованию высокочастотных вибраций для управления низкочастотными колебаниями (влиянием на равновесные положения и устойчивость, на частоту и амплитуду низкочастотных колебаний). Этой проблеме посвятили свои работы И. Блехман 1986, 2000, Д. Томсен 1996, 1999, 2000, Д. Иенсен 1998, 1999, Е. Миранда и Д. Томсен 1998, Д. Черняк и Д. Томсен 1998, Д. Черняк 2000 и др. Д. Томсен и Д. Черняк попытались использовать новые результаты для объяснения эффекта, описанного в свое время (1983 г.) академиком В.Н. Челомеем. Система, рассмотренная В.Н. Челомеем, впоследствии была названа маятником Челомея (описание маятника Челомея см. в данном сборнике в тезисах доклада И.В. Санникова и А.Г. Якушева).

Цель настоящей работы состоит в анализе разработанной Д. Томсеном и Д. Черняком новой (2000 г.) математической модели маятника Челомея. Особенность этой модели заключается в учете податливости (упругости) стержня маятника, а также отклонении параметрического возбуждения системы от вертикали при сохранении неизменными прочих элементов модели. Учет упругости стержня приводит к существенному усложнению модели маятника. Авторы упрощают задачу, ограничиваясь одночастотным приближением для изгибных колебаний стержня. Решение системы нелинейных уравнений получено методом прямого разделения движений Капицы-Блехмана.

Авторами переведена объемная статья (20 страниц), продублирован вывод уравнений, полученных Д. Томсеном и Д. Черняком (с целью проверки), выполнен анализ приведенных авторами расчетных и экспериментальных результатов. Оценена достоверность расчетных результатов.

Была численно проинтегрирована (на MatLab'e), как общая система нелинейных дифференциальных уравнений шестого порядка, так и усеченная система четвертого порядка. В первом случае получено хорошее совпадение расчетных результатов для рассмотренного в работе Д. Томсена и Д. Черняка маятника Челомея с параметрами системы № 2 (из статьи).

К недостаткам настоящей работы следует отнести отсутствие однозначного ответа на вопрос: является ли система, исследованная Томсеном и Черняком, маятником Челомея. В анализируемой работе показано, что учет упругости стержня приводит к появлению устойчивого положения равновесия у тела скользящего по обращенному стержневому маятнику. Однако, возможно, что система, продемонстрированная Челомеем, не имела тех параметров, которые необходимы для проявления упругости стержня. Экспериментальные результаты Д. Томсена и Д. Черняка не соответствуют результатам, наблюдаемым в опытах В.Н. Челомея. Так у В.Н. Челомея тело висит на высоте примерно равной половине стержня, а у Томсена и Черняка не поднимается выше 0.3 длины стержня (и в теории тоже).

Комментарий научного руководителя:

Студентами Авраменко А.Ю., Шубным П.В. и Волковой Ю.В. рассмотрена задача о динамической устойчивости маятника Челомея. Проанализированы материалы объемной публикации Д. Томсена и Д. Черняка по объяснению эффекта наблюдаемого в маятнике Челомея. Студенты самостоятельно освоили большое количество нового материала, повторили вывод уравнений из свежей научной публикации, произвели интегрирование достаточно сложной системы нелинейных дифференциальных уравнений.

Представляется убедительным мнение авторов работы об отсутствии доказательств адекватности маятника Челомея и системы рассмотренной Д. Томсеном и Д. Черняком. Предполагается дальнейшее развитие работы Авраменко А.Ю., Шубным П.В. и Волковой Ю.В. в направлении доработки теоретической модели эффекта, а также получения более широкого экспериментального его подтверждения.

1.4. Решение задачи на собственные значения методом минимизации функционала



Студент 5-го курса (СМ2-101) *Максимов К.Е.*
 Научный руководитель:
 доктор техн. наук, профессор каф. СМ-2 *Аринчев С.В.*

Рассматриваются неконсервативные динамические системы с парным взаимодействием степеней свободы. Парное взаимодействие степеней свободы имеет место в задачах аэроупругости, при продольных колебаниях жидкостных ракет, при колебаниях упругих управляемых конструкций. Известно, что расчет свободных колебаний таких систем сводится к алгебраической задаче на собственные значения для действительной несимметричной матрицы.

В настоящее время наибольшее распространение при решении таких задач на собственные значения получили, главным образом, метод “степенных итераций”, развитый В.Г. Буньковым и А.Ф. Минаевым, а также метод **Молера-Стьюарта**. Однако, в ряде конкретных задач скорость сходимости указанных численных процедур не всегда достаточно высока. В докладе рассматривается возможность использования **метода минимизации функционала** для уточнения полученных решений. Изложение идеи метода содержится в книге В.А. Светлицкого [1].

Суть метода заключается в следующем. На комплексной плоскости значений характеристического показателя задачи произвольно выбирается некоторая прямоугольная область. Эта область “накрывается” достаточно частой сеткой узлов. Производится сканирование, перебор узловых значений характеристического показателя. Для каждого узла вычисляется значение модуля комплексного определителя частотной матрицы. Исследуется рельеф полученной поверхности в указанной области. Определяются экстремумы поверхности. Точки экстремумов и являются искомыми собственными значениями зада-

чи. Таким образом, задача отыскания собственных значений сводится к задаче многоэкстремальной минимизации целевой функции на плоскости двух переменных.

Работа метода иллюстрируется на примере решения задачи аэроупругости для модели крыла малого удлинения в сверхзвуковом потоке. Для формирования матрицы инерции и матрицы жесткости системы использован метод «многочленов» [2]. Для моделирования аэродинамической нагрузки использована поршневая теория. Сравниваются решения соответствующей задачи на собственные значения, полученные методом минимизации функционала и методом Ньютона. Демонстрируется работа компьютерной программы.

Литература:

1. Светлицкий В.А. Механика стержней: часть 2, Динамика.-М.: Машиностроение, 1985 - 272 с.
2. Буньков В.Г. Расчет на флаттер крыла малого удлинения методом многочленов // Труды ЦАГИ.-1964.-Вып. 905.-С.53-83.

Комментарий научного руководителя:

Студент Максимов К.Е. рассмотрел возможность использования метода минимизации функционала для решения алгебраической задачи на собственные значения для действительной несимметричной матрицы. Им успешно проведена апробация метода для решения задачи об аэроупругих колебаниях крыла малого удлинения в сверхзвуковом потоке. Разработана компьютерная программа с наглядным графическим интерфейсом.

II. Проектирование.

2.1. Исследования и перспективы развития транспортно-пускового контейнера



Студент 4-го курса (АК2-81) *Жукин Д.А.*
Научный руководитель: начальник сект. 07-07-04 *Зинин С.В.*
Консультант: начальник НИЛ 01-07 *Натаров Б.Н.*

К вновь разрабатываемым образцам ракетной техники предъявляется ряд новых требований. Среди них: работоспособность в течение всего срока службы, минимальное время предстартовой подготовки, малый объем необходимых ремонтных и регламентных работ, простота хранения, технического обслуживания и подготовки к пуску. В настоящее время находит широкое применение транспортно-пусковой контейнер (ТПК).

В ходе выполнения работы проводился анализ ТКК, созданных в России, США, Италии, Франции, Норвегии. Качественное сравнение проводилось по многим параметрам: назначе-

ние, области применения, типы пусковых установок, конструкция, использованные материалы и прочее.

ТПК нашли применение для ракет самых различных классов и назначений во многих странах мира: от зенитных и противотанковых комплексов до межконтинентальных баллистических ракет и крылатых ракет различного назначения.

Применение ТПК с постоянным размещением ракеты внутри его герметичного корпуса с момента производства и до ее пуска позволяет удовлетворить этим требованиям. При постоянном размещении ракеты в ТПК облегчается транспортировка и хранение ракеты, снижается объем регламентных работ на месте эксплуатации и не требуется высокая квалификация обслуживающего персонала. Сложное обслуживание производится на специальных ремонтных базах.

В зависимости от условий эксплуатации, видов старта, типов пусковых установок (ПУ), к конструкции ТПК предъявляются различные требования; различаются и задачи, решаемые с помощью ТПК.

Иностранцами разработчиками создано и изготовлено множество типов различных конструкций ТПК: ТПК, унифицированные по носителям и системам вооружения; ТПК, всплывающие и остающиеся в ПУ для подводных носителей и некоторые другие конструкции.

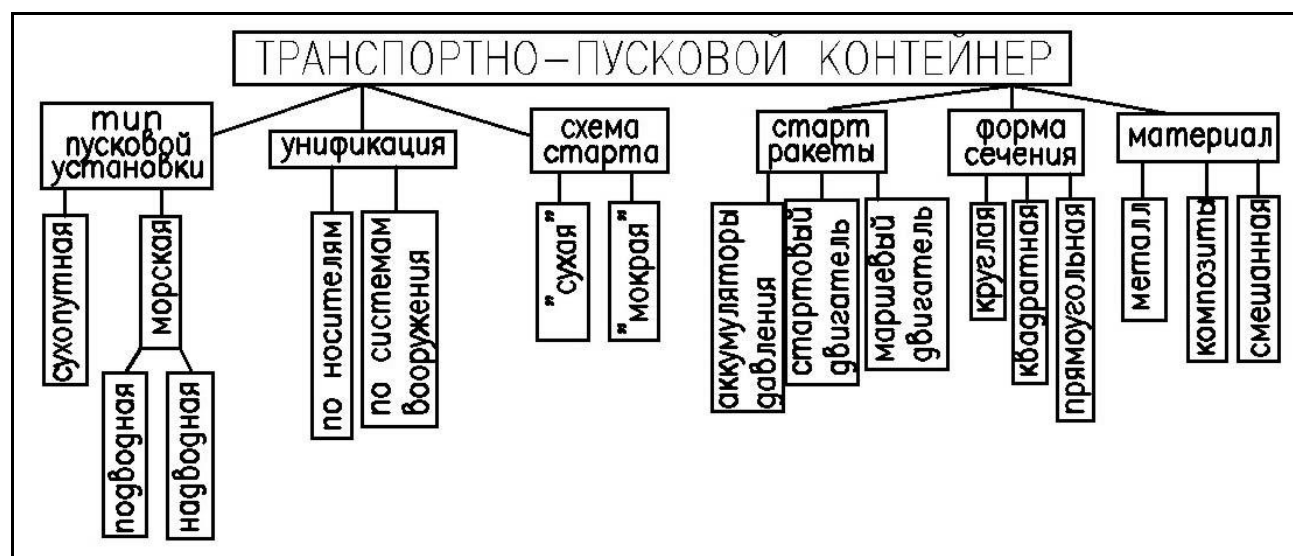


Рис. Классификация ТПК

На основе проведенного анализа существующих транспортно-пусковых контейнеров можно прогнозировать направления разработок. Это, например, создание многоразовых ТПК, разработка и внедрение в конструкцию новых композиционных материалов, создание новых конструкторских решений и методик использования.

Комментарий научного руководителя:



Изложенные в представленной работе исследования и перспективы развития транспортно-пусковых контейнеров отражают основные направления применения ТПК для различных видов вооружения.

Разработки ТПК НПО машиностроения подтверждают перспективность и целесообразность их использования для различных видов носителей ракетного вооружения.

2.2. Проектные исследования двигательных установок для воздушно-космического самолета



Студент 5-го курса (АК1-101) *Крылов В.А.*

Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. СМ-2 *Зеленцов В.В.*

В настоящей работе рассматриваются вопросы выбора комбинированной двигательной установки и методики расчета основных параметров гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя и для воздушно-космического самолета.

При использовании воздушно-космического самолета (ВКС) для вывода на низкие околоземные орбиты (300 км) грузов большой массы требуется использование как минимум трех типов двигательных установок (ДУ): турбореактивной ДУ (ТРД) на начальном участке полета, гиперзвуковой прямоточной воздушно-реактивной ДУ (ГПВРД) на участке набора самолетом скорости и жидкостной ракетной ДУ (ЖРД) на участке вывода аппарата на околоземную орбиту. Теоретически возможно использование на ВКС только ЖРД. Однако, в связи с тем, что максимальные значения удельных импульсов ЖРД во много раз меньше, чем у ГПВРД, а у поверхности земли ВКС придется преодолевать большие сопротивления, рациональным является применение на аппарате не только ЖРД, но и ТРД, и ГПВРД.

Для уменьшения массы и объема ВКС, при заданной полезной нагрузке аппарата, целесообразно использование комбинированной ДУ, состоящей из ТРД, ГПВРД и ЖРД в одном корпусе и, возможно, с совместными соплами. В проведенных исследованиях был сделан анализ ряда подобных комбинированных ДУ, предполагаемых к использованию различными отечественными и западными производителями. Кроме того, для снижения стартовой массы ВКС, предполагается дополнительно использовать установку для сбора и сжижения кислорода в полете в течение крейсерского участка полета.

В настоящее время в литературе нет методологии расчета основных проектных параметров ГПВРД. В настоящем исследовании метод расчета параметров сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя (СПВРД) переработан применительно к ГПВРД.

На основе полученных данных была выбрана рациональная конструкция комбинированной ДУ для проектируемого ВКС.

Комментарий научного руководителя:

Студентом Крыловым В.А. успешно была выполнена работа по исследованию двигательных установок для воздушно-космических самолетов (ВКС). Данная тема является продолжением серьезной научно-технической работы по разработке перспективного ВКС, сочетающего в себе много новых и переработанных старых идей, таких как старт и посадка самолета с колес на обычную взлетно-посадочную полосу для тяжелых бомбардировщиков, забор окислителя (кислорода) на борт самолета в полете с последующим его сжижением, рациональное использование комбинированной двигательной установки. Работа является следующим шагом в развитии темы создания и использования ВКС для вывода грузов большой массы на околоземные орбиты.



Данная тема является весьма и весьма перспективной, т.к. на сегодняшний день жидкостные ракетные двигатели давно достигли своих предельных характеристик, а увеличение полезной нагрузки уже имеющихся транспортно-космических систем, таких как “Протон”, “Space Shuttle”, “Гермес” не рационально. К сожалению, в литературе нет методологии расчета основных параметров гиперзвуковых воздушно-реактивных двигателей (ГПВРД), используемых на ВКС. Поэтому студентом была взята теория расчета сверхзвуковых воздушно-реактивных двигателей и успешно переложена на ГПВРД.

2.3. Разработка модели для оценки работоспособности и выбора проектных параметров системы раскрытия солнечных батарей МКА.



Студент 5-го курса (АК2-101) *Комолов А.В.*
Научный руководитель: начальник сект. отд. 02-23 *Сабиров Ю.Р.*

В данной работе рассмотрены вопросы построения имитационной модели системы раскрытия солнечных батарей (БС) малого космического аппарата (МКА). На основе полученной модели проведен анализ работоспособности системы и исследованы диапазоны допустимых изменений проектных параметров узлов конструкции (жесткости пружин раскрытия).

Основными требованиями, предъявляемыми к системе раскрытия солнечных батарей, являются: работоспособность в жестких условиях космического пространства, минимальные нагрузки на конструктивные элементы и обеспечение безаварийного раскрытия панелей БС.

В качестве расчетных случаев нагружения для проверки надежности системы раскрытия можно указать следующие: режим выведения КА РН, процесс раскрытия БС на орбите, угловое маневрирование крыльями раскрытых БС.

В работе рассмотрены процессы раскрытия и фиксации панелей солнечных батарей, так как именно в этом режиме на элементы конструкции и соединительные узлы действуют максимальные динамические нагрузки.

Исследования проводились с помощью программного комплекса автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем «Эйлер», позволяющего моделировать динамическое поведение механических систем с упругими связями.

В ходе работы над поставленной задачей были последовательно реализованы несколько расчетных схем, позволяющие поэлементно отработать все узлы конструкции системы раскрытия БС.

На данном этапе учтены характеристики узлов раскрытия и фиксации между панелями БС, упругость сетки, оснащенной фотоэлементами и гибкость каркаса панели.

Задача решается в двумерной (плоской) постановке. В дальнейшем планируется переход к пространственной схеме, которая позволит более подробно описать и исследовать поведение частей системы в процессе раскрытия.

На основе полученных результатов было сделано заключение о работоспособности предложенной конструкции системы раскрытия солнечных батарей. Также были определены границы допустимых значений жесткости пружин из условий безаварийного раскрытия панелей и величины нагрузок в узлах конструкции для последующего расчета на прочность.

Комментарий научного руководителя:



В данной работе представлены результаты построения расчетных схем для моделирования динамики раскрытия БС, как многокомпонентной системы тел, связанных как жесткими, так и упругими связями.

Целью построения расчетных схем являлось получение программы расчета параметров и выбор рабочих характеристик узлов системы раскрытия БС.

Основными достижениями в работе можно считать то, что впервые (в рамках НПО машиностроения) на основе детального анализа сложной конструкции БС и системы

раскрытия были разработаны модели, реализованные с помощью программного комплекса, позволяющие исследовать поведение системы тел включающей до нескольких сотен элементов.

Работа является актуальной для НПО машиностроения, а полученные результаты имеют ценное практическое значение, и будут использоваться в дальнейшем для отработки конструкции системы.

2.4. Разработка перспективного воздушно-космического самолета, стартующего с колес



Студент 5-го курса (СМ2-101) ***Пичугин О.Ю.***

Научный руководитель:

канд. техн. наук, доцент каф. СМ-2 ***Зеленцов В.В.***

Развитие космической техники поставило перед разработчиками транспортных систем ряд задач. Первая - обеспечение интенсивного грузопотока с Земли в космос. Вторая - спасение экипажа космической станции (корабля) в случае аварийной ситуации. Обе эти задачи можно решить с использованием воздушно-космического самолета, взлетающего с взлетно-посадочной полосы аэродрома и совершающего посадку на эту же полосу.

Предлагается воздушно-космический самолет (ВКС), имеющий стартовую массу 1000т, выводящий полезную нагрузку массой 10т. на орбиту Земли высотой 400 км в экваториальной плоскости. Самолет стартует с взлетно-посадочной полосы длиной 7,5 км. На эту же полосу он совершает посадку.

Проведены аэродинамический и баллистический расчеты ВКС. В результате объемно-массового анализа получены его геометрические размеры. Общий вид аппарата представлен на рисунке.

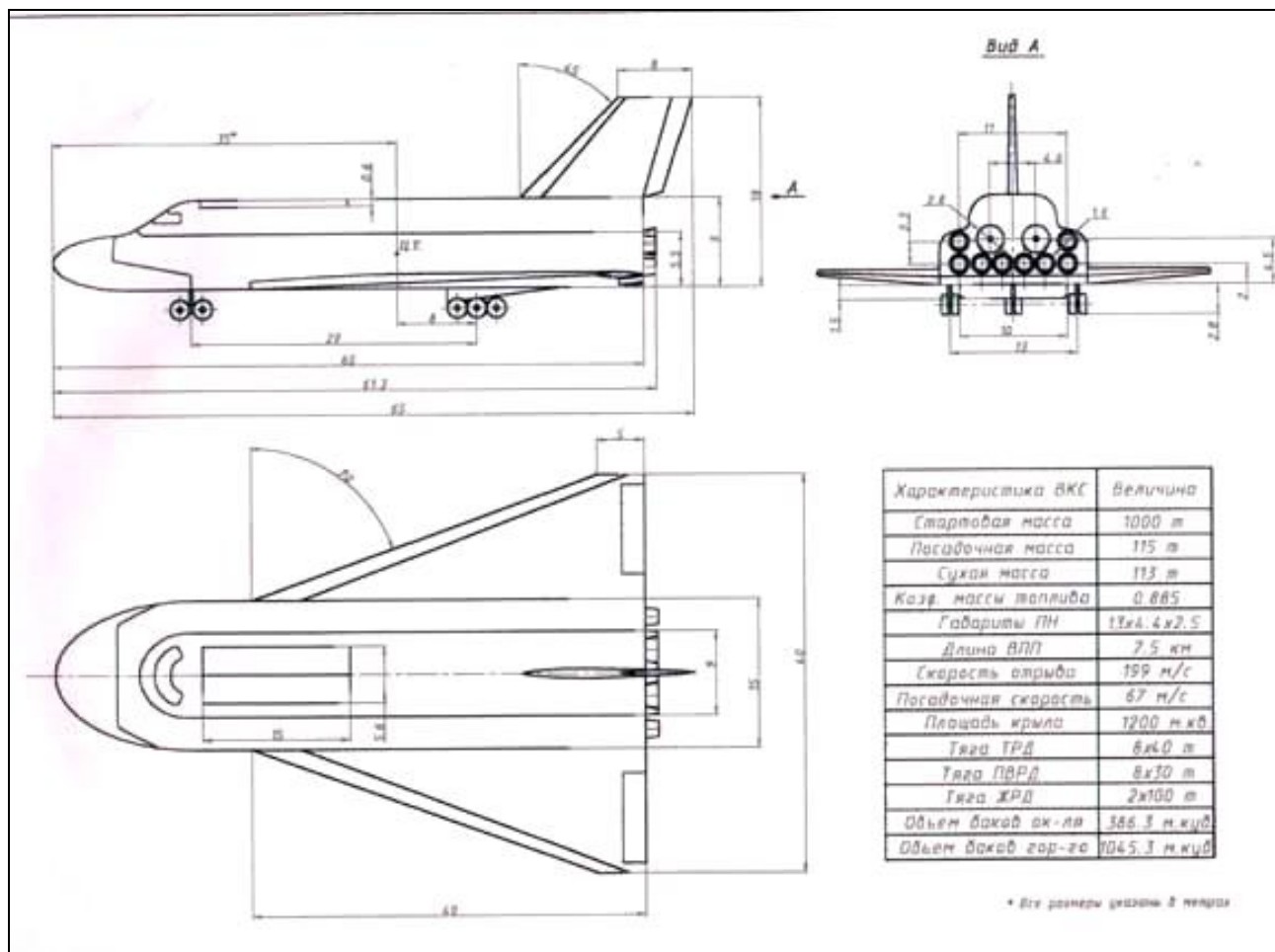


Рис. Общий вид ВКС.

Проведенные расчеты показали принципиальную возможность создания воздушно-космического самолета, стартующего и приземляющегося на взлетно-посадочную полосу аэродромов, принимающих самолеты типа Боинг - 747, Конкорд, Мрия и т.п.

Комментарий научного руководителя:

Проблема создания воздушно-космического самолета (ВКС) в настоящее время необычайно актуальна. Созданные ВКС - «Буран» и «Спейс шаттл» не отвечают, в полной мере, тем требованиям, которым должен отвечать самолет. Это - вертикальный старт с ракеты носителя, отсутствие горизонтального участка полета после старта, большое время подготовки к старту и т.д. В работе Пичугина О.Ю. сделана попытка оценить возможности создания ВКС, способного: стартовать горизонтально с взлетно-посадочной полосы аэродрома; после подъема на крейсерскую высоту, лететь в заданную точку; подниматься в космос; совершать полет по орбите; спускаться с орбиты и лететь для посадки на аэродром назначения.

2.5. Солнечная тепловая энергетическая установка.

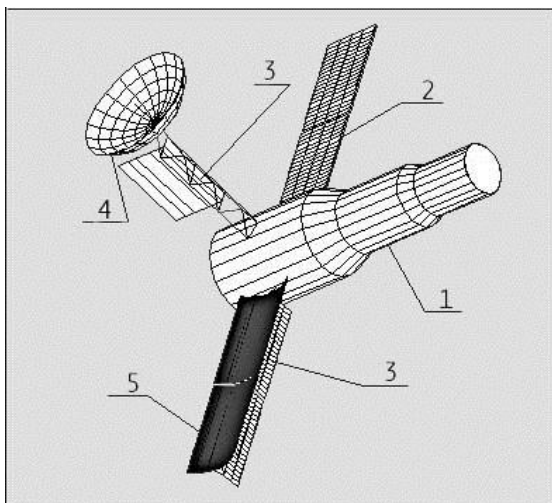


Студент 7-го года обучения (каф. СМ-2) **Попов А.С.**
 Научный руководитель:
 канд.физ.-мат. наук, доцент каф. СМ-2 **Щеглов Г.А.**

В работе предлагается конструкция солнечной энергоустановки на базе теплового электромашинного преобразователя. Она может быть использована вместо традиционных солнечных батарей. При этом КПД предлагаемой энергетической установки составляет ~ 30%. Основными элементами установки являются: солнечный концентратор; тепловой аккумулятор; паровая роторная объемная турбина, на валу которой установлен электрогенератор; радиационный теплообменник.

Подобные энергетические установки уже рассматривались ранее. В частности, предлагались космические концентраторы в виде параболоидов вращения для размещения их на станции Мир-2. Однако, предлагаемая установка, собранная на базе параболоцилиндрического солнечного концентратора, обладает по сравнению с концентратором в виде параболоида вращения рядом преимуществ.

Во-первых, нагрев осуществляется равномерно по всей длине нагреваемого трубопровода, что позволяет существенно повысить расход рабочего тела. Во-вторых, схема раскрытия солнечного концентратора подобна классической, отработанной схеме раскрытия солнечной батареи. При этом схема крепления энергоустановки непосредственно к корпусу КА аналогична схеме крепления солнечной батареи, что позволяет сохранить традиционные компоновочные схемы КА и обойтись без дополнительных конструкций крепления. В-третьих, подобная схема компоновки энергоустановки позволяет расположить радиационные теплообменники (РТО) таким образом, что они оказываются в тени отражающей поверхности концентратора, что обеспечивает наиболее качественный теплообмен. В-четвертых, конструкция целиком интегрирована в солнечный концентратор и не требует дополнительных устройств, размещаемых в корпусе КА (см. рис.).



*Рис. Общий вид установки:
 1 – КЛА; 2 – Солнечная батарея; 3 – радиационный теплообменник; 4 – концентратор параболоид вращения; 5 – предлагаемый параболоцилиндрический концентратор.*

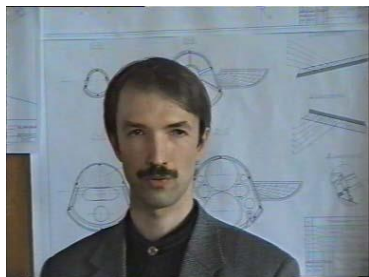
Целью работы являлась проверка стабильности фокусировки концентратора при динамических воздействиях на космический аппарат. При этом считалось, что на космическом аппарате были установлены в качестве маршевых электрореактивные двигатели, создающие малые величины тяги.

Для проведения численного эксперимента использовался пакет численного моделирования Nastran. Были определены частоты и формы колебаний системы и, применительно к двигателям малой тяги, была проверена стабильность фокусировки.

В результате эксперимента было показано, что конструкция обладает высокой жесткостью, о чем свидетельствуют высокие частоты колебаний системы. Таким образом, показано, что установка обладает большим запасом по жесткости.

Фокусировка при всех воздействиях остается в заданных пределах, поэтому следует сделать вывод о том, что подобные устройства можно применять не только на космических аппаратах с двигателями малой тяги, но и с жидкостными ракетными двигателями.

Комментарий научного руководителя:



Использование на космических аппаратах энергетических установок с электромашинными преобразователями является актуальной задачей.

Студент седьмого года обучения Попов А.С. предложил оригинальную конструкцию солнечной тепловой энергетической установки. По ряду характеристик она существенно эффективней, чем имеющиеся проекты подобных энергетических установок с параболическим зеркалом.

Предложенная автором модульная компоновка энергетической установки позволила объединить ее элементы в единую достаточно жесткую конструкцию.

2.6. Функционально-узловой метод проектирования конструкций приводов механизмов КЛА



Студенты 3-го курса (АК1-61) *Андрест А.А.* и *Марков А.П.*
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент каф. РК-3 *Рузина Р.Н.*

Анализ кинематических схем и конструкций мелко модульных силовых приводов герметичного исполнения, разработанных на предприятии, показал, что в приводах применены двигатели ДПР-42 и ДПР-52, что они имеют однокорпусное исполнение и преемственность кинематических схем. Проектирование и изготовление таких приводов чрезвычайно дорого. Задача проекта – понизить стоимость проектирования, изготовления и наземной отработки, увеличить надежность конструкции, применяя функционально-узловой метод проектирова-

ния. Для этого предложен принцип модульного проектирования, что позволяет проводить параллельное проектирование, удешевить изготовление, сборку, регулировку и наземную отработку модулей, унифицировать модульные конструкции с целью применения их при разработке новых приводов механизмов.

Модули представляют собой функциональные узлы, помещенные в однотипные элементы корпуса, имеющие одинаковые присоединительные размеры. Корпуса модулей выполнены в виде тела вращения имеют центрирующие бурты, обеспечивающие необходимую точность сборки.

В разрабатываемых модульных конструкциях применены однотипные конструкции зубчатых колес, дифференциалов. Разработаны конструкции муфт, изготовление и регулировку которых можно произвести в модульном варианте и применить при проектировании других приводов.

Функционально-узловой метод проектирования модульных конструкций дает следующие преимущества: сокращается срок разработки; значительно снижаются затраты на разработку и изготовление; сокращается объем оригинальной документации; упрощается и ускоряется внесение изменений в конструкцию и конструкторскую документацию; упрощается и ускоряется наземная отработка; повышается производительность труда работников, занимающихся разработкой и производством аппаратуры; повышается надежность приводов.

Комментарий научного руководителя:

В своем проекте студенты Андрест А.А. и Марков А.П. удачно воплотили идеи унификации и модульности конструкции. Некоторое увеличение габаритов окупается существенными технологическими преимуществами. Применительно к конструкциям приводов эта концепция актуальна и имеет хорошие перспективы.

2.7. Исследование технико-экономических аспектов широкомасштабного внедрения возобновляемых источников энергии



Студент 4-го курса (АК4-81) **Палкин М.В.**

Научный руководитель:

Главный специалист Инновационно-Технологического Центра НПО машиностроения, к.т.н. **Кулаков В.А.**

Обеспечение экологически чистой энергией все увеличивающегося населения планеты является одной из наиболее актуальных проблем человечества.

Для Российской Федерации, в условиях кризиса в топливно-энергетическом комплексе, важны вопросы установки автономных источников энергии, особенно в удаленных районах страны. Эти проблемы может решить масштабное внедрение технологий возобновляемой (солнечной) энергетики.

В работе рассмотрена возможность применения солнечных энергетических установок в климатических условиях центральной полосы России.

Предложены конструкции как автономных схем установок, так и интегрированных в традиционные системы отопления, горячего водоснабжения, электрообеспечения зданий, а также принципы автоматического управления ими.

Разработана методика и проведены оценки экономической эффективности применения солнечных энергетических установок как дополнения к традиционным.

Предложены пути коммерциализации систем возобновляемой энергетики разработки НПО машиностроения.

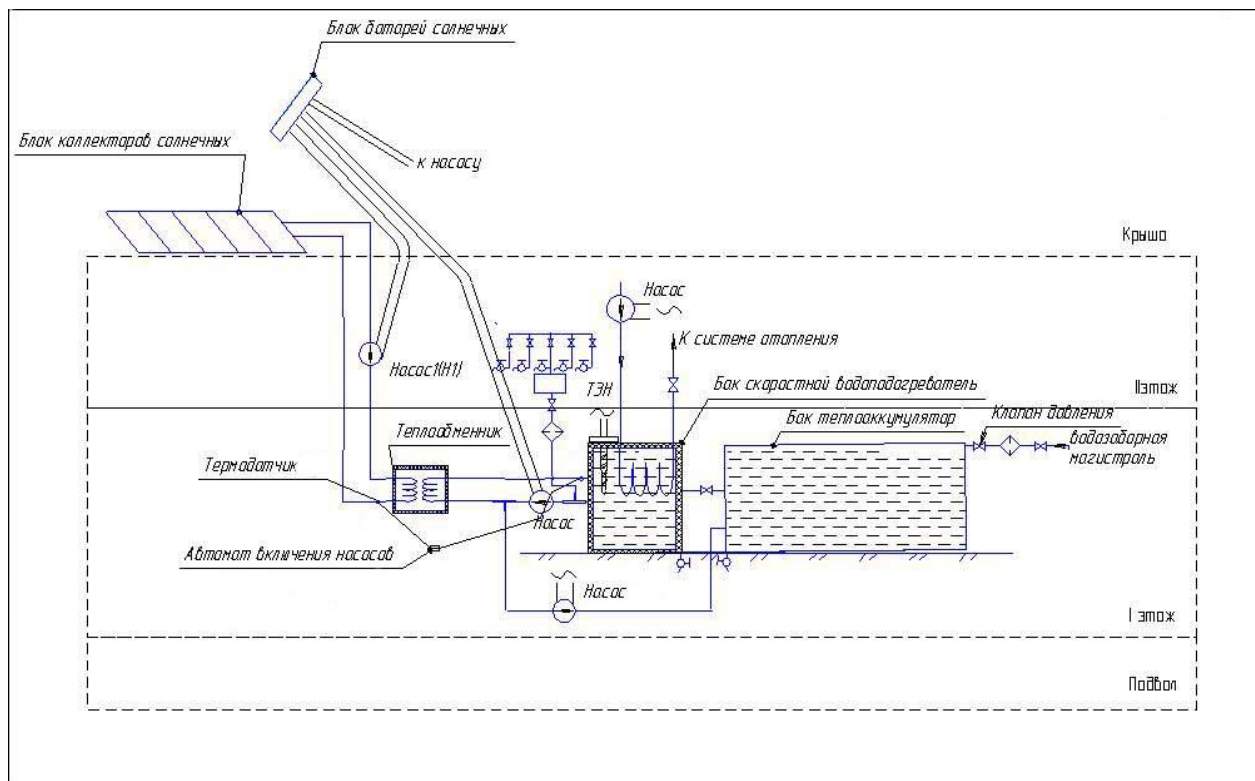


Рис. 1. Схема солнечной системы отопления и горячего водоснабжения

Комментарий научного руководителя:

Работа студента является необходимым этапом в решении актуальных задач масштабного внедрения средств и технологий возобновляемой (солнечной) энергетики.

Предложенная методика расчета параметров энергоустановок будет востребована при создании и коммерческом внедрении источников возобновляемой энергии.

Сформулированные подходы к коммерциализации разработок НПО машиностроения способствуют формированию рынка средств и технологий возобновляемой энергетики для отечественных предприятий-разработчиков и производителей.

2.8. Многоразовый технологический космический аппарат.



Студент 4-го курса (СМ2-81) *Георгиев А.Ф.*
 Научный руководитель:
 канд. физ.-мат. наук, доцент каф. СМ-2 *Щеглов Г.А.*

В настоящее время актуален вопрос коммерческого использования космической техники. Как один из перспективных вариантов коммерческой деятельности в космосе рассматривается задача создания на базе многоразового технологического космического аппарата (далее МТКА) производства сверхчистых полупроводников, уникальных кристаллов, биологических материалов и других коммерческих продуктов.

В работе предлагается система космического производства, которая строится из пяти МТКА, с частотой запуска один-два раза в месяц. При этом как минимум один аппарат должен быть на орбите, в то время как остальные проходят техническое обслуживание на Земле. В качестве прототипа разрабатываемого аппарата рассматривается КА «Фотон» [1]. Анализируются его недостатки.

Предлагается МТКА обтекаемой формы с аэродинамическим качеством 1,25 на гиперзвуковых скоростях и 1,7 на дозвуковых скоростях [2]. Это позволяет проводить скользящий спуск в атмосфере с выведением в заданный район посадки. Спуск КА осуществляется в 3 этапа: первый этап – неуправляемый скользящий спуск, второй – управляемый планирующий спуск, третий – парашютный спуск.

Управление по курсу, крену и тангажу КА осуществляется за счет трех рулевых поверхностей, расположенных в кормовой части аппарата. Применение парашютного спуска позволяет снизить массу теплозащиты и конструкции за счет отказа от крыльев и системы самолетной посадки. Предлагается применить теплозащиту, аналогичную теплозащите МКК «Буран». Используемая аэродинамическая форма МТКА позволяет выводить аппарат на орбиту без обтекателя. На орбите КА снабжается энергией за счет солнечных батарей, расположенных на внутренней поверхности раскрываемых створок.

Преимуществами предлагаемого МТКА является возможность многоразового его использования; возможность изменять полезную нагрузку в зависимости от выполняемых на орбите работ; возможность создания уникальных микрогравитационных условий. К недостаткам проекта можно отнести высокую стоимость разработки и применение для вывода на орбиту одноразовой ракеты-носителя.

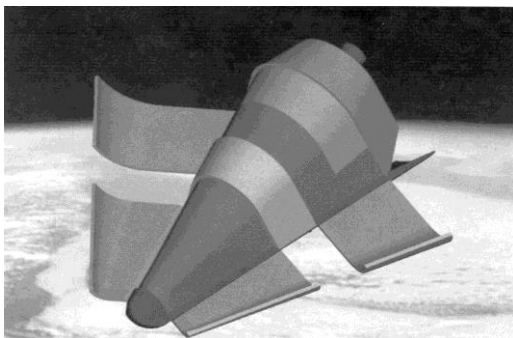


Рис. Внешний вид МТКА

Литература:

1. Конструирование автоматических КА. /под ред. Д. И. Козлова М.: Маш.1996. 448с.
2. Петров К.П. Аэродинамика транспортных космических систем. М.: Эдиториал УРСС. 2000. 368с.

Комментарий научного руководителя:

Студент четвертого курса Георгиев А.Ф. предложил проект многоразового технологического КА универсального назначения, в котором используются отработанные системы, в частности – теплозащиты и парашютного спуска. Отказ от горизонтальной посадки многоразового аппарата позволяет снизить стоимость разработки и увеличить отношение массы полезной нагрузки к полной массе КА.

В качестве исходных данных использовалась предложенная ЦАГИ оптимальная форма спускаемого аппарата для скользящего спуска в атмосфере. Георгиеву А.Ф. удалось уложить в весьма жесткие диапазоны центровки и разместить все необходимые системы в капсуле заданной формы. Автором проекта были проведены расчет баллистики, массовый анализ, компоновка и центровка КА.

III. Системы управления и информационные технологии

3.1. Анализ возможности навигации ЛА по гравитационному и магнитному полю Земли.

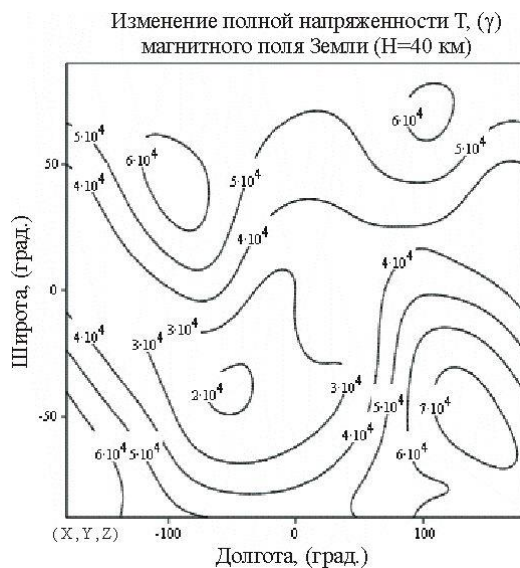


Студент 7-го года обучения
(факультет АК, каф. СМ-2) *Асатуров С.М.*
Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. СМ-2 *Зеленцов В.В.*

У высокоточных систем навигации ЛА погрешности, возникающие из-за аномалий гравитационного и магнитного поля Земли, соизмеримы с инструментальными ошибками. Поэтому оценка этих погрешностей, описание гравитационных и магнитных аномалий, измерение их физических параметров, разработка методов уменьшения ошибок навигационных систем за счет использования дополнительной информации о геофизических полях Земли, оценка методов и проблем, с которыми приходится сталкиваться при реализации высокоточных навигационных систем - все это приобретает особое значение.

Один из методов уменьшения погрешностей, повышения автономности и универсальности навигационных систем - это измерение значений производных гравитационного и магнитного потенциала Земли и надлежащее использование этой информации.

В работе анализируется возможность создания гравитационно-магнитной системы навигации летательного аппарата с высотой горизонтального полета от 30 до 40 км. Разработана компьютерная программа для исследования изменения выбранных компонент поля в зависимости от долготы и широты места (см. рис.).



Параметры гравитационного и магнитного поля Земли не вполне стабильны. Это затрудняет процесс сравнения изображений, так как сигналы, получаемые с помощью датчиков поля, трудно предсказуемы. Однако существуют элементы изображений, которые могут быть предсказаны с большой степенью достоверности. Таким образом, одна из наиболее серьезных проблем при разработке подобных систем навигации и наведения и выборе алгоритма обработки полученной информации состоит в идентификации этих элементов. Чем выше уровень предсказуемости, тем более детерминированным становится изображение и тем проще структура используемого алгоритма.

Проведенный анализ позволил сделать уверенный вывод о возможности создания подобной навигационной системы.

Комментарий научного руководителя:

Использование информации о гравитационном и магнитном полях Земли на атмосферных летательных аппаратах для решения задачи навигации и наведения - относительно новое направление разработок навигационных систем.

В настоящее время проблема создания альтернативных систем навигации и наведения приобретает важное значение. Растущий интерес к этому вопросу обусловлен рядом преимуществ. Использовать гравитационно-магнитную систему навигации можно практически всегда и везде в любых метеоусловиях, вне зависимости от времени суток и года, над водой и над сушей, на малых и на больших высотах.

Новое отношение к данной проблеме диктуется необходимостью пересмотра прежних подходов и технических решений вопросов, связанных с повышением автономности и универсальности наведения ЛА. Достаточно серьезно к этому вопросу относятся и в других странах, обладающих ракетно-космическими технологиями. Известно, что по заданию ВВС и ВМО США проводятся исследования и опытно-конструкторские работы по созданию систем навигации и наведения, использующих информацию о поле радиотемператур, о радиолокационном поле, инфракрасном поле Земли.

Разработанная Асатуровым С.М. математическая модель и компьютерная программа исследования позволяет определить и наметить перспективные пути решения данной задачи.

Этим определяется высокая значимость проделанной Асатуровым С.М. работы. Полученные результаты имеют важное практическое значение для последующих исследований.

3.2. Аппаратно-программное обеспечение стендовых испытаний изделий ракетно-космической техники.



Студент 6-го курса (АК4-Д1) *Лукьянов С.Л.*
Научный руководитель:
канд. техн. наук, доцент каф. ИУ-1 *Филимонов Н.Б.*
Консультант:
ведущий инженер-конструктор отд. 04-32 *Блескин Ю.И.*

Важным этапом при разработке и создании новейших образцов ракетно-космической техники являются стендовые испытания, проводимые для исследования и отработки конструкторско-технологических решений. Существующая стендовая база морально устарела и уже не удовлетворяет ни точностным требованиям, ни требованиям по быстродействию. Она требует больших материальных и временных затрат на подготовку и проведение испытаний.

Внедрение современных достижений информационно-измерительной и вычислительной техники в технологию стендовой отработки изделий позволяет существенно повысить точность и достоверность результатов испытаний, а также значительно сократить их сроки и стоимость.

В работе обсуждается аппаратно-программное обеспечение испытаний изделий ракетно-космической техники, разработанное при участии автора.

Основным элементом испытательного стенда нового поколения является персональный компьютер, оснащенный специальными платами расширения: 1) плата аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразований для регистрации и управления процессами контроля и диагностики в процессе испытаний; 2) плата цифрового ввода/вывода в связке с релейными модулями для коммутации цепей различного назначения.

Программное обеспечение играет ключевую роль в функционировании стенда. Рассматривается два аспекта выбора программного обеспечения. Необходима операционная система, поддерживающая многоплановость задач и обеспечивающая быструю реакцию программ на аппаратные прерывания (операционные системы реального времени). При разработке программы автоматизированного рабочего места сменного инженера необходим компромисс между наглядностью отображения процессов и быстродействием (визуально-графический интерфейс серьезно снижает быстродействие системы в целом).

Основными задачами стендовых испытаний являются: регистрация быстротекущих процессов (дискретность > 1 мкс); исследование различных характеристик испытуемых объектов; управление ходом испытаний в реальном времени.

Результаты успешно проведенных на разработанных стендах компьютерных испытаний, показывают, что внедрение информационных технологий позволяет повысить их эффективность. При этом значительно сокращаются сроки и стоимость проведения испытаний; упрощаются сопряжения с существующей измерительной аппаратурой; обеспечивается диалоговый режим и создаются эффективные базы данных стендовой отработки изделий.

Комментарии консультанта:



В докладе дано описание технологии стендовой отработки изделий на базе современной информационно-измерительной техники, все ее плюсы и минусы. Работы с использованием испытательного стенда нового поколения успешно проводятся и дают в большинстве случаев информацию, которую ранее по тем или иным причинам не удавалось получить вообще. При этом резко сокращаются затраты не только времени проведения испытаний, но и время обработки полученных данных. Ясно, что за данными комплексными стендами

будущее. Работы по этому актуальному направлению выполняются Лукьяновым С.Л. в отделе 04-32 в объеме плановых заказов НПО машиностроения.

Плановые работы на 2001-2002 год с использованием стенда нового поколения:

- система управления и измерения параметров модельного бака (УИМБ) по теме «Альянс» при испытаниях в ЦПК;
- система управления ПГС ДУ изделия «Стрела – РН» №20702 (холодная проливка в НПО маш), №20701 (горячая проливка в Загорске);
- система управления рулями при частотных испытаниях изделия СК-310 №20301;
- снятие динамических характеристик «БО42-РА85» на изделии СК-310Э №60103, 60105;
- АРМ для проведения входного контроля в объеме ПСИ для РА К316 изделия «Альянс»;
- АРМ для стендовой отработки аэродинамических решеток.

3.3. Разработка метода сжатия экспериментальных данных



Студент 6-го курса (АКЗ-Д1) **Семенов О.И.**
Научный руководитель:
к.т.н., доцент кафедры ФН-2 **Алехнович В.И.**

Целью работы является разработка метода сжатия (сокращения) экспериментальных данных, полученных с экспериментальной установки по исследованию высокотемпературной плазмы, с целью передачи их через низкоскоростные каналы данных.

Задачей кодирующего устройства является уменьшить объем данных, при этом не потеряв (не исказив) информацию, необходимую получателю. После передачи данных, они подвергаются декодировке. После декодировки передаются получателю.

Разработанный метод применим для произвольного набора данных, несущих известную полезную информацию. Оценка качества этого метода производится по критериям:

- Степень сжатия;
- потери информационной части данных;
- время доступа потребителя к информации.

Результат работы применяется и проверяется на выбранном конкретном устройстве - экспериментальной установке Токамак (ИАЭ им. Курчатова) и экспериментальной установке TFTR (Princeton Plasma Physical Laboratory), которые рассматриваются как источник данных.

Для решения поставленных задач был применен метод кратномасштабного анализа, основанный на разложении по базисам вейвлет функций. КМА проводится с помощью набора последовательных аппроксимирующих пространств V_j которые представляют собой масштабированные инвариантные относительно смещений на целые числа разновидности одного центрального пространства V_0 .

Для ускорения вычислений был применен дискретный алгоритм разложения по базисным вейвлет функциям.

Комментарий научного руководителя:

Работа Семенова О.И. направлена на поиск новых перспективных методов обработки, сжатия, кодирования и преобразования информации. Это направление развития информационных технологий особенно актуально при высокоинтенсивном обмене большими массивами данных при космической связи, банковских обменах информацией и т.п.

3.4. Модернизация испытательного комплекса релейно-коммутационных устройств



Студент 2-го курса (АК5-41) **Степнев В. А.**

Научный руководитель: начальник отдела 06-91 **Потанов В. П.**

Один из производственных циклов ФГУП НПО машиностроения включает в себя проверку коммутационных блоков, которая проводится на испытательном комплексе релейно-коммутационных устройств. Система работает следующим образом (см. рис.). Программа испытаний записывается на перфоленту и считывается фотоэлементами. После этого система по считанным командам производит контроль параметров блока и выдает сигнал о его годности или негодности. В связи с отсутствием перфоленты и глобальным переходом на электронные носители данных, была поставлена задача непосредственного ввода программ из компьютера в испытательный комплекс без использования перфоленты. Для этого было разработано согласующее устройство, имитирующее процесс ввода с перфоленты и программа, цель которой - управление процессом ввода данных в испытательный комплекс. Функции программы состоят в преобразовании текста программы испытаний в формат данных на перфоленте и в управлении согласующим устройством, которое эмулирует работу фотосчитывателя.

Данная разработка позволила в несколько раз сократить время отработки программ испытаний, так как исключен длительный процесс набивки и корректировки перфоленты. Немаловажен также и экономический эффект. И наконец данное усовершенствование сделало воз-

можным по-новому подойти к данному процессу, превратив его в более современный, пригодный для работы нового поколения специалистов.

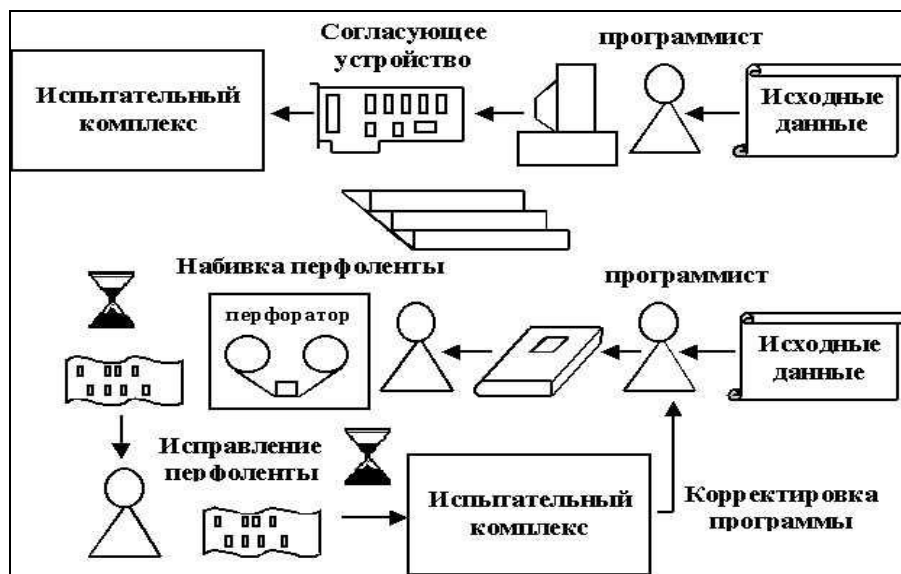


Рис. Схема работы системы

Комментарий научного руководителя:

Решены вопросы аппаратного сопряжения IBM-PC с ИК-РКУ 2400 (испытательный комплекс релейно-коммутационных устройств), а также разработано программное обеспечение технологического процесса проверки блоков.

Данная разработка позволила продлить срок службы испытательных комплексов и повысить производительность работ по отработке блоков.

В настоящее время идет процесс освоения системы в производстве. Проведен большой объем работ по отработке программ контроля и проверке блоков.

3.5. Оптимизация дискового пространства в базе данных



Студент 4-го курса (АКЗ-81) **Булганин В.А.**
 Научный руководитель: инженер отдела 11-04 **Сагомонов Д.С.**

В настоящее время системы баз данных играют все более важную роль. Oracle является чрезвычайно мощной и гибкой системой реляционных баз данных. Однако эти качества приносят и свои сложности. Чтобы на основе Oracle разрабатывать полезные приложения, необходимо понимать, каким образом Oracle работает с хранящимися в системе данными. Большинство параметров используемых при создании таблиц, индексов, кластеров и т. д. предоставляются в качестве настраиваемых. Параметры, задаваемые по умолчанию, зачастую не являются оптимальными.

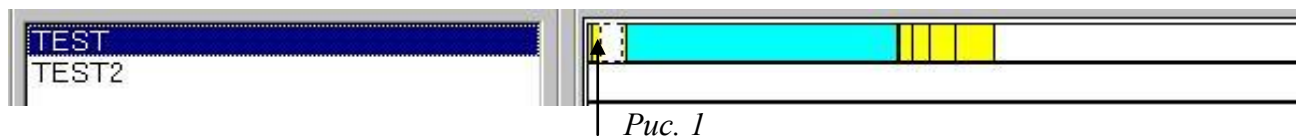
Была поставлена задача оптимизации дискового пространства. Математически она представляет собой задачу многомерной оптимизации. На первом этапе была построена математическая модель хранения данных в СУБД Oracle. На основе этой математической модели была написана программа на языке PL/SQL. Данная реализация программы может выполняться на любой платформе, поддерживающей Oracle.

Возьмем, например, две таблицы, одна из которых была создана с параметрами по умолчанию, предоставляемые Oracle, а другая с параметрами, рассчитанными программой, разработанной автором настоящей работы.

Атрибуты таблицы: ID – имеет тип number(6); Name – тип string размером 30 байта; Prov_id – тип string размером 2 байта; Type – тип string размером 2 байта.

Технические характеристики компьютера на котором проводился тест: Personal Oracle; P II – 450/256М ОЗУ.

В обе таблицы было внесено в начале по 10000 записей.



Из рисунка видно, что таблица Test, параметры которой были взяты по умолчанию, имеет в распределении свободные блоки.

После чего начнем порциями записывать в обе таблицы данные. Получим следующие результаты распределения пространства под таблицы.

Таблица Test, параметры которой были взяты по умолчанию.

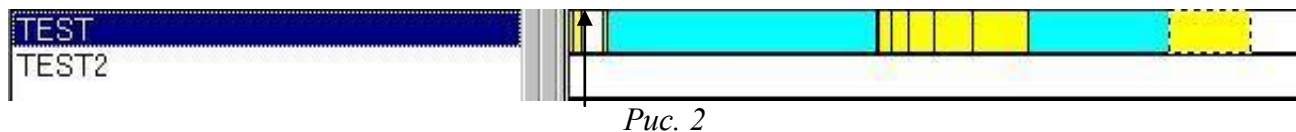


Таблица Test2, параметры которой были рассчитаны.



Из рисунков 2, 3 видно, что при дальнейшем заполнении таблицы Test свободные блоки не используются. Помимо дефрагментации табличного пространства, образуются утечки дискового пространства.

Проверка производительности обеих таблиц показывает, что запросы на выборку данных совпадают. Запросы на добавления, обновления и удаления на Test2 работают в 3 раза быстрее.

Комментарий научного руководителя:

Данная разработка в настоящее время используется в реальных хранилищах данных. Например, в Министерстве промышленности и науки для задачи документооборота.

3.6. Разработка декларативного языка представления информационных единиц (ИЕ) Информационной Системы САПИЕНС в заданном пользователем формате.



Студент 5-го курса (АКЗ-101) *Контев П.В.*
Научный руководитель: вед. специалист отд. 11-04 *Метт Д.Ю.*

Корпоративные информационные системы предназначены для автоматизации и поддержания сложных, в том числе и слабо формализованных, деловых процессов, которые складывались на протяжении долгого времени и постоянно меняются. Поэтому одно из основных требований к такого рода системам заключается в возможности быстрой адаптации системы к рассматриваемым деловым процессам, в предоставлении пользователю как можно больших возможностей по самостоятельной настройке некоторых параметров приложения или параметров ИЕ, отвечающих за вид хранения, получения, обработки и представления информации в том или ином виде. Несмотря на значительное усложнение исходного кода такой программы, бесспорна экономическая выгода, так как позволяет не только заменить дорогостоящий труд программиста менее квалифицированным, но и удовлетворить индивидуальные требования большего числа возможных пользователей.

Вид представления информационных объектов ИС зависит от типа устройства визуализации: экран монитора, принтер и т. д. На первом этапе необходимо было реализовать механизм представления информации для печати на принтерах или в файл формата программы Microsoft Word, удовлетворяющий описанным выше требованиям. То есть, технология печати ИЕ должна обладать максимально гибким механизмом, предоставляя индивидуальному пользователю возможность с минимальными затратами времени самостоятельно изменять как вид представления печатаемых ИЕ, так и само содержание.

Задача разработки такой технологии печати имеет два аспекта:

1. В предоставлении пользователю удобного инструмента создания шаблонов печатаемых форм и разметки полей (тегов), предоставляющего максимальные визуальные возможности формирования формы.
2. Разработка некоторого механизма, связующего размеченный шаблон печатаемой формы непосредственно с информационными полями ИЕ.

При выборе инструмента визуальной разработки шаблона печатаемой формы для ИЕ рассматривались следующие варианты:

Разработка полностью собственного механизма. Использование уже имеющихся программ.

Более предпочтительным является второй вариант- уже существует масса всевозможных программ, предоставляющих мощные средства для визуальной разработки и тратить время на попытки сделать некоторое их подобие бессмысленно. Поэтому для визуального формирования шаблона формы и разметки его полей была выбрана известная всем и используемая во многих организациях программа Microsoft Word, реализовав интеграцию на уровне объектов (технология COM и OLE) и файлов данных.

Таким образом, оптимальное решение этой задачи заключается в использовании Microsoft Word как инструмента формирования шаблона печатаемой формы, что отвечает первому аспекту задачи, и использовании некоторой задаваемой пользователем ИЕ, например файла текстового формата, имеющей определённый синтаксис, набор инструкций, команд и объектов, непосредственно отвечающих за связь тегов шаблона с полями ИЕ, что соответствует второму аспекту. Команды, инструкции и объекты, определяющие формат этого файла, и правила их применения названы языком DML (Declarative Markup Language)- декларативный язык разметки.

Таким образом, файл шаблона печатаемой формы представляет собой файл Microsoft Word в формате *doc* или *rtf*, подготовленный и размеченный специальным образом. Пользовательский DML файл представляет собой файл в текстовом формате, удовлетворяющий правилам языка DML. Указанные файлы могут находиться как на локальном диске компьютера, так и в структурированном хранилище.

Данная технология была успешно реализована как часть технологии САПИЕНС и удовлетворяет основным требованиям построения эффективных корпоративных информационных систем.

Комментарий научного руководителя:

Работа велась в рамках проекта «Корпоративная система управления документами» и прошла успешное тестирование в министерстве промышленности и науки. В данный момент вводится в опытную эксплуатацию.

3.7. Разработка средств построения интерфейса пользователя для ИС САПИЕНС®



Студент 4-го курса (АКЗ-81) *Листаров А. А.*
Научный руководитель: зам. начальника отд. 11-04 *Соболев А. В.*

В настоящее время при разработке программного обеспечения существует тенденция к построению приложений, максимально настраиваемых в соответствии с предпочтениями и пожеланиями конкретного заказчика. Чем более универсальнее приложение, тем более сложный интерфейс оно имеет. Как показывает опыт внедрения систем документооборота в министерстве экономики РФ, система с интерфейсом, предоставляющим пользователю массу возможностей, большая часть которых ему не нужна, вызывает у него отторжение. Поэтому, при внедрении ИС САПИЕНС® выполняется большая работа по настройке системы под каждого конкретного пользователя.

Основным элементом интерфейса, с которым работает пользователь при просмотре и вводе информации, являются экранные формы. Поэтому, основная работа, выполняемая при настройке интерфейса, заключается в изменении тех или иных экранных форм. С точки зрения разработчика, форма представляет собой обычный диалог и для её создания использовался встроенный редактор диалогов среды Visual C++. Данный подход был сопряжен со многими неудобствами и ограничениями.

С целью преодоления ограничений был создан специализированный редактор форм для ИС САПИЕНС®.

Важно подчеркнуть, что на внесение изменений, требуются минуты, в то время как до внедрения описываемого инструментария для получения аналогичного эффекта потребовалось бы участие разработчика, которому было бы необходимо исправить несколько десятков строк кода и заново собрать весь проект.

Комментарий научного руководителя:



Данная работа в составе новой версии ИС САПИЕНС® демонстрировалась на проходившей в этом году в Ганновере выставке SEBIT 2001 и Ганноверской торгово-промышленной ярмарке. Описанная технология, позволяет значительно упростить и удешевить процесс внедрения системы.

3.8. Гироскопическая система орбитальной ориентации малого космического аппарата



Студент 5-го курса (АК4-101) *Иванян Г.О.*
Научный руководитель: начальник сектора 04-04-15,
канд. техн. наук *Матвеев В.Ф.*

На основе анализа существующих аналогов гироскопических систем орбитальной ориентации (ГСО), последних достижений микроэлектроники и микромеханики в области космической техники в работе решается задача проектирования новой ГСО типа трехосного орбитального гирокомпа для малых космических аппаратов.

Рассмотрены вопросы целесообразности применения новых элементов ГСО, включая оптико-волоконные гироскопы, статические построители местной вертикали малогабаритные ЦВМ с высокими вычислительными возможностями. Осуществлен поэлементный отбор приборного оборудования по критерию минимума массы и энергопотребления при заданной точности. Разработана структурная схема бесплатформенной ГСО на базе выбранных элементов.

Предложен новый подход к выбору динамических параметров системы, основанный на минимизации суммарной ошибки, обусловленной рядом причин. Коэффициенты коррекции гироскопов меняются во времени. На начальных этапах переходных процессов задаются жесткие коэффициенты, обеспечивающие сокращение времени отработки начальных условий. На последующих этапах – мягкие, обеспечивающие минимальные суммарные погрешности.

Комментарии научного руководителя:

Разработанная Иваньяном Г.О. новая гироскопическая система орбитальной ориентации имеет по сравнению с аналогами в несколько раз меньшие массу и энергопотребление. Погрешность новой системы так же снижена. Результаты работы высоко оцениваются и при ее продолжении могут быть использованы в работах НПО машиностроения.

3.9. Астрогироскопическая система орбитальной ориентации КА



Студент 5-го курса (АК4-101) **Чугунов Е.Е.**
Научный руководитель: начальник сектора 04-04-15,
канд. техн. наук **Матвеев В.Ф.**

В работе рассматривается проблема повышения точности орбитальной ориентации космического аппарата. Традиционные системы астрогироскопической ориентации используют в качестве источника информации об угловом положении космического корабля какую-либо звезду. Современные системы используют принципиально новый способ ориентации по звездному полю. Основная проблема этого способа – получение и распознавание звездного поля независимо от его угловой ориентации относительно КА. Практическое внедрение этого способа стало возможным благодаря появлению микропроцессорных ЭВМ и приборов с зарядовой связью (ПЗС матриц).

Проведено исследование характеристик звездных датчиков нового поколения, способных самостоятельно вырабатывать три угла относительно инерциальной системы координат. Изучены характеристики прецизионных гироскопов ориентации. Выбран бесплатформенный вариант на базе трехстепенных поплавковых гироскопов с газодинамической опорой ротора.

Предложен выбор динамических параметров системы для мягкого и жесткого режимов коррекции из условия минимума суммарной ошибки.

Разработана структурная схема астроинерциальной системы ориентации. Проведен анализ точностных и динамических параметров предложенной системы.

Комментарии научного руководителя:

Предложенная Чугуновым Е.Е. астрогироскопическая система орбитальной ориентации КА по итоговым характеристикам выгодно отличается от аналогов. Автору предложено продолжить исследования. Полученные результаты могут быть использованы в работах НПО машиностроения.

IV. Математическое моделирование.**4.1. Численное моделирование дозвукового трехмерного обтекания тел при безотрывном и отрывном режимах течения**

Студент 5-го курса (АКЗ-101) *Корпанов А.С.*
Научный руководитель:
к.т.н., доцент кафедры ФН-2 *Тимофеев В.Н.*

Работа посвящена исследованию вопросов численного моделирования дозвукового обтекания пространственных тел с помощью одной из модификаций метода дискретных вихрей. Основным допущением данного метода является то, что набегающий поток полагается невязкой, несжимаемой средой. Сущность исследуемой и используемой модификации состоит в том, что она позволяет моделировать трехмерное обтекание, используя лишь вихревой слой, распределенный непрерывно по поверхности тела.

В процессе отработки численных алгоритмов решались различные тестовые задачи. В частности, была решена задача безотрывного обтекания сферы стационарным потенциальным дозвуковым потоком идеальной жидкости. В результате численного моделирования были определены распределения модуля скорости и коэффициента давления по поверхности обтекаемого тела.

Возможности метода исследовались также и на примере расчета безотрывного стационарного обтекания эллипсоидов вращения. Результаты численного моделирования дали хорошее совпадение с аналитическим решением.

Работа метода была опробована для модели отрывного обтекания, когда с поверхности тела во внешний поток сходит вихревая пелена. Такое явление как отрыв потока от обтекаемой поверхности существенным образом влияет на структуру течения и не может быть однозначно описано в рамках модели идеальной жидкости. Для решения этой проблемы в работе был реализован подход, при котором места схода потока задавались заранее и фиксировались на определенных линиях. Такой подход является обоснованным, поскольку при решении реальных задач линии схода вихревой пелены можно определить из эксперимента либо исходя из какой-либо априорной информации о характере течения.

Для проверки работы метода в сделанных предположениях было проведено численное моделирование отрывного обтекания сферы потоком идеальной жидкости под нулевым углом атаки. В качестве одного из результатов была получена визуальная картина обтекания для начального этапа схода вихревой пелены с поверхности тела во внешний поток (рис. 1).

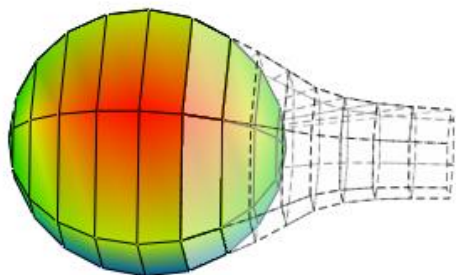


Рис. 1. Начальный этап образования вихревой пелены

Полученное для заданного шага по времени распределение скорости по поверхности обтекаемого тела сравнивается с распределением, полученным для модели стационарного безотрывного обтекания сферы на рис. 2.



Рис. 2

Основным результатом работы является разработка работоспособного численного алгоритма моделирования дозвукового обтекания пространственных тел потоком идеальной жидкости. Согласование результатов расчетов с известными аналитическими решениями можно считать удовлетворительным. Работы могут быть использованы, например, для расчета обтекания фюзеляжа летательного аппарата при дозвуковых скоростях полета. В перспективе предполагается развить полученную методику решения и использовать ее для комплексного расчета аэродинамических характеристик упрощенной модели летательного аппарата.

Комментарий научного руководителя:

Создание все более совершенных летательных аппаратов различного назначения обуславливает необходимость непрерывного совершенствования математических моделей процессов, происходящих при движении тел в газовых и жидких средах при различных условиях обтекания в широком диапазоне кинематических параметров. В частности, остается актуальным построение математических моделей дозвукового обтекания тел, толщину которых нельзя считать малой величиной, а, следовательно, нельзя применять хорошо зарекомендовавшую себя расчетную схему тонкой несущей поверхности. Наряду с традиционными для подобных исследований панельными методами в последнее время стал применяться метод дискретных вихрей, разработанный под руководством С.М. Белоцерковского.

Одна из разновидностей метода дискретных вихрей позволяет моделировать влияние пространственности при размещении на обтекаемой поверхности только слоя диполей, или эквивалентного последнему вихревого слоя.

Реализация и отработка численных алгоритмов для данного подхода является весьма трудоемкой задачей, которая успешно решается в представленной работе студентом Корепановым А.С.

4.2. Численное исследование сверхзвукового обтекания тел вязким газом



Студент 7-го года обучения
(факультет АК, каф. ФН-2) *Савченко А.А.*
Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доцент кафедры ФН-2 *Котенев В.П.*

Изучение процессов обтекания сверхзвуковым потоком газа тела конечного размера – одна из основных проблем современной аэродинамики. Важность теоретического изучения возмущенной телом области, определяется тем, что проведение экспериментальных исследований в ряде случаев затруднено, а для некоторых режимов обтекания невозможно. В рамках механики сплошной среды могут быть описаны режимы течений, наиболее важные с точки зрения практики полетов (исключая свободно - молекулярный режим). Развитие вычислительной техники и численных методов решения краевых задач для нелинейных уравнений в частных производных позволяет исследовать задачи газовой динамики, изучение которых сопровождалось ранее непреодолимыми трудностями.

Данная работа посвящена численному исследованию сверхзвукового обтекания головных частей летательных аппаратов. Для получения стационарного решения при обтекании тела равномерным сверхзвуковым потоком вязкого теплопроводного газа используется метод установления для нестационарной системы уравнений Навье-Стокса.

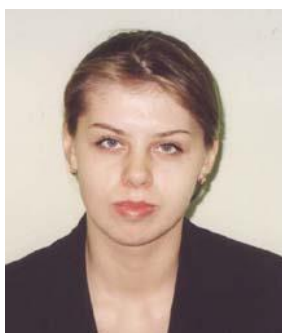
Естественные граничные условия для системы заданы на бесконечном удалении от тела (в невозмущенном потоке) и на самом теле. На поверхности обтекаемого тела задавались условия прилипания и режим теплообмена - охлаждение стенки. Внешнюю границу области интегрирования определяет ударная волна, которая является поверхностью разрыва газодинамических параметров и на которой выполняются нестационарные условия Рэнкина-Гюгонио. На правой границе расчетной области ставились «мягкие» граничные условия. Начальное приближение, необходимое в методе установления, было получено на основании методики предложенной в дипломной работе.

Численное исследование задачи основано на конечно-разностной аппроксимации исходных уравнений и решении полученной системы алгебраических уравнений на разностной сетке, покрывающей расчетную область. В качестве разностной схемы применялась схема Мак-Кормака. Для решения использовался метод расщепления по физическим процессам, при котором вначале интегрируется невязкая подсистема уравнений, а затем решение корректируется путем интегрирования вязкой части уравнений Навье-Стокса. Данный подход позволяет на порядок уменьшить время расчета.

Комментарий научного руководителя:

Работа выполнялась по реальной тематике подразделения 02-27-01 НПО машиностроения. Результатом работы является распределение газодинамических параметров в области возмущенной обтекаемым телом.

4.3. Анализ точности аппроксимационного подхода к расчету основных свойств равновесного воздуха в широком диапазоне определяющих параметров



Студентка 4-го курса (АКЗ-81) *Губенко С.В.*
Научный руководитель:
начальник НИЛ 02-27, д.т.н., профессор *Горский В.В.*

При проведении теплоаэрогазодинамических исследований повсеместно используется информация о том или ином наборе свойств газовой (наиболее часто воздушной) среды. При низких температурах все необходимые для расчетов свойства газа хорошо известны, так что проблем с их использованием в этих условиях не возникает.

При высоких же температурах изменяется химический состав среды и, как следствие этого обстоятельства, меняются все основные ее характеристики. Строгий расчет свойств газа сопряжен со значительными трудностями. Использование приближенных подходов, повсеместно используемых в инженерной практике, сопряжено с внесением в расчет значительных ошибок.

Преследуя цель обеспечения инженеров-расчетчиков простыми и высокоточными методами вычисления свойств воздуха, в НПО машиностроения разработан аппроксимационный подход, базирующийся на затабулированных результатах строгих расчетно-теоретических исследований. Аппроксимационные формулы составлялись путем разбиения области определения по температуре на отдельные участки монотонности изменения функции, и на каждом участке подбирались отдельные аппроксимационные зависимости, гладко сопряженные между собой.

В данной работе анализируется точность, которой характеризуется этот подход в широком диапазоне температур и давлений. Анализ проводился путем вычисления относительной погрешности. При этом рассматривается следующий набор параметров воздуха: энтальпия, внутренняя энергия, удельная теплоемкость при постоянном давлении, удельная теплоемкость при постоянном объеме, плотность, коэффициент динамической вязкости и коэффициент теплопроводности. В качестве примера на рисунке приводятся относительные погрешности расчета плотности и вязкости.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод об обоснованности применения проанализированных аппроксимирующих формул в практике выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

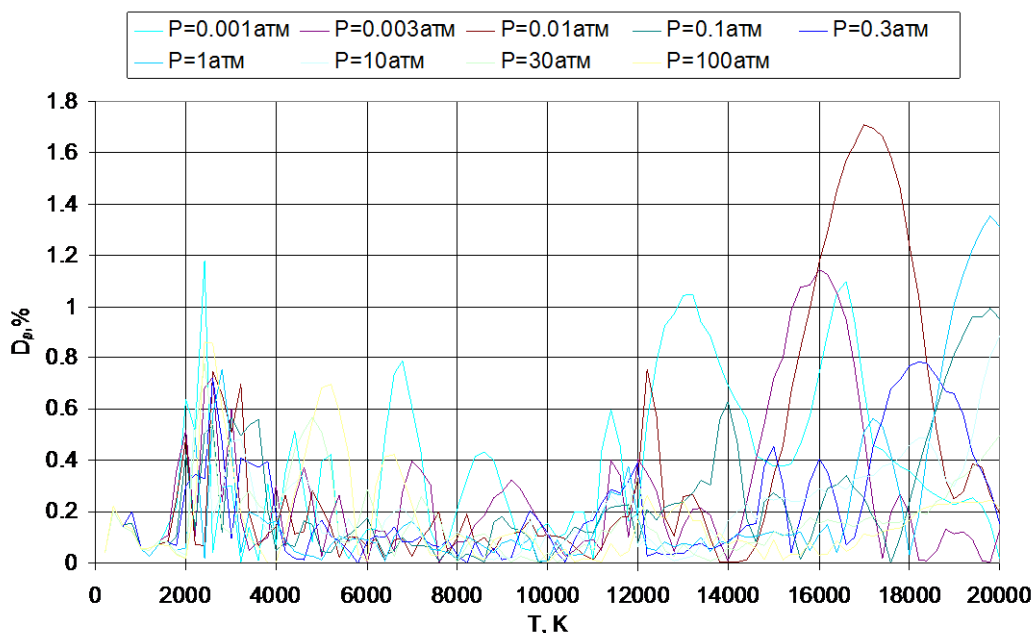


Рис. Относительная погрешность расчета плотности по аппроксимационным формулам для диапазона изменения температур от 200 до 20000 К и изменения давления от 0,001 до 100 атм.

Комментарий научного руководителя:

Работа Губенко С. носит ярко выраженную практическую направленность. За короткий срок работы по этой теме автору удалось разобраться с сутью решаемой проблемы и провести важные для практического использования исследования.

4.4. Конечноэлементное моделирование поведения тонкостенных конструкций летательных аппаратов из неметаллических материалов при механических и тепловых воздействиях



Студент 6 курса (АКЗ-Д1) **Краснов А.В.**
 Научный руководитель:
 академик РАИН, профессор д.ф.-м.н. **Димитриенко Ю.И.**

Неметаллические тонкостенные конструкции (сотовые, подкрепленные, многослойные, на основе композиционных материалов и другие) обладают наиболее высокими показателями жесткость/масса, прочность/масса и в настоящее время активно применяются для изготовления, например, обшивок крыльев, фюзеляжа, аэродинамических рулей управления летательных аппаратов. Перспективным направлением является применение этих материалов для

разработки так называемых "горячих" конструкций, работающих при высоких температурах. В этой связи актуальной является проблема разработки методов расчета поведения неметаллических конструкций при предельных условиях термосилового нагружения, когда возможны процессы терморазложения материалов.

В настоящей работе разработан конечно-элементный метод расчета напряженно-деформированного состояния тонких пластин из неметаллических материалов при термомеханических воздействиях. Особенностью постановки задачи является комплексный подход, в котором в определенных приближениях одновременно рассчитываются аэродинамические, газодинамические, тепловые параметры летательного аппарата, а также термонапряжения и деформации самой неметаллической конструкции.

В качестве исходной модельной конструкции выбрана многослойная тонкая пластина произвольной четырехугольной формы. Была разработана математическая модель расчета эффективных термо-упругих характеристик и прочности 3-х слойных конструкций с сотовым наполнителем. Расчет напряженно-деформированного состояния пластины производился по уточненной модели С.П. Тимошенко с учетом геометрической нелинейности и особенностей поведения неметаллических материалов при высоких температурах. Был разработан конечно-элементный метод решения задачи. В качестве конечных элементов были выбраны треугольные шестиузловые элементы с независимой аппроксимацией перемещений и деформаций. Такой подход обеспечил высокую точность решения и устойчивость вычислительной схемы. В результате выполнения работы были разработаны программы расчета эффективных упругих характеристик сотовых конструкций и напряженно-деформированного состояния пластины произвольной четырехугольной конфигурации.

Для различных вариантов исходных данных (значение внешнего давления, температуры, геометрические параметры пластины) были получены числовые значения узловых перемещений, деформаций и напряжений

Сравнение с тестовыми примерами показало высокую точность результатов расчетов. Это подтверждает обоснованность выбора расчетной схемы и хорошую обусловленность метода конечных элементов для решения данного класса задач.

Результаты моделирования могут быть применены для оценки и прогнозирования работоспособности неметаллических материалов при проектировании перспективных высокоскоростных летательных аппаратов, движущихся в плотных слоях атмосферы.

Комментарий научного руководителя:

Представленная работа носит комплексный характер, в ней сделана попытка одновременного учета (конечно с определенными ограничениями) сложного комплекса проблем: расчета аэродинамических, газодинамических, тепловых характеристик ЛА, термпрочности конструкций и материаловедческих особенностей поведения материалов конструкций при тепловых воздействиях. Необходимость в таком подходе при проектировании перспективных ЛА назрела давно и лишь в настоящее время, в связи с резко возросшим уровнем вычислительных средств, появилась возможность его реализации. В этой связи разработанный метод и вычислительный комплекс, в разработку которого студентом Красновым А.В. внесен важный вклад - создание конечно-элементного расчетного модуля для тонкостенных элементов панельного типа и блоков расчета характеристик сотовых конструкций, окажется весьма полезным и необходимым инструментом для проектировщиков высокоскоростных ЛА.

4.5. Моделирование напряженно-деформируемого состояния из эластомерных резиноподобных материалов при больших деформациях



Студент 6 курса (АКЗ-Д1) *Царев С.М.*
 Научный руководитель:
 академик РАИН, профессор д.ф.-м.н. *Димитриенко Ю.И.*

В настоящее время существует проблема расчета эксплуатационных характеристик элементов машиностроительных конструкций из резиноподобных материалов, длительно (до 20-25 лет) работающих при больших деформациях (элементы амортизаторов, уплотнений, клеевых прослоек и т.п.). Надежные методы поиска решений, которые позволяли бы осуществлять расчет этих конструкций в точной постановке с учетом реальной сложной геометрии, условием несжимаемости, больших деформаций и нелинейного поведения материала, практически отсутствуют. Это относится и к широко известным конечноэлементным программным комплексам.

В настоящей работе была поставлена задача разработки методов расчета осесимметричных и плоских элементов конструкций из эластомерных несжимаемых материалов в точной нелинейной постановке.

Математическая постановка задачи в тензорной форме имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \overset{\circ}{\nabla} \cdot T = 0 & (1) \\ \det F = 1 & (2) \end{cases}$$

$$T = -pE + \frac{\partial \psi}{\partial \varepsilon} = -pE + l_1 E + 2m\varepsilon, \quad (3)$$

где (1) - уравнение равновесия, (2) - уравнение несжимаемости, а (3) - уравнение состояния эластомерного материала. Введены обозначения:

T - тензор истинных напряжений, p - гидростатическое давление, E - метрический тензор, l и m - константы упругости материала, F - градиент деформаций, ε - тензор деформаций Коши-

Грина (левый), связанный с вектором перемещений $\overset{\circ}{u}$ с помощью соотношений:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} (\overset{\circ}{\nabla} \otimes \overset{\circ}{u} + \overset{\circ}{\nabla} \otimes (\overset{\circ}{u})^T + \overset{\circ}{\nabla} \otimes \overset{\circ}{u} \cdot \overset{\circ}{\nabla} \otimes (\overset{\circ}{u})^T). \quad (4)$$

Для решения системы (1)-(4) с соответствующими граничными условиями был разработан вариант метода конечных элементов с использованием трех и шести узловых треугольных конечных элементов.

Для решения нелинейной системы уравнений был разработан итерационный алгоритм. Полученное решение проверялось на тестовых задачах, для которых существует точное решение (задача Ламэ, всестороннее сжатие), Некоторые результаты представлены на рис.1, 2 и 3 для случая расчета элемента амортизатора, работающего при осевом сжатии.

Сравнения с тестовыми задачами показывают хорошее совпадение результатов. Разработанная модель поведения материала при больших деформациях и программно-вычислительный комплекс, могут быть применены для расчетов элементов конструкций из резиноподобных материалов, работающих в сложных эксплуатационных условиях (в том числе с учетом эффектов релаксации и ползучести).

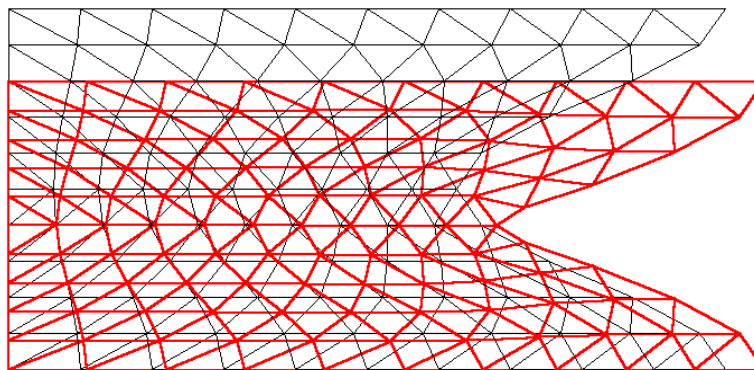


Рис.1 Конечно-элементная сетка для осесимметричного амортизатора в исходном и деформированном состоянии.

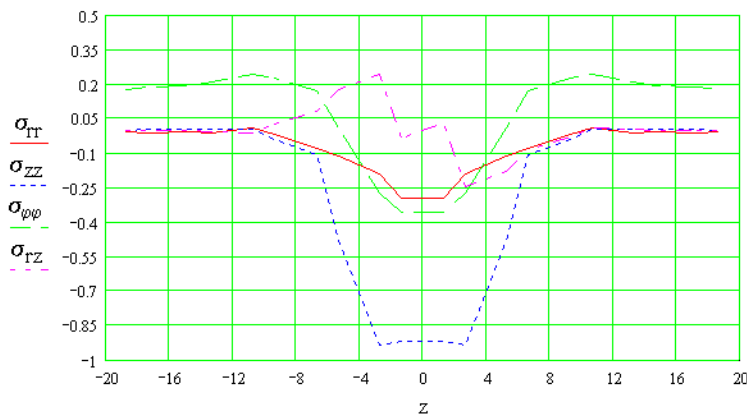


Рис.2 Распределение напряжений (в МПа) по осевой координате z (в мм) на свободном крае амортизатора.

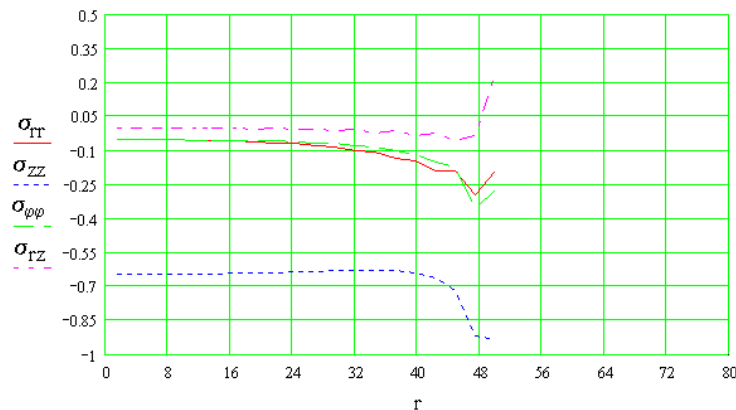


Рис.3 Распределение напряжений (в МПа) по радиальной координате r (в мм) в зоне утонения амортизатора

Комментарий научного руководителя:

Научно-исследовательская работа студента Царева С.М. относится к одному из сложнейших классов задач вычислительной математики: многомерным нелинейным задачам механики сплошной среды с конечными деформациями. Даже современные коммерческие пакеты конечно-элементных программ способны решать такие задачи только при существенных ограничениях. Разработанный в процессе длительной и напряженной работы вычислительный метод и программный комплекс Царева С.М. был подвергнут тщательной проверке и показал хорошие результаты. Применимость достигнутых результатов очень широкая: от указанных расчетов элементов амортизаторов до задач прогнозирования поведения резиноподобных элементов машиностроительных конструкций при длительных и сверхдлительных сроках эксплуатации.

4.6. Разработка численного метода расчета микро- и макронапряжений в оболочечных конструкциях из композитов в пространственной постановке



Студент 6-го курса (АК 3-Д1) *Угодин С.А.*

Научный руководитель:

профессор, д.ф.-м.н., академик РАИН *Димитриенко Ю.И.*

Оболочечные конструкции из композиционных материалов (КМ) широко применяются в аэрокосмической технике, например для изготовления корпусов РДТТ, обтекателей, фюзеляжа ЛА и др. Существующие в настоящее время методы прочностного расчета этих конструкций базируются главным образом на подходах теории оболочек. Попытки учета пространственных эффектов в рамках решения точных уравнений теории упругости применительно к конструкциям из КМ наталкиваются на серьезные инженерные и вычислительные проблемы, связанные с наличием сложной микроструктуры у этих материалов. Подходы, в которых КМ рассматриваются как однородные материалы, не удовлетворяют инженерным требованиям о получении достоверной картины поведения КМ в конструкции, в то же время формальный учет микроструктуры композитов, носящей к тому же статистический характер, приводит к невероятным вычислительным трудностям даже для современных средств вычислений. Выход из этой проблемы в настоящее время, по-видимому, состоит в разумном сочетании точных пространственных вычислений конструкций из КМ с эффективными характеристиками и модельных локальных задачах, учитывающих микроструктуру материалов.

Указанный подход был реализован в настоящей работе для осесимметричных оболочечных конструкций из КМ, образованных методом намотки. В качестве примера расчета был взят фрагмент конструкции композитного корпуса РДТТ в зоне компенсатора (см. рис.1). Общий алгоритм работы заключался в следующем:

- Задавалась структура композита и характеристики его компонентов.
- Строилась модель композита и подбиралась соответствующая вычислительная модель,
- Проводился расчет эффективных характеристик всего композита;

- Задавалась геометрия оболочечной конструкции из КМ;
- Методом МКЭ вычислялись макронапряжения в каждом элементе композитной конструкции;
- Вычислялись тензоры концентрации напряжений в КЭ конструкции и в каждом структурном элементе композита;
- определялись микронапряжения в интересующих элементах конструкции;
- выбирался критерий прочности отдельного структурного элемента композита и сценарий разрушения композита в целом;
- проводилось вычисление прочности элемента конструкции.

На рис.1 представлен пример расчета конструкции корпуса РДТТ под внутренним давлением, показана КЭ сетка и соответствующая деформированная сетка. На рис. 2 показаны распределения макронапряжений в конструкции, по которым далее рассчитывались микронапряжения и проводился анализ условий возможного разрушения конструкции.

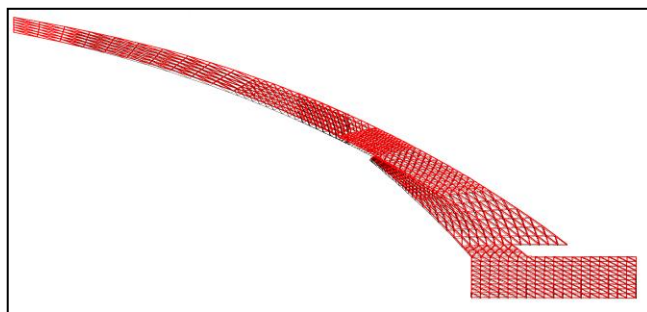


Рис.1 Конечно-элементные сетки элемента корпуса РДТТ из КМ

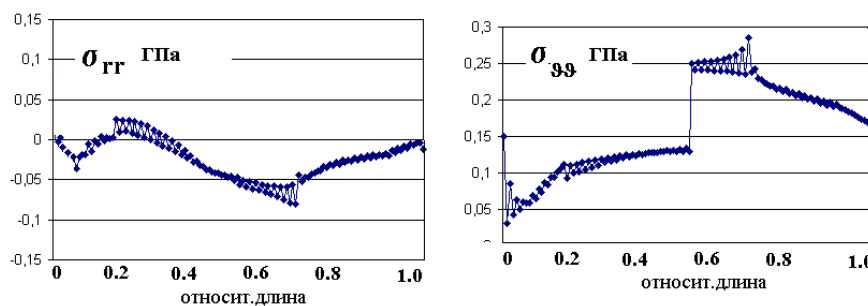


Рис.2 Распределения макронапряжений в оболочке корпуса из КМ

Выводы: разработанный подход к задаче расчета прочности конструкций из КМ позволяет получать более достоверную картину поведения самого материала в различных зонах конструкции, что особенно важно при проектировании предельных конструкций, работающих с минимальными запасами прочности. Программный комплекс, реализующий данную методику вычислений, может быть применен для расчета достаточно широкого класса конструкций из КМ, применяемых в различных областях техники.

Комментарий научного руководителя:

Работы по усовершенствованию методов расчета прочности конструкций из композитов широко ведутся в настоящее время как в России, так и за рубежом. Важнейшей проблемой является выбор разумного сочетания точности вычислений при микроструктурном моделировании и вычислительных затрат на такие расчеты. В представленной студентом Угодиным С.А. работе предложен и, что немаловажно, реализован один из, по-видимому, наиболее

рациональных способов решения указанной альтернативы. Результатом работы явился программный комплекс, который позволяет проводить прочностные расчеты оболочечных конструкций для разнообразных структур КМ, и что особенно ценно, в интерактивном режиме, чего не удастся достичь при использовании стандартных коммерческих конечноэлементных пакетов. Представленная работа без сомнения будет весьма полезным для специалистов-разработчиков перспективных конструкций из КМ.

4.7. Моделирование пространственно-армированных композиционных материалов методом конечных элементов



Студент 6-го курса (АКЗ-Д1) *Каишкарров А.И.*

Научный руководитель:

академик РАИН, профессор, д.ф.-м.н. *Димитриенко Ю.И.*

Применение пространственно – армированных композиционных материалов в ракетно-космической авиационной технике позволяет создавать элементы конструкций, такие как наконечники головных частей ракет, критические сечения сопловых блоков РДТТ, элементы тормозных дисков сверхзвуковых самолетов и др., с характеристиками существенно превышающими аналогичные показатели для конструкций из традиционных материалов. Кроме того, у пространственно – армированных композитов имеется возможность варьировать в достаточно широком диапазоне их характеристики за счет подбора внутренней структуры, исходя из конкретных требований применения материала в конструкции.

Существующие в настоящее время методы расчета эффективных характеристик композиционных материалов в подавляющем большинстве являются приближенными и, как правило, не обладают достаточной точностью вычислений. В тоже время, имеющиеся методы точного расчета эффективных характеристик в основном не эффективны, так как основаны на решении сложных систем интегро-дифференциальных уравнений с периодическими граничными условиями.

В настоящей работе рассматривалась математическая задача расчета комплекса упруго-прочностных характеристик пространственно - армированных композитов в точной трехмерной постановке. Была также поставлена задача разработки эффективного метода расчета макросвойств композита, исходя из свойств волокон, матрицы и параметров внутренней структуры.

Для решения данной задачи был применен метод асимптотического осреднения периодических структур, который был модифицирован путем перехода от условий периодичности и интегральных уравнений, характерных для этого метода, к условиям симметрии задачи. Это позволило эффективно применить технику метода конечных элементов для решения так называемой задачи «на ячейке периодичности» (ЯП).

Для решения этой модифицированной задачи был применен МКЭ. Расчет проводился как с помощью специализированного конечноэлементного программного комплекса ANSYS 5.5, так и с помощью программного комплекса собственной разработки. Разработанный программный комплекс тестировался на задаче расчета 1D композита, для которого существует

точное аналитическое решение, полученное Б.Е. Победрей, расчет показал удовлетворительную точность решения. Затем был проведен расчет 3-D ортогонального композита.

После тестовой задачи проводился расчет непосредственно поставленной задачи. Результаты решения сравнивались с результатами, полученными в ПК ANSYS 5.5. Сравнение результатов показало высокую точность решения – погрешность не превышает 1%.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты решения –графики микронапряжения σ_{13} для задачи Ж₁₃₃₁, а на рисунках 3 и 4 - графики микронапряжения σ_{33} для задачи Ж₃₃.

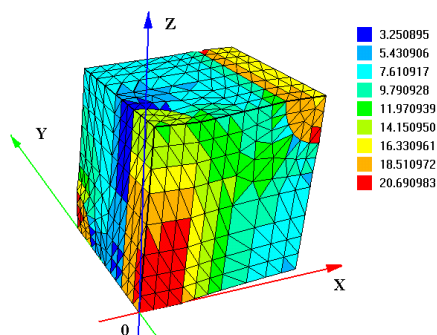


Рис.1. Задача Ж₁₃₃₁ (разработанный ПК)

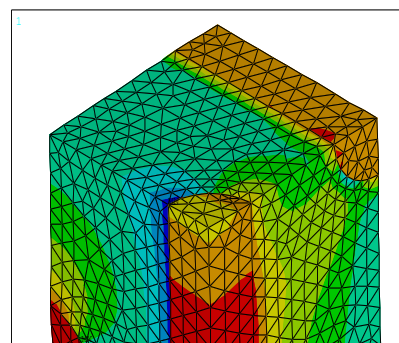


Рис.2. Задача Ж₁₃₃₁ (ПК ANSYS 5.5)

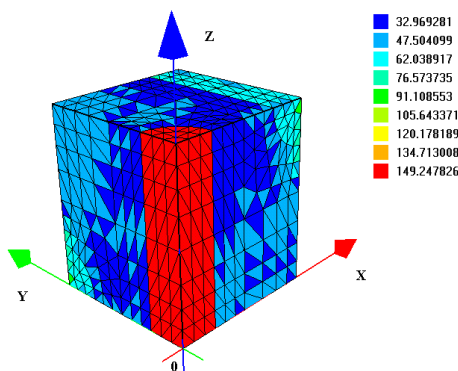


Рис.3. Задача Ж₃₃(разработанный ПК)

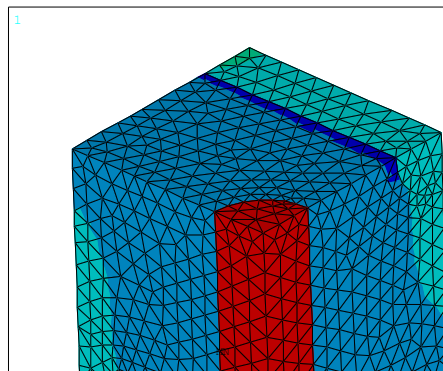



Рис.4. Задача Ж₃₃(ПК ANSYS 5.5)

Разработанная модель, метод решения и программная реализация являются составными элементами автоматизированной системы оптимального проектирования пространственно - армированных композитов, которая позволяет проектировать материалы данного класса с наперед заданными свойствами.

Комментарий научного руководителя:

Разработка точных методов расчета характеристик композиционных материалов представляет собой очень важную для практики и вместе с тем математически сложную задачу, требующую не только привлечения мощных вычислительных средств, но и искусства работы с математическими уравнениями, с тем чтобы найти экономичные и эффективные способы решения задачи. Студент Кашкаров А.И. успешно справился с этими задачами: разработанный им программный комплекс по эффективности сопоставим с лучшими образцами "тяжелых" коммерческих программных пакетов, и в то же время содержит новый оригинальный подход в решении специализированной задачи - разработки автоматизированной системы проектировщика новых композиционных материалов.

4.8. Моделирование процессов фильтрации в повреждаемых пористых средах

	<p>Студентка 6-го курса (АК 3-Д1) <i>Алексеева В.А.</i> Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н., академик РАИН <i>Димитриенко Ю.И.</i></p>
---	---

Процессы фильтрации в поврежденных пористых средах имеют большое промышленное значение. Так, например, дегазация угольных пластов и вмещающих пород является неотъемлемой частью технологии угледобычи для большинства угольных шахт СНГ. В 1957 г. Ножкин Н.В. предложил метод воздействия на угольный массив с целью его предварительной дегазации, получивший название направленного гидравлического расчленения пласта. Сущность технологии гидрорасчленения заключается в закачке рабочей жидкости в пласт через скважины с темпом, приводящим к превышению естественной приемистости пласта и обеспечивающим раскрытие, расширение и соединение пластовых трещин в единую систему, ориентированную к нагнетательной скважине. Проблемы совершенствования технологии, оптимизации режимов закачки требуют разработки математической модели процессов: она должна позволить при заданном изменении расхода воды во времени определить распределение давления в пласте и определить окрестность, в которой произошло гидрорасчленение.

Этот процесс обладает рядом особенностей, усложняющих поиск метода решения:

- 1) Угольный пласт является анизотропной средой, т. е. его фильтрационные свойства зависят от направления;
- 2) Коэффициент фильтрации угольного пласта является существенно нелинейной функцией давления. При достижении некоторого критического давления и разрыве микротрещин он скачкообразно возрастает;
- 3) При нагнетании воды в пласт присутствуют потери воды в кровлю и почву, которые зависят от давления.

Уравнение фильтрации для задачи гидронасыщения угольного пласта с начальными и граничными условиями в цилиндрической системе координат приведено к виду:

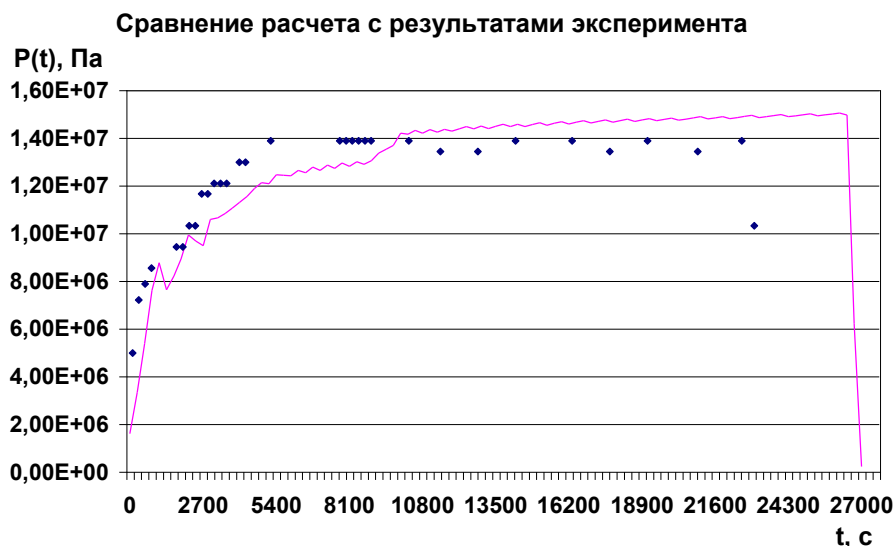
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot K(P) \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot K(P) \frac{\partial P}{\partial y} \right) + f(P) = C(P) \frac{\partial P}{\partial t} \\ - \frac{H}{\rho g} \int \vec{n} \cdot (K \cdot \nabla P) dl = Q(t) \\ P|_{x=\infty} = P_0 \\ P|_{y=\infty} = P_0 \\ P(x, y, t)|_{t=0} = P_0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r K(P) \frac{\partial P}{\partial r} \right) + f(P) = C(P) \frac{\partial P}{\partial t} \\ - \frac{2\pi_0 H}{\rho g} K(P) \frac{\partial P}{\partial r} \Big|_{r=r_0} = Q(t) \\ P|_{r=\infty} = P_0 \\ P(r, t)|_{t=0} = P_0 \end{array} \right.$$

Эта одномерная задача Q, ρ – расход воды и ее плотность решается численно с использованием неявной нелинейной разностной схемы с опережением, которая абсолютно устойчива

и монотонна при любых шагах. Результаты расчетов дают хорошее совпадение (см. рис.) с экспериментальными данными (давление на границе скважины).

Средняя относительная погрешность результатов расчета по сравнению не превышает 30%, что считается вполне удовлетворительным.

Расчетный радиус гидрорасчленения также хорошо согласуется с косвенными оценками и экспериментальными данными.



Комментарий научного руководителя:

Проблема разработки математических моделей процессов фильтрации в различных средах, несмотря на свою достаточно обширную предысторию, по-прежнему стоит очень остро: промышленное и научное "освоение" новых многофазных сред выявляет новые неожиданные особенности и эффекты, которые требуют поиска новых моделей. Представленную студенткой Алексеевой В.А. работу в этом смысле можно назвать классической работой по математическому моделированию, возникшую из промышленной практики. Задачу поиска оптимальных параметров технических установок гидрорасчленения пластов она сформулировала как математическую проблему, выделила в ней новые аспекты, связанные с нелинейным характером процессов фильтрации в повреждаемых грунтах, предложила численный метод ее решения, разработала программный комплекс для реализации этого метода и провела его тестирование. Неудивительно, что результаты этой тщательно выполненной работы в настоящее время уже находят практическое применение.



4.9. Моделирование термомеханических процессов в аблирующих композиционных материалах при локальном нагреве излучением



Студент 6-го курса (АКЗ-Д1) *Поваринцев К.В.*
 Научный руководитель:
 академик РАИН, профессор, д.ф.-м.н. *Димитриенко Ю.И.*

Термомеханическое поведение композиционных материалов при высоких и нормальных температурах существенно различается. Основные различия заключаются в следующем:

- при высоких температурах происходит необратимое изменение (деградация) всех тепло-механических и теплофизических свойств материала, зачастую носящее сложный нелинейный характер, зависящее от продолжительности выдержки при высокой температуре;
- при высоких температурах в матрице и волокнах происходят сложные внутренние физико-химические процессы, называемые общим понятием «абляция» и протекающие по-разному для матрицы и волокон, что приводит к возникновению значительных внутренних термонапряжений. Вообще говоря, композиты при высоких температурах представляют собой многофазную систему, состоящую из твёрдых, газообразных и жидких фаз, механически и химически взаимодействующих между собой.

В работе была поставлена задача моделирования термомеханических процессов, происходящих в аблирующих композиционных материалах при локальном нагреве излучением (см. рис.).

При локальном нагреве по заданному закону в зависимости от времени для моделируемого образца (круглая пластина из слоисто-волоконистого композита) рассчитывались:

- распределение температуры в образце;
- движение поверхности абляции (выгорание материала);

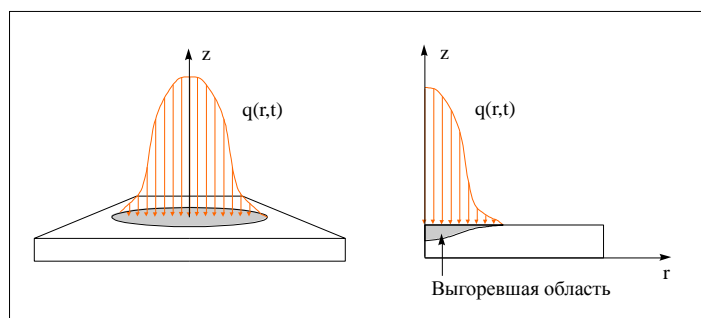


Рис. Тепловой поток $g(r,t)$ при локальном нагреве излучением

- изменение свойств материала в зависимости от температуры;
- напряжённо-деформированное состояние образца.

Для моделирования описанных процессов был создан программный комплекс, включающий в себя следующие модули:

- модуль расчёта распределения температур, термодформаций и движения поверхности абляции;
- модуль расчёта напряжённо-деформированного состояния;
- модуль расчёта характеристик композиционного материала в зависимости от его структуры с учётом высокой температуры.

Для расчёта распределения температур решается система уравнений тепломассопереноса с учётом изменения внутренней структуры материала при нагреве. Система решается двухшаговым конечно-разностным методом расщепления.

Задача определения напряжённо-деформированного состояния образца ставится в рамках теории малых деформаций твёрдого тела. Решение задачи производится методом конечных элементов для линейно-упругих сред с учётом термодформаций.

Упругие характеристики композита в зависимости от его структуры (количества слоёв, углов укладки для каждого слоя, объёмной доли волокна для слоисто-волоконистого многослойного композита) рассчитываются с помощью метода сложения слоёв, основанного на гипотезах Фойгта-Рейсса.

Комментарий научного руководителя:

Работа посвящена исследованию сложных нелинейных динамических процессов, происходящих в композиционных материалах при высокоинтенсивном нагреве излучением. Математически проблема сводится к решению связанной задачи внутреннего тепломассопереноса в области с подвижными границами и задачи механики деформируемого многофазного тела с переменными свойствами. Ввиду чрезвычайной сложности, имеется очень малое число работ, в которых решались бы многомерные задачи в такой постановке. Следует отметить, что коммерческие пакеты прикладных программ "не умеют" решать задач такого класса. Разработанный студентом Поваринцевым К.В. программный комплекс решения задач указанного типа обладает не только хорошей вычислительной эффективностью, но и одновременно отличается мастерством программной реализации.

4.10. Применение метода статистического моделирования для расчета надежности тонкостенной цилиндрической оболочки при случайных силовых воздействиях



Студентка 6-го курса (АКЗ-Д1) ***Рохлина А.М.***
Научный руководитель:
академик РАИИ, профессор, д.ф.-м.н. ***Димитриенко Ю.И.***

В данной работе рассматривается тонкостенная цилиндрическая оболочка из дисперсно-армированного композиционного материала. Оболочка закреплена на торцах и нагружена давлением вида: $p(\vec{r}, t) = p(\vec{r})X(t)$, где $p(\vec{r})$ - неслучайная функция от координат; $X(t)$ - стационарный гауссовский случайный процесс с известными вероятностными характеристиками (рис. 1).

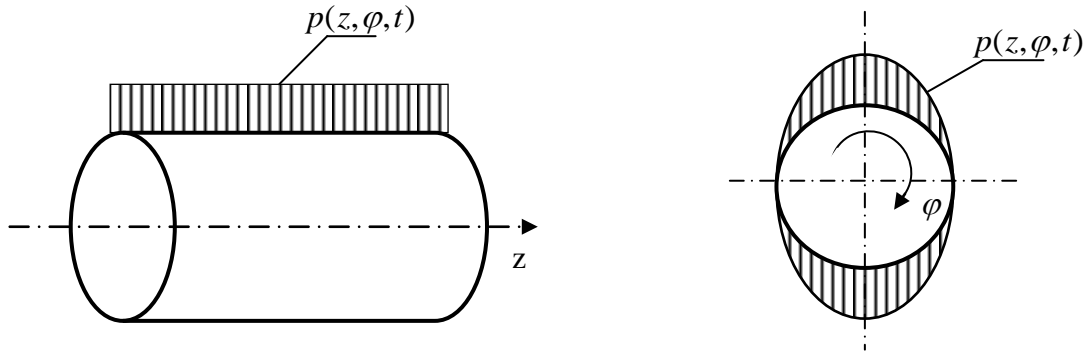


Рис.1

В качестве меры повреждаемости оболочки выбирается функционал вида:

$$Z(t, \vec{r}) = B \sigma_u^2(t, \vec{r}) + \int_0^t K(t - \tau) \sigma_u^2(\tau, \vec{r}) d\tau \quad (1),$$
 где $\sigma_u^2(t, r)$ - интенсивность напряжений в оболочке;

вид функции $K(\tau)$ выбирается в зависимости от модели длительной прочности материала (в данной работе $K(\tau) = K_0 \frac{1}{\tau^\alpha}$); B, K_0, α - константы, зависящие от прочностных характеристик материала.

Условие разрушения оболочки имеет вид:

$$Z(t^*, \vec{r}) = 1 \quad (2)$$

При случайных нагрузках функционал $Z(t)$ представляет собой случайный процесс, поэтому задача расчета надежности ставится следующим образом:

- определить вероятность достижения границы $Z(t^*, \vec{r}) = 1$ случайным процессом $Z(t, \vec{r})$ на заданном временном интервале $(0, T)$;
- построить функцию распределения времени первого выхода случайного процесса $Z(t, \vec{r})$ за границу $Z(t^*, \vec{r}) = 1$.

Общая концепция метода статистического моделирования для решения данной задачи заключается в следующем: с помощью датчика случайных чисел ЭВМ моделируются N независимых реализаций случайного процесса $p(\vec{r}, t)$. Каждой реализации процесса $p(\vec{r}, t)$ соответствует реализация случайного процесса $Z(t, \vec{r})$. Таким образом, получаем N независимых реализаций случайного процесса $Z(t, \vec{r})$. Вероятность достижения границы случайным процессом $Z(t, \vec{r})$ распределена по биномиальному закону. Тогда задача определения вероятности достижения границы $Z(t^*, \vec{r}) = 1$ сводится к оценке параметров биномиального распределения по результатам N независимых опытов.

Для расчета НДС оболочки рассматривается задача динамики для тонкостенных оболочек в рамках модели Тимошенко. С учетом допущений модели Тимошенко решение задачи динамики сводится к решению системы дифференциальных уравнений в цилиндрической системе координат (r, z, φ) :

$$L_{z, \varphi} U(z, \varphi, t) = \frac{\partial^2 U(z, \varphi, t)}{\partial t^2} + \bar{p}(z, \varphi, t) \quad (3),$$

где $L_{z,\varphi}$ - дифференциальный оператор 2-го порядка по координатам z, φ ;

$U(z, \varphi, t)$ - вектор-функция перемещений.

Система уравнений (3) с заданными граничными и начальными условиями определяют стохастическую начально-краевую задачу динамики. Для решения данной задачи применяется метод канонических разложений случайных процессов. Случайный процесс $p(\vec{r}, t)$ на интервале $(-T, T)$ можно представить в виде:

$$p(\vec{r}, t) = \bar{p}(\vec{r}) + p(\vec{r}) \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k \exp(i\omega_k t) \quad (4),$$

где X_k - некоррелированные случайные числа с нулевыми мат ожиданиями и дисперсиями, равными коэффициентам ряда Фурье корреляционной функции $k(\tau)$ случайного процесса $X(t)$ на интервале $(-2T, 2T)$. Таким образом, реализации процесса $p(\vec{r}, t)$ определяются реализациями коэффициентов X_k . Тогда решения системы (3) можно представить в виде:

$$U(z, \varphi, t) = \bar{U}(z, \varphi) + \sum_{k=-\infty}^{\infty} U_k(z, \varphi) \exp(i\omega_k t),$$

где $U_k(z, \varphi)$ находятся из системы (3) при соответствующих k .

По решению системы (3) рассчитываются макронапряжения в оболочке. Макронапряжения являются осредненными характеристиками, не учитывающими структуру композиционного материала. Композиционный материал оболочки представляет собой двухслойную систему, один слой которой – силовой волокнистый пластик, а второй – покрытие из дисперсно-армированного материала, который представляет собой матрицу со сферическим наполнителем. Упругие характеристики матрицы и наполнителя различны. Так как матрица больше подвержена разрушениям, чем наполнитель, дальнейший расчет проводится по макронапряжениям в матрице:

$$\tilde{\sigma}^{[n]}(\tau, \vec{r}) = \tilde{B} \sigma(\tau, \vec{r}),$$

где \tilde{B} – тензор концентрации напряжений.

Интенсивность напряжений $\sigma_u^2(\tau, \vec{r})$ рассчитывается по критерию Мизеса. Расчет надежности проводится для критических точек (z^*, r^*, φ^*) , где ожидается наибольшие напряжения. На рисунке 2 показаны реализации случайной функции $\sigma_u^2(\tau, \vec{r}^*)$:

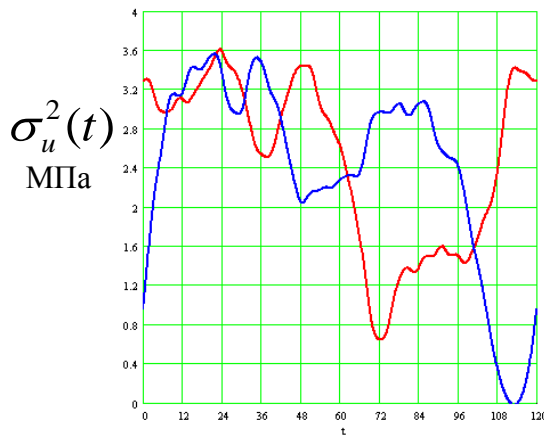


Рис.2

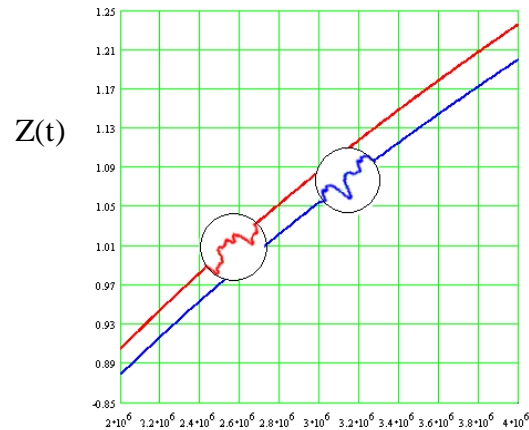


Рис.3

На рисунке 3 показаны реализации случайного процесса $Z(t, \vec{r}^*)$:

В работе разработан алгоритм расчета надежности конструкций из композиционных материалов при случайных нагрузках с учетом микроструктуры композита. Метод статистического моделирования в применении к задачам надежности не требует проведения натурных экспериментов и позволяет оценивать остаточный ресурс конструкций из композиционных материалов в аэрокосмической технике при различных типах случайных нагрузок.

Комментарий научного руководителя:

В данной работе разработан оригинальный подход к решению важной практической задачи – разработки методов расчета надежности конструкций из композиционных материалов. Необходимость в этих методах ощущается в настоящее время особенно остро в связи с проблемами оценки остаточного ресурса конструкций аэрокосмической техники. Вообще же работа студентки Рохлиной Н.М. весьма перспективна, если рассматривать ее применительно к проблеме разработки методик и программных средств для проектирования конструкций из композитов с учетом их будущей надежности и долговечности. Задача, представленная в данной работе, является начальным этапом этого нового, очень необходимого для промышленности направления.

4.11. Решение обратного уравнения лазерной локации с помощью генетического алгоритма



Студент 7-го года обучения (факультет АК, каф. ФН-2) **Мишин А. В.**
и аспирант каф. ФН-2 **Камша К.Н.**

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент каф. ФН-2 **Алехнович В.И.**

В последнее время большой интерес вызывают многочисленные задачи мониторинга окружающей среды. Подобные задачи связаны с разработкой различных методов определения количественного и качественного состава антропогенных и природных веществ, содержащихся в атмосфере, почве, водоёмах. Необходимость решения задач такого рода возникает во многих аспектах человеческой деятельности, например, при исследовании экологии атмосферы, концентрации озонового слоя, нефтяного загрязнения бассейнов, количества фитопланктона в поверхностных водах. Особенно остро поднимается проблема мониторинга окружающей среды при химическом и радиоактивном загрязнении.

При исследовании аэрозоля в работе используется лидарная система, основанная на применении лазера. Генерируется лазерный луч мощностью P_0 , проходящий через атмосферу. Наличие аэрозолей ослабляет последний в соответствии с уравнением лазерной локации. Принимается ослабленный сигнал, мощность которого

$$P(z) = P_0(c\tau/2) \beta_\pi(z) Y(z) z^{-2} \exp\{-2 \int_0^z \alpha(z) dz\},$$

где c – скорость света, τ - длительность импульса, $\beta_\pi(z)$ – объёмный коэффициент обратного рассеяния для атмосферы, z – расстояние, $Y(z)$ – геометрическая функция лидара, $\alpha(z)$ – объёмный коэффициент ослабления.

Трудности решения уравнения лазерной локации заключаются в необходимости определения двух неизвестных $\beta_\pi(z)$ и $\alpha(z)$. Для поиска решения обратной задачи требуется минимизировать функционал

$$M^\alpha[\hat{z}_s^\alpha, \hat{u}_s] = \|Az - \hat{u}_s\|_U^2 + \alpha \Gamma(z) \rightarrow \min$$

Удовлетворение ряду требований, которые предъявляются неизвестной функции z , позволяет применить регуляризирующий алгоритм Тихонова для поиска решения уравнения. В данной работе представлена попытка адаптации генетического алгоритма для решения сложной оптимизационной обратной задачи по определению количественного и качественного состава в сложных смесях (газо-аэрозольных) по спектрографическим данным. Для анализа пригодности генетического алгоритма для решения задачи минимизации использовался алгоритмом Тихонова на тестовых примерах. Решения, полученные с помощью генетического алгоритма и известного алгоритма Тихонова, были оценены с позиции сходимости методов, устойчивости к внешним возмущениям и ошибочных исходных данных.

V. *Образование.*

22. **Разработка и внедрения адаптивной технологии изучения иностранных языков студентами Аэрокосмического факультета**



Студент 4-го курса (АКЗ-81) **Брянский А.А.**
 Научный руководитель:
 ст. преподаватель каф. ИНО **Пашутина А.Ю.**

Практическое владение иностранными языками имеет большое значение в условиях научно-технического прогресса. Оно является неотъемлемым компонентом профессиональной подготовки специалистов. С целью повышения квалификации будущих специалистов на Аэрокосмическом факультете МГТУ им. Н.Э.Баумана в рамках факультатива было организовано обучение английскому языку по специально разработанной программе, в которой нашли отражение самые современные образовательные технологии.

Основной целью данной программы и, в некотором роде, ее особенностью является совмещение в одном курсе, связь в единое целое как базовых, так и углубленных понятий о языке, вкупе с завершающим обучением техническому переводу. Такое построение дает возможность подключать к процессу обучения желающих с любым уровнем подготовки, формируя ко времени прохождения курса знания и навыки, достаточные как для повседневного обще-

ния, так и для разговора на специализированные технические темы. Необходимо отметить, что, в связи с чрезвычайно быстрым, революционным развитием рынка информационных технологий, именно этой тематике посвящена большая часть завершающей ступени курса.

Естественно, что сам процесс обучения должен был быть модифицирован для лучшего соответствия современным требованиям. Для осуществления этих целей в данном курсе широко используются как современные методические материалы, так и технические средства. Достигнуто оптимальное сочетание разговорной практики и работы с техникой, включая аудирование и использование интерактивных обучающих программ. Последние позволяют предоставить обучающимся грамматическую программу, охватывающую все основные категории языка, а также оригинальные англоязычные тексты с образцами произношения, широкий выбор информации лингвострановедческого характера. Часто используется сочетание традиционных и нетрадиционных, коммуникативных методов обучения, например, с привлечением игр. Быстрое включение слушателей в процесс обучения происходит благодаря работе в маленьких группах, смене видов работы (устная речь, письменная речь, чтение, аудирование), хорошей обратной связи.

В отличие от других подобных курсов, в предложенном предусмотрена возможность привлечения к процессу обучения специалистов в различных областях, владеющих техническим английским языком. Также в качестве завершающего курса контрольного мероприятия запланирована курсовая работа на английском языке, позволяющая слушателям получить опыт составления реальной технической документации, работы с оригинальными источниками.

В рамках раскрывающихся перспектив и возможностей, расширяющихся контактов с зарубежными партнерами данный курс является по-настоящему полезным и определенно способен быстро реагировать на изменяющуюся ситуацию на рынке труда и высоких технологий, что подтверждается постоянным и устойчивым желанием все новых и новых студентов участвовать в нем, явным повышением уровня владения языком у уже обучающихся. Необходимо также отметить, что каждый слушатель проходит индивидуальное тестирование и собеседование, что является гарантией попадания его на нужный ему уровень обучения. Безусловно, это сильно снижает временные затраты на подготовку будущего специалиста и позволяет повысить эффективность всей системы обучения. Первый выпуск факультатива состоится уже в этом году и, несомненно, выпускники должны быть и будут востребованы.

Комментарий декана:

Второй учебный год на Аэрокосмическом факультете функционирует факультатив английского языка, руководимый А.Ю. Пашутиной. Основная его цель – удовлетворить запросы студентов и базового предприятия. Важный элемент разрабатываемой нами системы языковой подготовки – адаптация будущих специалистов к реальным условиям их будущей инженерной деятельности.

Большое значение имеет активное участие в образовательном процессе в качестве ассистентов преподавателя студентов факультета, отлично владеющих английским языком: М. Гутниковой, Е. Сидоренко и автора доклада, студента А. Брянского.

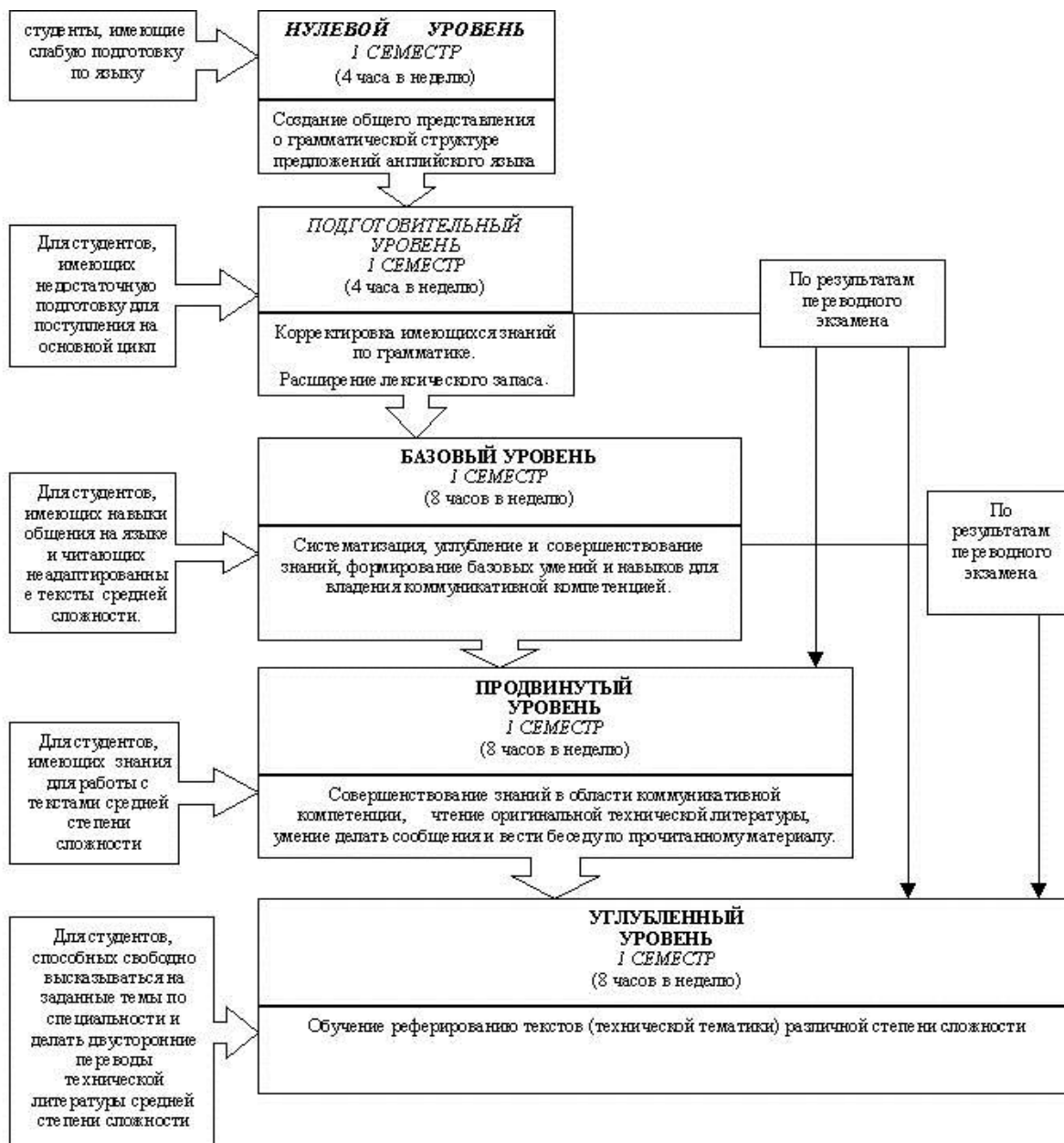


Рис. Функциональная схема адаптивного факультатива английского языка на Аэрокосмическом факультете.