

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.Е. ЖУКОВСКОГО
"ХАРЬКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ"**

**ОТКРЫТЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ
И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Сборник научных трудов

Выпуск 35

**Харьков
«ХАИ»
2007**

ББК 32.973.3
О 83
УДК 629.7.01; 681.327.11

Утверждено к печати ученым советом Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», протокол № 10 от 20.06.2007 г.

Редакционная коллегия: А. И. Бабушкин, П. В. Балабуев, В. К. Борисевич, В. Е. Гайдачук, А. Г. Гребеников, Н. В. Ефремова, В. В. Кириченко, Б. М. Конорев, В. С. Кривцов, А. К. Мялица, В. И. Рябков, И. Б. Сироджа, В. Г. Сухоребрий, О. Е. Федорович, В. Н. Фурашев

Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов. Вып. 35. - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2007. –228 с.

ISBN 966-662-149-5

Освещены вопросы аэродинамики, прочности, конструкции и технологии производства авиационной техники, методы интегрированного проектирования, подготовки производства, инженерного анализа с помощью систем CAD/CAM/CAE. Представлены методы обеспечения безопасности конструкций при длительной эксплуатации, системы информационного обеспечения жизненного цикла самолетов, системы обеспечения безопасности жизнедеятельности для летательных аппаратов, вопросы экономического анализа рисков, методы поддержки, принятия управленческих решений.

Для специалистов промышленных и научных организаций, преподавателей и студентов.

**Адрес редакционной коллегии: 61070, г. Харьков, ул. Чкалова, 17,
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»,
тел. (057) 707-43-63**

**Свидетельство о государственной регистрации КВ №7975 от 09.10.2003 г.
В сборнике публикуются статьи на украинском и русском языках.**

ISBN 966-662-149-5

**© Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2007**

Содержание

В.С. Кривцов, П.О. Науменко, В.Д. Белый, А.Г. Гребеников, В.В. Парфенюк, И.И. Капцов, С.В. Удовиченко, А.В. Корнев. Концепция создания авиационного беспилотного комплекса	5
Е.Т. Василевский, В.А. Гребеников, А.М. Гуменный, С.П. Светличный. Метод анализа характеристик локального НДС при растяжении пластин с отверстиями	13
М.И. Никифорова. Эталонная модель для оценки вероятности потери технической устойчивости ракеты-носителя	30
Е.С. Голубничая. Выбор оптимальной рабочей точки системы стабилизации ракеты-носителя по критерию вероятности устойчивости	37
А.Г. Гребеников, А.А. Сердюков. Метод создания трехмерного аналитического эталона поверхности вертикального оперения пассажирского самолета, его агрегатов и сборных узлов в CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS	45
В.С. Проценко, Т.В. Денисова. Теоремы сложения гармонических функций в координатах эллиптического цилиндра и сжатого эллипсоида вращения и их приложение к решению контактной задачи о совместном вдавливании в упругое полупространство полосового и кругового штампов	63
С.А. Калкаманов, А.П. Корниенко, В.А. Христов, И.Н. Ключников. Компьютерное моделирование в задачах анализа и проектирования систем воздушных сигналов винтокрылых летательных аппаратов	69
Е.Д. Ковалев, А.Б. Леонтьев. Синтез алгоритма математической модели имитации акселерационных воздействий при проектировании системы подвижности авиационного тренажера	75
Н. Д. Кошевой, А.Н. Сильвестров. Две стратегии идентификации реальных объектов	81
В.В. Баранник, Н.А. Королева, И.В. Ковтун. Метод компактного представления изображений в стандарте TETRA	86
С.А. Бычков, А. Г. Гребеников, Г.Б. Варшавяк. Формирование функции полезности при свёртке критериев векторной оптимизации проектных параметров пассажирского самолёта на этапе предварительного проектирования	92
А.Ф. Махмуд. Экспериментальное исследование взаимодействия пограничного слоя на плоской пластине с генераторами вихрей	99
П.Ф.Поляков, И.Ш. Невлюдов, В.А. Палагин, В.А. Хорунжий, В.П. Поляков, Я.Ю. Королева. Мини-, микро- и нанороботы	104
Е.Н. Коробкова, Ю.И. Ялинич. Приложение свойств обобщённых логических функций к синтезу многофункциональных триггерных устройств	114
Н.Э. Хомякова, Р.П. Волощук. Имитационное моделирование автоматизированной системы программного и оптимального корректирующего управления развитием производства	120

С.А. Нестеренко, О.А. Усова. Распределение информационных потоков ERP-системы на предприятии при ее введении	127
Д.В. Ландэ, В.Н. Фурашев. Объектно-статистический анализ информационных потоков	133
И.А. Гончар, А.А. Подойницына. Проблемные вопросы управления риском в проектном менеджменте	138
В.Б. Минтюк. Способ построения базиса для решения краевых задач в обыкновенных производных вариационными методами	143
И.Б. Некрасов. Модель информационной системы управления проектами строительной корпорации на основе Microsoft Enterprise Project Management Solution 2003	149
В.А. Пильщиков, Я.В.Найдыш. Конкурентоспособная экономика как база ноосферного развития общества	155
В.М. Вартамян, К.В. Шведова. Актуальные проблемы организационно-методологического обеспечения информационных технологий обучения	161
О.Е. Федорович, Т.И. Крахмалева. Построение модели управления интеллектуальной собственностью как элемента процесса управления качеством и ресурсами инновационных проектов	165
Н.Н. Гора. Системная логистическая модель управления качеством	171
Л.Д. Греков, О.Е. Федорович. Структурный анализ реинжиниринга территориально распределенных компаний	176
Ю.А. Морозова, Е.П. Киричук. Обоснование актуальности исследования методов оценки рыночной стоимости предприятий	180
В.Л. Клеєвська, В.О. Максименко. Інформаційна технологія прогнозування основних параметрів зони можливого ураження ймовірної пожежі внаслідок впливу теплового випромінювання	183
Н.Д. Кошевой, Е.Е. Калашников, Г.А. Черепашук. Экспериментальное исследование весоизмерительной системы непрерывного действия	196
І.А. Усова, О.М. Гончаренко. Сучасні фінансові методи управління інвестиційними проектами на підприємствах	200
В.М. Вартамян, Д.С. Муллалиева. Информационная система мониторинга качества образовательного процесса ВУЗа	206
Д. В. Головань. Комплексный показатель для оценки качества инновационных проектов	212
Рефераты	216
Требования к оформлению статей в тематический сборник научных трудов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии»	227

**За достоверность информации несет ответственность автор.
При перепечатывании материалов сборника ссылка на «Открытые
информационные и компьютерные интегрированные технологии»
обязательна**

Концепция создания авиационного беспилотного комплекса

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
Авиационное научно-техническое общество КНК
Харьковское государственное авиационное производственное предприятие
Украинский научно-исследовательский институт природных газов*

Учитывая возрастающий интерес во всем мире к автоматизации процессов, связанных с применением авиатехники в военной и хозяйственной сферах, есть предпосылки считать это направление одним из приоритетных в образовательной и научно-практической деятельности университета.

В настоящее время основными задачами являются эффективный мониторинг экологически опасных объектов большой протяженности (магистральные трубопроводы, ЛЭП), предотвращение несанкционированного отбора продуктов, информационное обеспечение операций МЧС в зоне экологических и техногенных катастроф (например, зона ЧАЭС) и операций Госпогранслужбы по охране морской экономической зоны Украины от браконьерского вылова рыбы ценных пород иностранными судами, осуществляемые в настоящее время дорогостоящими пилотируемыми летательными аппаратами.

Для удовлетворения этих потребностей общества оптимальна автоматизированная беспилотная авиационная техника, снимающая проблему потери летно-подъемного состава, обладающая свойствами всепогодности (полеты в сложных метеоусловиях), длительности полета не менее 10-12 часов и дальности не менее 1000 ... 1200 км, оснащенная аппаратурой наблюдения в радарном, инфракрасном и оптическом диапазонах частот, системой автоматического и дистанционного управления, системой связи и передачи информации в больших объемах в реальном масштабе времени. Все жизненно важные системы должны быть дублированы или резервированы. Необходимо чтобы надежность систем и планера беспилотного аппарата была выше надежности аналогичных устройств пилотируемого летательного аппарата. Беспилотный летательный аппарат не должен нуждаться в аэродромной инфраструктуре и подготовленной взлетно-посадочной полосе. Беспилотный комплекс должен быть мобильным.

Наиболее перспективной задачей является мониторинг трубопроводного транспорта. Комплекс должен проектироваться в первую очередь для решения этой задачи. С 29 января по 1 февраля 2007 г. в РФ проводился форум «Беспилотная авиация в интересах ТЭК» который подтвердил важность и первоочередность ее решения.

Перспективный диагностический комплекс должен решать следующие задачи:

- проводить регулярное диагностирование трасс магистральных

трубопроводов с борта воздушного судна в зонах с экстремальными природно-климатическими условиями в труднодоступной и малонаселенной местности по заданным маршрутам в определенном высотном диапазоне в любое время года и суток в простых и сложных метеорологических условиях;

- для базирования авианосителей желательно использовать малоразмерные вертолетные взлетно-посадочные площадки, имеющиеся при компрессорных станциях магистральных трубопроводов;
- необходимо чтобы комплект диагностического оборудования включал в себя серийные приборы, проверенные эксплуатацией на авианосителях при выполнении аналогичных работ;
- обеспечить более высокую экономичность средств диагностирования по сравнению с ранее применяемыми при сравнимой эффективности.

Решение поставленных задач возможно только при всемерной автоматизации процессов дистанционного диагностирования и проведения полетов. Для этого необходимо:

- создать специализированный автоматический беспилотный авиационный комплекс, оснащенный носителем аппаратуры – беспилотным летательным аппаратом (БЛА) небольшой массы и габаритных размеров с внеаэродромным базированием;
- на основе отработанной высокочувствительной серийной аппаратуры разработать комплект диагностического оборудования приемлемых массы, габаритных размеров и потребляемой мощности, приспособленного к эксплуатации на БЛА;
- создать систему автоматической обработки информации в реальном масштабе времени с оперативной передачей данных с борта носителя.

Эти мероприятия повлекут за собой:

- полное исключение необходимости в летно-подъемном составе при совершении полетов на диагностирование и связанного с этим риска потери экипажа воздушного судна;
- сокращение численности наземного обслуживающего персонала;
- резкое снижение массы и размеров авиационного носителя аппаратуры путем исключения экипажа и систем обеспечения его жизнедеятельности;
- повышение регулярности инспекционных полетов в связи с возможностью расширения допустимых погодных условий для беспилотной техники;
- применение малогабаритной и менее мощной аппаратуры диагностического комплекта вследствие возможности снижения безопасной высоты полета БЛА по сравнению с пилотируемым носителем.

Для обеспечения высокой эффективности выполнения поставленной задачи приняты следующие принципиальные решения, составляющие основу концепции создания автоматического беспилотного авиационного комплекса.

1. ЭКОНОМИЧНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Она достигается:

1.1. Высокой регулярностью полетов, которая возможна при слабой зависимости функционирования комплекса от погодных условий.

Технически это обеспечивается:

- применением БЛА аэродинамической схемы «тандем» с характеристиками динамической устойчивости, превышающими в 1,7-2 раза аналогичные характеристики БЛА классической схемы, что предотвращает попадание БЛА в режим сваливания и его потерю;
- устройствами короткого взлета и посадки на основе пневматической катапульты и аэроупругого крыла высокого аэродинамического качества, позволяющими эксплуатировать комплекс с малоразмерных вертолетных площадок с неподготовленной поверхностью при скорости ветра до 15 м/с;
- оснащением БЛА противообледенительной системой.

1.2. Низкой себестоимостью полетов.

Это определяется:

- на порядок меньшей, по сравнению с пилотируемым вертолетным комплексом, стоимостью авианосителя;
- отсутствием летно-подъемного состава и сокращением количества технического состава наземных специалистов;
- применением БЛА с крыльевой несущей системой, имеющей по отношению к винтокрылым летательным аппаратам преимущество в четыре-пять раз в аэродинамическом качестве;
- применением системы непосредственного управления боковой и подъемной аэродинамическими силами без изменения углового положения БЛА в пространстве, что существенно повышает эффективность работы сканирующей аппаратуры полезной нагрузки и позволяет получить определенный результат при меньшем количестве летных часов;
- низкими затратами горючесмазочных материалов на обеспечение работы силовых установок малоразмерного БЛА;
- низкими затратами на содержание малоразмерной площадки базирования беспилотного комплекса по сравнению с затратами на аэродромную инфраструктуру;
- высоким ресурсом комплекса при сопоставимой с современным уровнем удельной стоимости конструкции планера ≈ 1000 дол. США/1кг;
- высокой (до 28%) весовой отдачей конструкции планера БЛА за счет применения композиционных материалов и минимизации количества технологических стыков агрегатов;
- сокращением времени обслуживания комплекса и снижением требований к квалификации наземного персонала путем автоматизации контрольных и пусковых операций;
- исключением дорогостоящих пиротехнических и одноразовых устройств;
- применением отработанной в эксплуатации малогабаритной сравнительно дешевой диагностической аппаратуры небольшой мощности типа «Аэропоиск 3М».

2. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

2.1. Безопасность применения комплекса

В отличие от БЛА военного назначения для гражданского БЛА падение или вынужденная посадка на диагностируемый объект считается и критичной и недопустимой. Минимизация вероятности этого достигается:

- применением БЛА аэродинамической схемы «тандем», устойчивой к возмущающим факторам, и отказом от использования систем искусственного повышения устойчивости;
- дублированием и резервированием всех жизненно важных систем БЛА и наземной части беспилотного комплекса. На БЛА приняты двухдвигательная схема силовой установки и система короткой посадки на выпускаемом аэроупругом крыле, выполняющая одновременно и функции спасения БЛА в критической ситуации;
- оснащением БЛА системой контроля с автоматической идентификацией отказов и принятием решения о возвращении на базу или увод БЛА от диагностируемого объекта с последующей автоматической посадкой. Вследствие применения в системе посадки аэроупругого крыла с малой удельной нагрузкой и высоким аэродинамическим качеством посадка происходит с малыми величинами вертикальной и горизонтальной составляющей скорости снижения и не представляет опасности для людей и сооружений.

2.2. Безопасность обслуживания комплекса и обеспечение жизнедеятельности обслуживающего персонала

Они достигаются:

- простотой эксплуатации техники вследствие автоматизации контрольных и пусковых операций;
- исключением применения пиротехнических устройств и систем высокого давления;
- размещением обслуживающего персонала комплекса в термо- и электромагнитно защищенных помещениях, обеспечивающих автономную эксплуатацию и жизнедеятельность.

3. ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МИНИМАЛЬНЫЕ СРОКИ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСА

Автоматизированный беспилотный авиационный диагностический комплекс «ХАИ-80» должен проектироваться с помощью лицензионных компьютерных интегрированных систем CAD/CAM/CAE [5], сертифицированных для их использования специалистами и методик, созданных в результате реализации научных разработок при выполнении заказов авиационной промышленности. На рис. 1, 2 показаны модель поверхности и компоновка предполагаемого БЛА, разработанные с помощью системы UNIGRAPHICS V15.



Рис. 1. Общий вид беспилотного летательного аппарата авиационного беспилотного комплекса

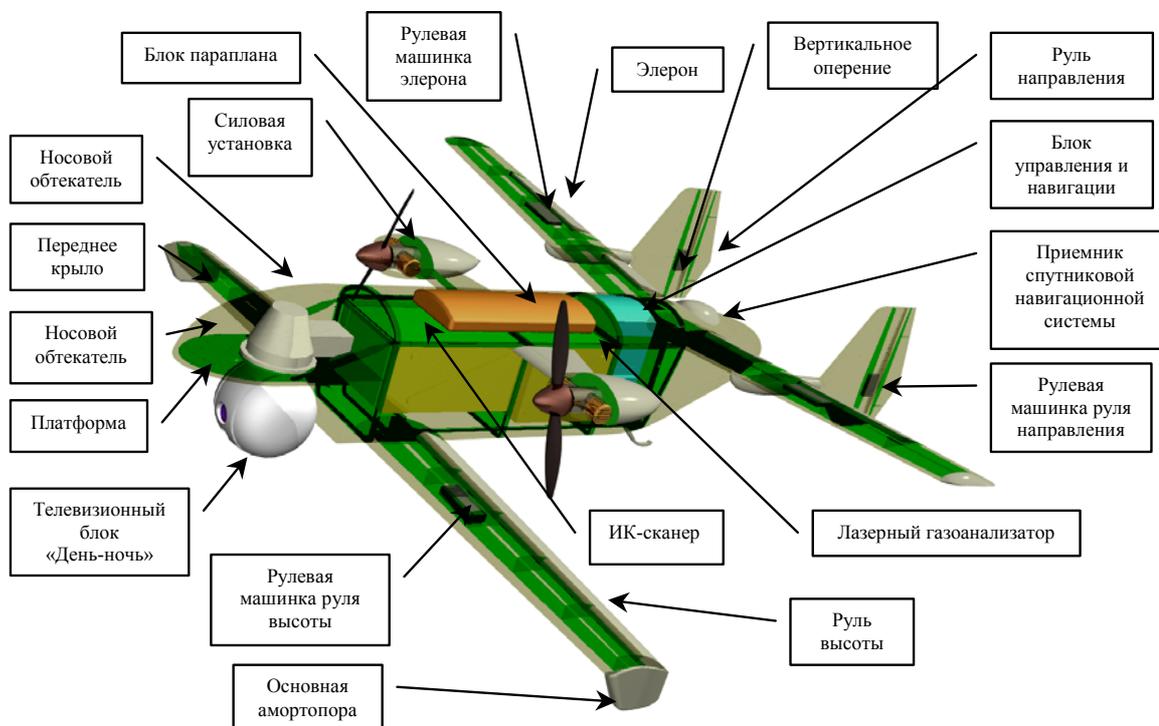


Рис. 2. Модель компоновки беспилотного летательного аппарата авиационного беспилотного комплекса

Предполагаемые тактико-технические характеристики комплекса представлены в таблице.

Назначение: инспекционные полеты в простых и сложных метеоусловиях для определения малых утечек газа из трубопроводов, перемещений трубопроводов, мест несанкционированных подключений для отбора газа, построек и работ в зоне трубопровода днем и ночью, в том числе в условиях атмосферных осадков	
Стартовая масса БЛА	250 кг
Масса полезной нагрузки	50 кг
Длина БЛА	2.975 м
Высота БЛА	1.185 м
Размах крыльев БЛА	4.775 м
Суммарная площадь крыльев	3.5 м ²
Площадь выпускаемого аэроупругого крыла	45 м ²
Дальность полета	1000 км
Радиус дистанционного управления	100 км
Крейсерская скорость полета	140...160 км/ч
Скорость барражирования на выпускаемом аэроупругом крыле	20...50 км/ч
Высота полета	30...5000 м
Продолжительность полета	10 ч
Количество, тип и мощность двигателей	2 ПД – 22 л.с.
Способ взлета: основной: дополнительный:	Катапультный Автомобильный старт
Способ посадки	На управляемом аэроупругом крыле (параплане) и лыжном шасси
Длина разбега/пробега	10/5 м
Варианты оборудования полезной нагрузки	ИК-радиометр+лазерный газоанализатор (лидар)+АФА-39; телевизионный блок «день-ночь»+РЛС с синтезированной апертурой

Предполагаемый состав комплекса:

- от одного до трех автоматизированных БЛА;
- наземный пункт управления;
- средства запуска и посадки БЛА;
- технические средства обслуживания;
- обслуживающий персонал;
- средства обеспечения безопасности и жизнедеятельности обслуживающего персонала.

Структурная схема наземного пункта управления показана на рис. 3.

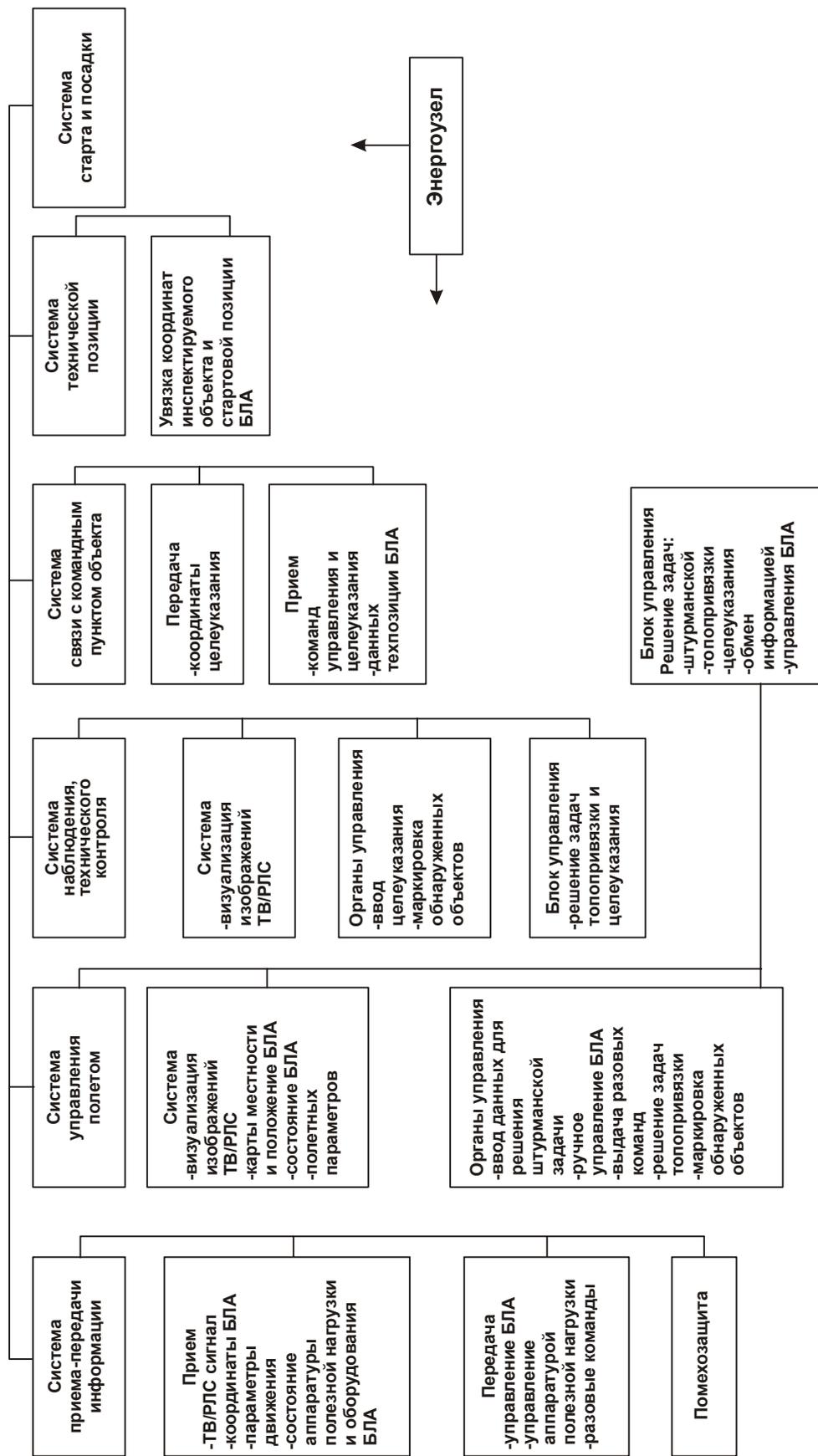
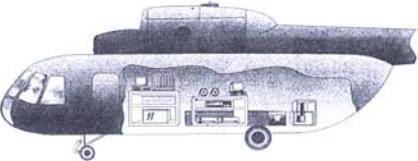
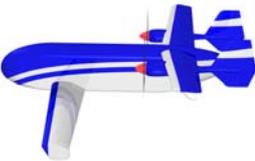


Рис. 3. Структурная схема наземного пункта управления

Для обеспечения положения концепции о базировании комплекса на малоразмерных вертолетных площадках с неподготовленной поверхностью наземную часть комплекса следует монтировать на автомобилях повышенной проходимости. Выбор типа автомобильного шасси должен обеспечивать аэромобильность комплекса при использовании большинства парка гражданских транспортных самолетов.

Сравнительные характеристики применяемого для мониторинга трубопроводных систем вертолетного диагностического комплекса и беспилотного авиационного диагностического комплекса «ХАИ-80» показаны на рис. 4.

Пилотируемый авиационный комплекс на базе вертолета Ми-8	Беспилотный авиационный комплекс "ХАИ-80"
	
Дальность полета – 300 км	Дальность полета – 1000 км
Скорость полета – 140 ... 160 км/ч	Скорость полета – 140 ... 160 км/ч
Аэродинамическое качество - 4	Аэродинамическое качество – 13 ... 14
Высота полета при инспектировании – 100 ... 500 м	Высота полета при инспектировании – 50 ... 100 м
Допустимые условия полета – простые метеоусловия	Допустимые условия полета – сложные метеоусловия
Стоимость часа полета – 1000 ... 1200 дол. США	Стоимость часа полета – 50 ... 70 дол. США
Стоимость комплекса – 1.6 ... 1.8 млн. дол. США	Ориентировочная стоимость комплекса – 250 ... 350 тыс. дол. США
Летно-подъемный состав – 2 пилота – 1 борттехник – 2 бортоператора	Летно-подъемный состав – отсутствует
Наземный состав – 5 специалистов	Наземный состав – 4 специалиста
Аппаратура полезной нагрузки – видеокамера – тепловизор – лазерный газоанализатор импульсного излучения	Аппаратура полезной нагрузки – видеокамера – тепловизор – лазерный газоанализатор непрерывного излучения

Комплекты аппаратуры полезной нагрузки по эффективности идентичны

Рис. 4. Сравнительные характеристики вертолетного диагностического комплекса и беспилотного авиационного диагностического комплекса «ХАИ-80»

Список литературы

1. Компьютерное моделирование летательного аппарата многофункционального беспилотного авиационного комплекса гражданского назначения / Белый В. Д., Мяслица А. К., Гребенников А. Г., Черановский В. О., Парфенюк В. В. // Авиационно-космическая техника и технология. - Х., ХАИ, 2001. - Вып. 25. - С. 88-100.
2. Вертолетный комплекс для контроля линейной части магистральных газопроводов и экологического мониторинга объектов нефтегазовой промышленности / Филиппов П.Г., Моисеев В.Н., Пихтелев Р.Н. и др. // Изв. АН, сер. Энергетика, 1997 г., - С. 3-27.

Метод анализа характеристик локального НДС при растяжении пластин с отверстиями

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,

Концентрация напряжений является одним из факторов, снижающих усталостную долговечность конструкции. Как бы хорошо ни была спроектирована конструкция, в ней всегда есть концентраторы напряжений в виде отверстий, вырезов, галтельных переходов и др. Наиболее распространенным типом концентраторов являются одиночные и групповые отверстия. Для устранения заусенцев, образующихся после сверления отверстий, выполняют фаску. Вопрос анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкции с отверстиями и определения коэффициентов концентрации напряжений в ней достаточно хорошо изучен [1-7]. Следует отметить, что все расчеты и аналитические зависимости для определения коэффициентов концентрации напряжений справедливы в области упругих деформаций. Однако локальные напряжения в авиационных конструкциях в зоне концентрации напряжений достигают уровня, превышающего предел текучести материала. Таким образом, необходимо учитывать в расчетах нелинейное поведение материала и технологические отклонения при выполнении отверстий.

Методы расчетной оценки усталостной долговечности элементов с отверстиями базируются на результатах испытаний базовых образцов и натуральных конструкций, расчета характеристик локального НДС и данных эксплуатации.

Задача конструктора при проектировании зоны, содержащей концентраторы напряжений, состоит в грамотном выборе геометрических параметров, формы и расположения отверстий с учетом результатов проведенных исследований [4].

Целью данной работы является анализ характеристик локального НДС пластин с одиночным отверстием, тремя и пятью отверстиями с фаской $0,8 \times 45^\circ$, $0,5 \times 45^\circ$ и без фаски, а также анализ влияния технологических отклонений на характеристики локального НДС, концентрацию напряжений и деформаций с учетом нелинейного поведения материала. При анализе характеристик локального НДС вблизи концентратора не учитывается шероховатость обрабатываемой поверхности и дефекты (заусенцы), возникающие в процессе выполнения отверстий.

В качестве образцов пластин с отверстиями рассмотрены стандартные образцы ($B/d=6$), применяемые при проведении усталостных испытаний.

Геометрия образцов и основные размеры показаны на рис. 1. Образцы изготовлены из алюминиевого сплава Д16Т [8].

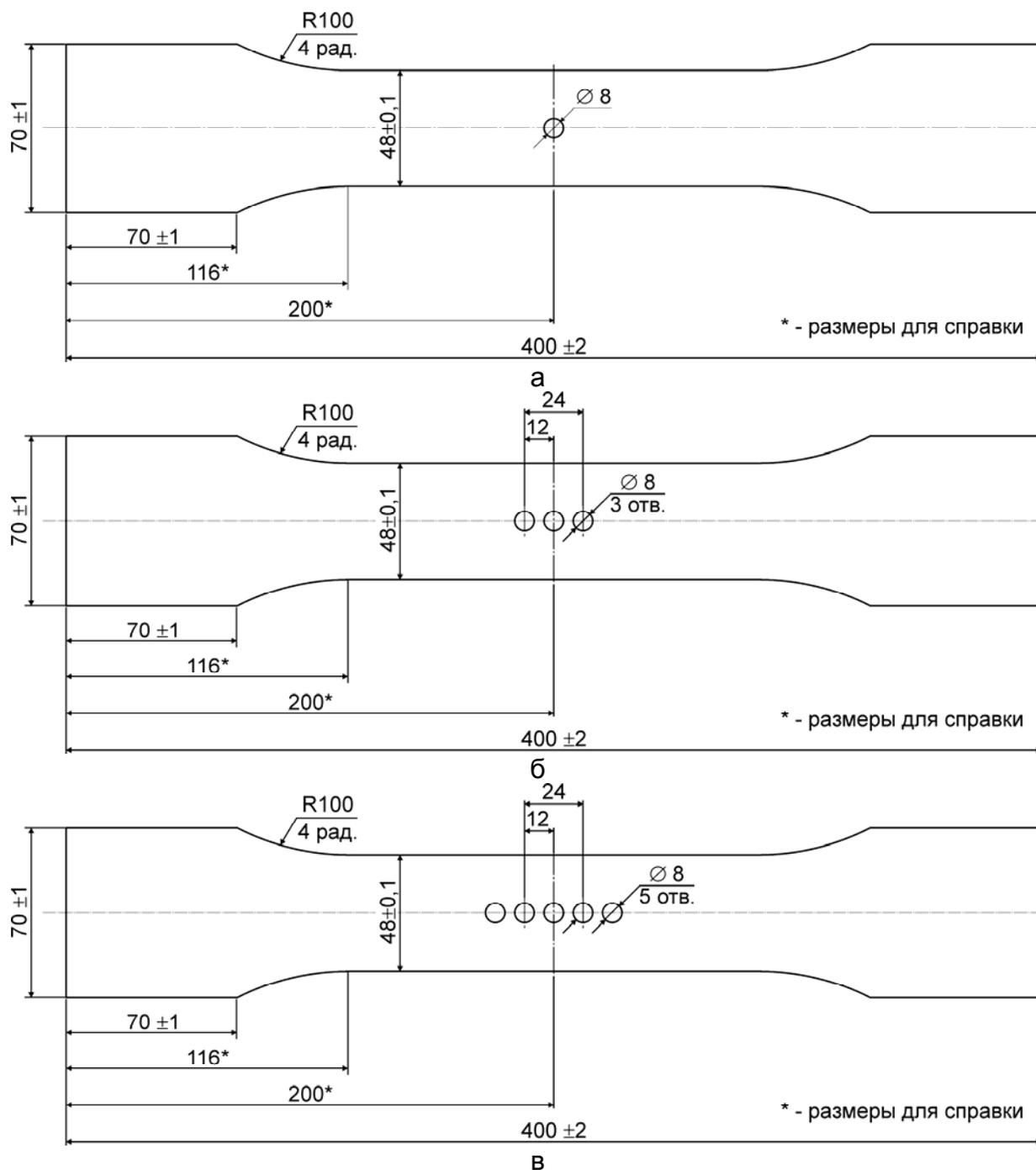


Рис. 1. Образцы пластин с отверстиями:
а – с одним отверстием, б – с тремя отверстиями, в – с пятью отверстиями

Для анализа характеристик локального НДС и определения коэффициентов концентрации напряжений и деформаций применен метод конечных элементов, реализованный в системе ANSYS.

Метод определения характеристик локального НДС и определения коэффициентов концентрации напряжений и деформаций включает в себя:

1. Построение геометрических моделей пластин с отверстиями.
2. Разработку расчетных схем.
3. Задание кривой деформирования материала.
4. Создание конечно-элементных моделей пластин с отверстиями.

5. Задание граничных условий и приложение внешних нагрузок.
6. Формирование расчетных случаев.
7. Расчет характеристик локального НДС пластины с отверстиями.
8. Расчет коэффициентов концентрации напряжений и деформаций.
9. Качественный и количественный анализ распределения главных растягивающих напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования в пластине в зоне отверстий.
10. Определение максимальных растягивающих напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла в зонах их концентрации.

При анализе использованы плоские и трехмерные модели пластин с отверстиями, учтены также условия симметрии.

Конечно-элементные модели пластин с отверстиями показаны на рис. 2–7.

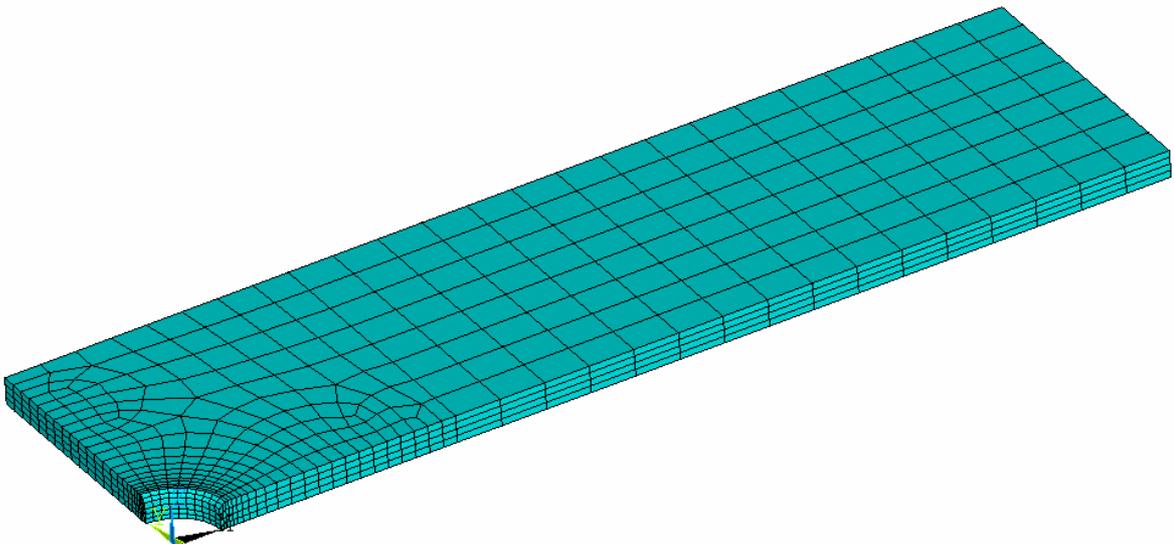


Рис. 2. Конечно-элементная модель пластины с отверстием, фаска 0,5 мм (показана 1/8 модели пластины)

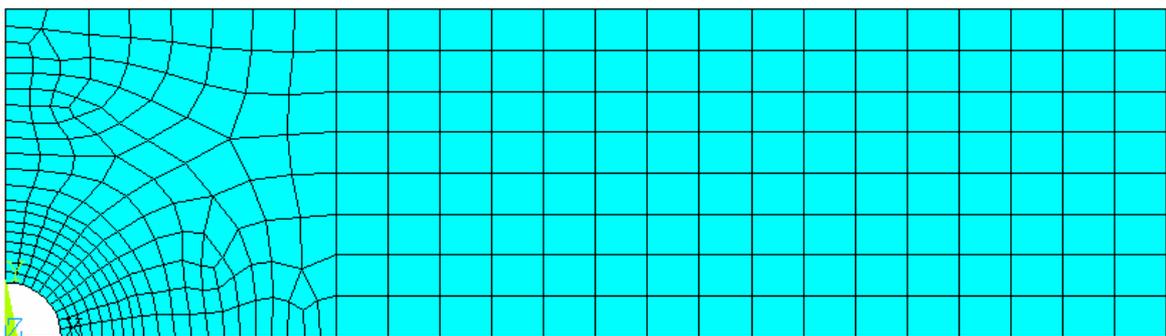


Рис. 3. Конечно-элементная модель пластины с отверстием, без фаски (показана 1/4 модели пластины)

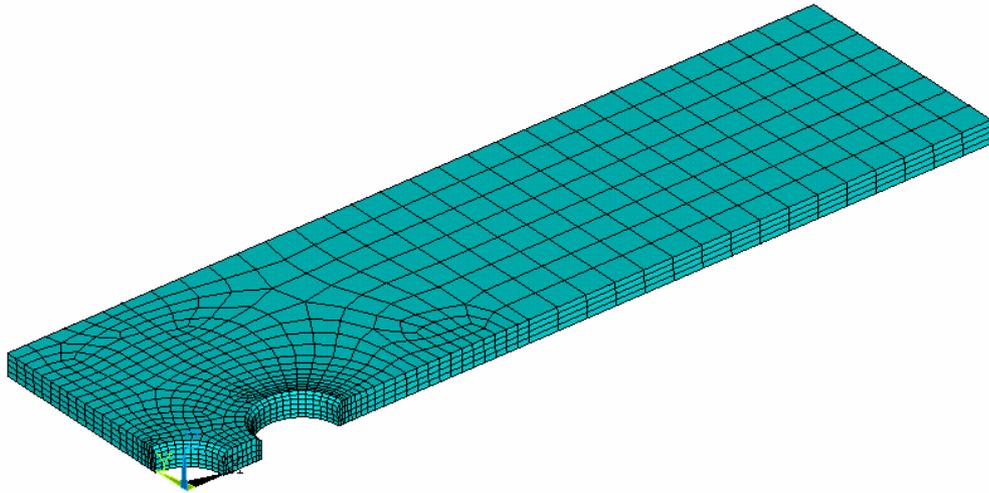


Рис. 4. Конечно-элементная модель пластины с тремя отверстиями, фаска 0,5 мм, перемычка 12 мм (показана 1/8 модели пластины)

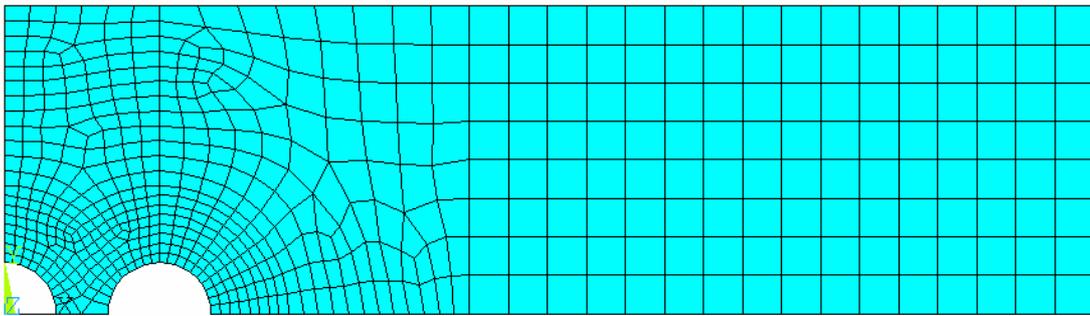


Рис. 5. Конечно-элементная модель пластины с тремя отверстиями, без фаски, перемычка 12 мм (показана 1/4 модели пластины)

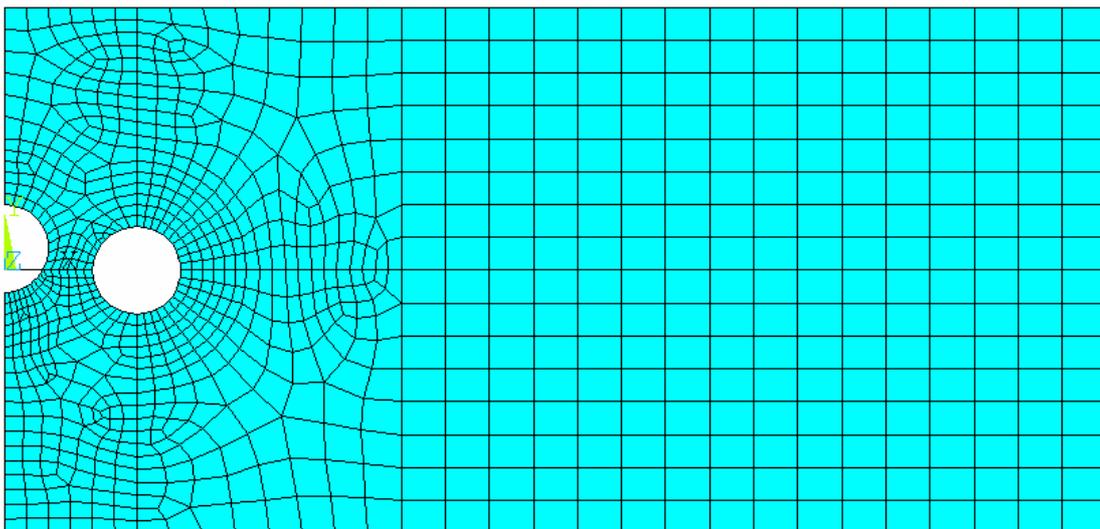


Рис. 6. Конечно-элементная модель пластины с тремя отверстиями, без фаски, перемычка 12 мм, центральное отверстие смещено на 2 мм (показана 1/2 модели пластины)

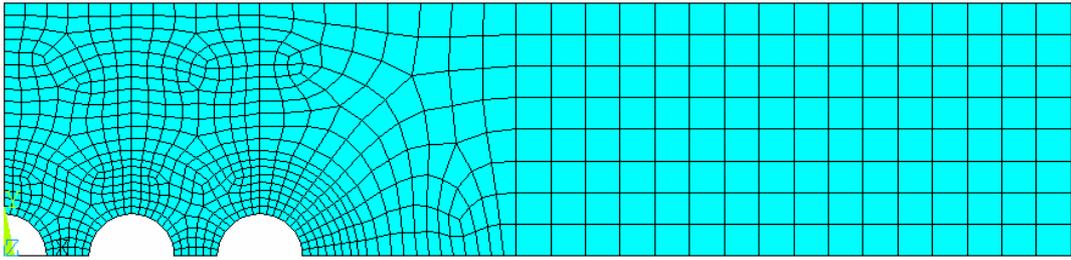


Рис. 7. Конечно-элементная модель пластины с пятью отверстиями, без фаски, перемычка 12 мм (показана 1/4 модели пластины)

Образцы нагружаются растягивающими напряжениями, прикладываемыми в сечении брутто. Величина напряжений соответственно составляет 100, 130, 150 и 200 МПа.

Получены характеристики локального НДС пластин с отверстиями, определены величины главных растягивающих напряжений и деформаций в зоне концентраторов (рис. 8–15).

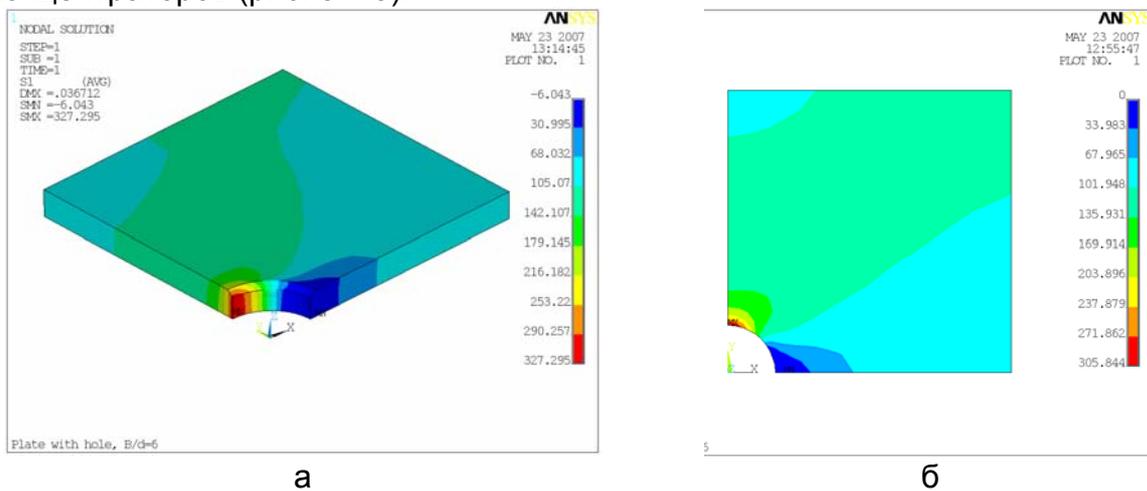


Рис. 8. Характер распределения главных растягивающих напряжений в пластине с отверстием: а – фаска $0,5 \times 45^\circ$, б – без фаски

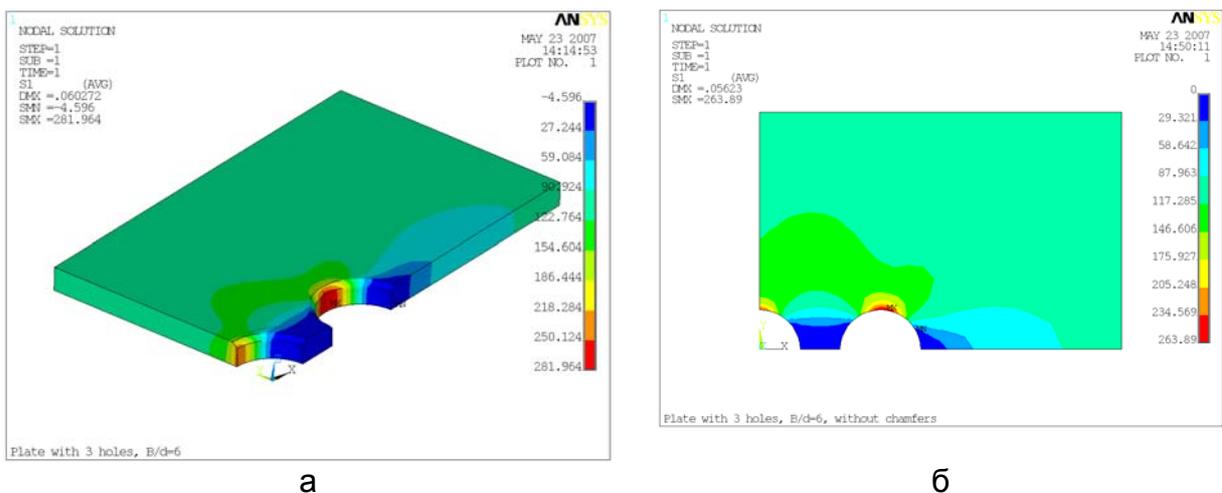


Рис. 9. Характер распределения главных растягивающих напряжений в пластине с тремя отверстиями: а – фаска $0,5 \times 45^\circ$, б – без фаски

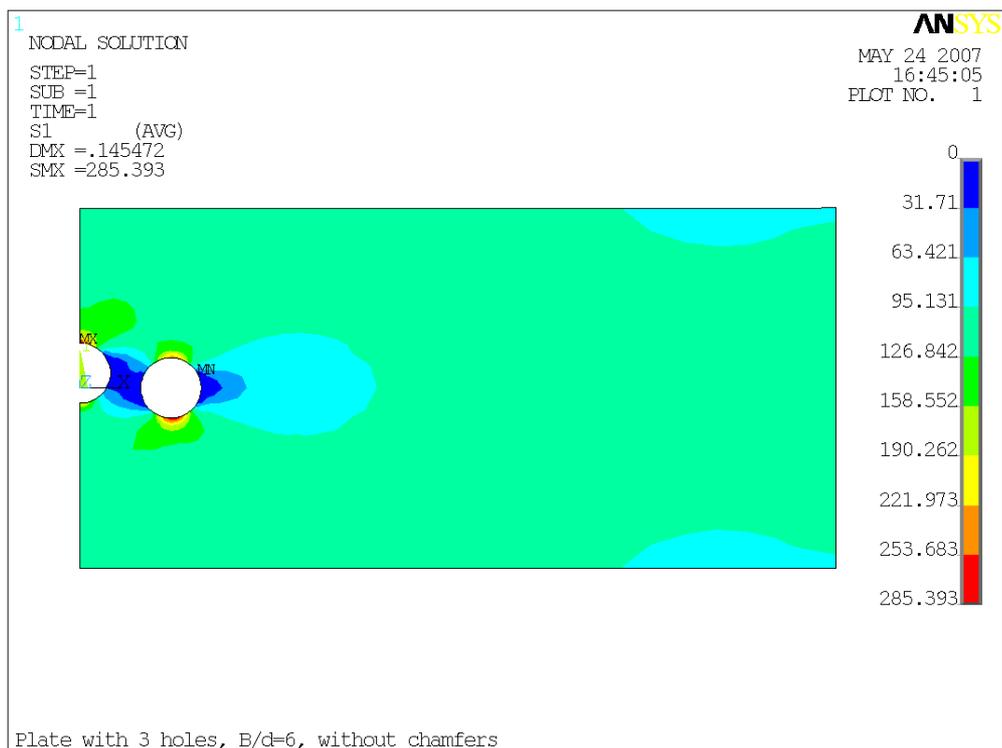


Рис. 10. Характер распределения главных растягивающих напряжений в пластине с тремя отверстиями (без фаски, центральное отверстие смещено на 2 мм)

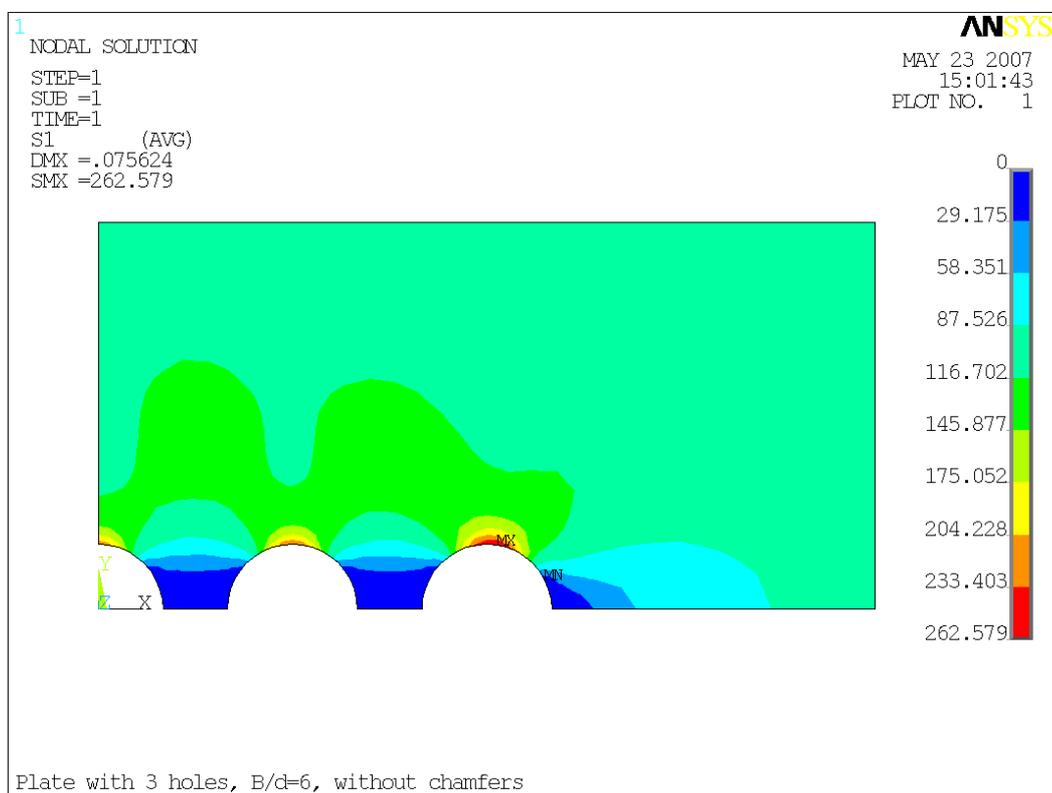
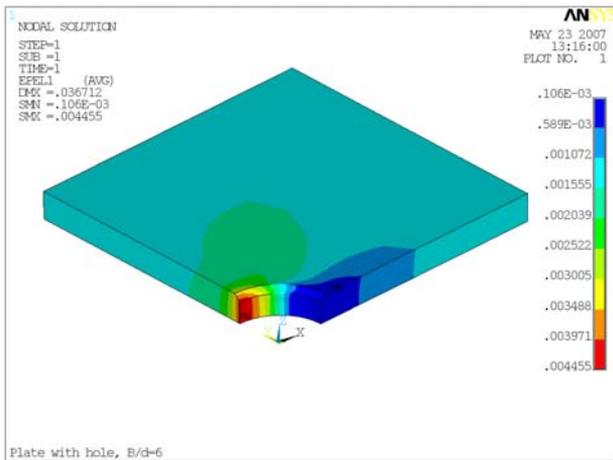
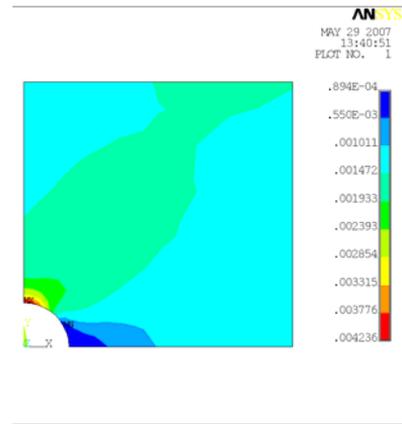


Рис. 11. Характер распределения главных растягивающих напряжений в пластине с пятью отверстиями

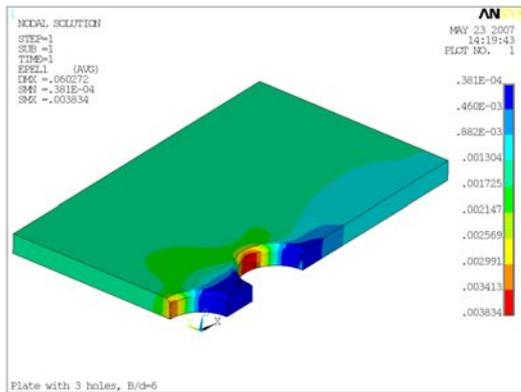


а



б

Рис. 12. Характер распределения главных растягивающих деформаций в пластине с отверстием: а – фаска $0,5 \times 45^\circ$, б – без фаски



а



б

Рис. 13. Характер распределения главных растягивающих деформаций в пластине с тремя отверстиями: а – фаска $0,5 \times 45^\circ$, б – без фаски

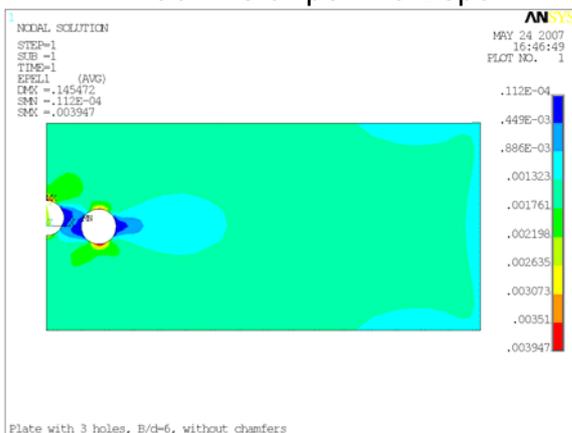


Рис. 14. Характер распределения главных растягивающих деформаций в пластине с тремя отверстиями (без фаски, центральное отверстие смещено на 2 мм)

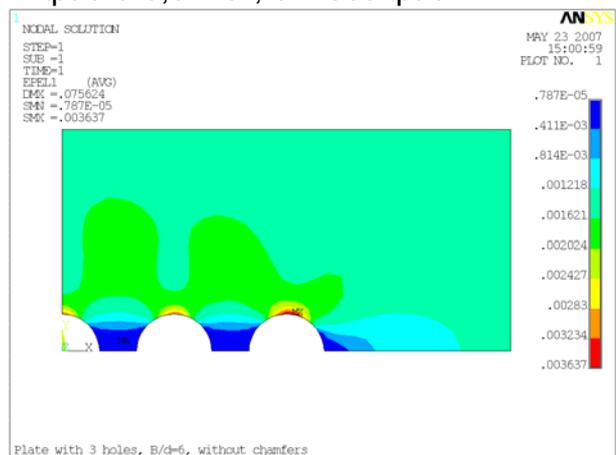


Рис. 15. Характер распределения главных растягивающих деформаций в пластине с пятью отверстиями

Рассчитаны коэффициенты концентрации напряжений и деформаций (см. рис. 16, 17).

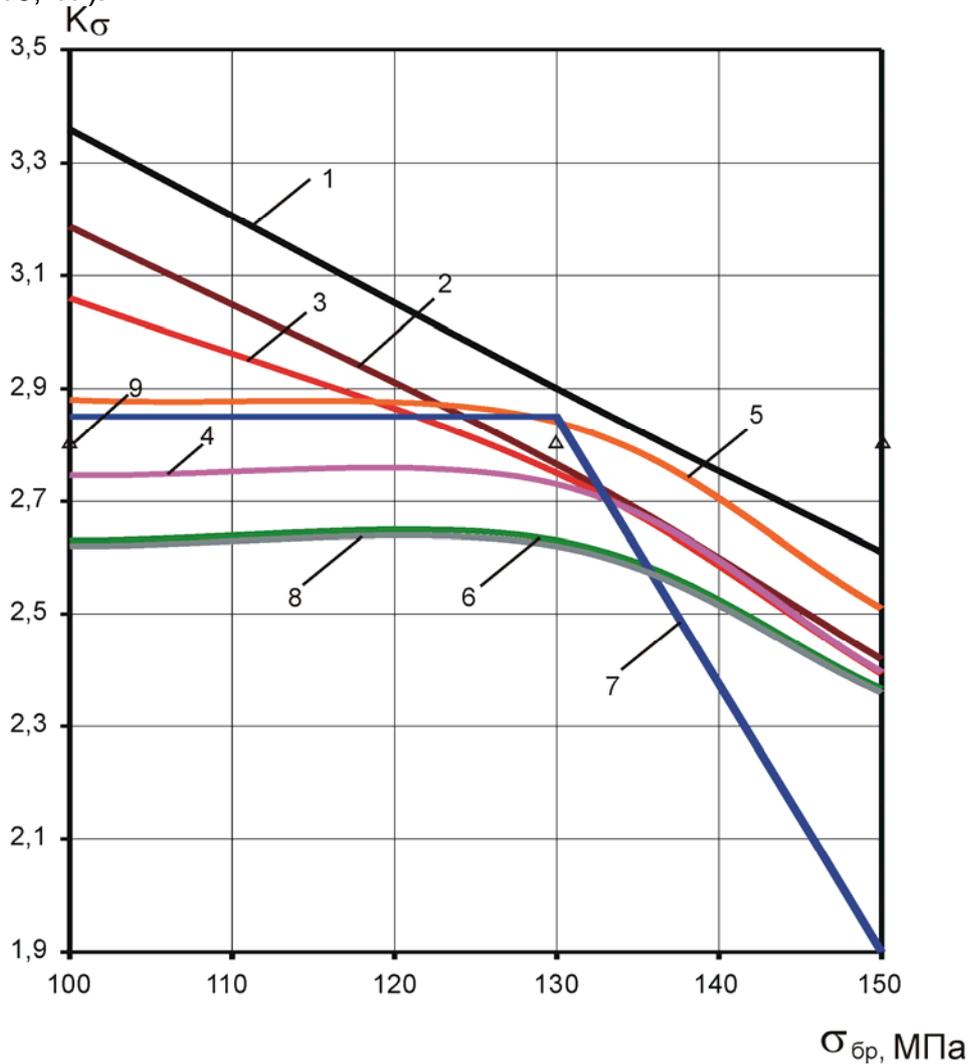


Рис. 16. Влияние уровня нагружения и числа отверстий на коэффициент концентрации напряжений:

- 1 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$;
- 2 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$;
- 3 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм без фаски, 2-D анализ;
- 4 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 5 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 6 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие;
- 7 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, центральное отверстие, смещение 2 мм;
- 8 – пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие;
- 9 – пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски [2]

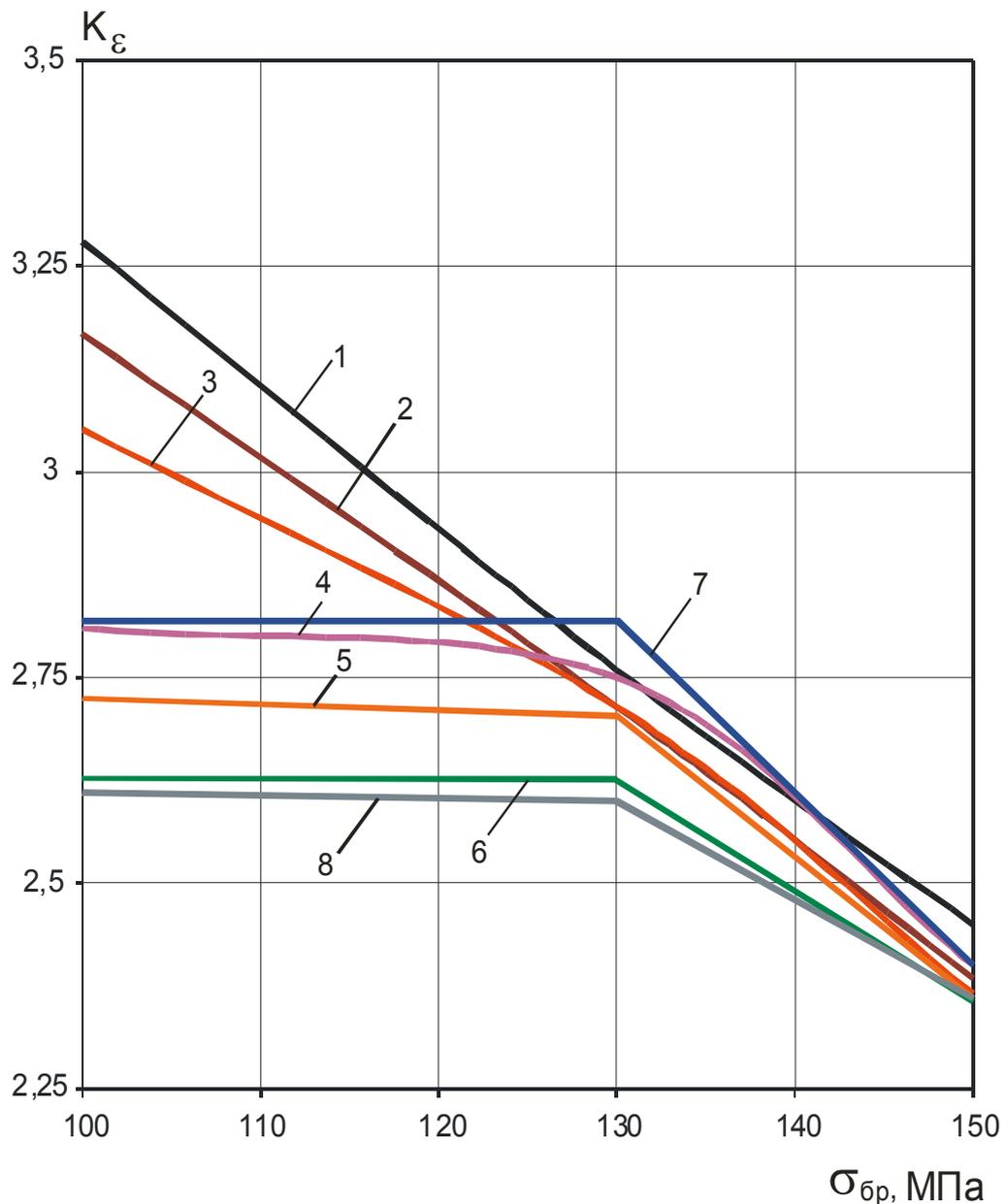


Рис. 17. Влияние уровня нагружения и числа отверстий на коэффициент концентрации деформаций:

- 1 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$;
- 2 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$;
- 3 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм без фаски, 2-D анализ;
- 4 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 5 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 6 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие;
- 7 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, центральное отверстие, смещение 2 мм;
- 8 – пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие

Исходный цикл нагружения приведен к эквивалентному отнулевому циклу по формуле Одингга.

Для этого:

1. Определены значения амплитуды напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования в зоне вероятного усталостного разрушения в сечениях по осям отверстий.

2. Рассчитаны максимальные напряжения, деформации и удельная энергия деформирования эквивалентного отнулевого цикла в зоне вероятного усталостного разрушения.

3. Определены максимальные значения рассчитываемых в п. 2 параметров во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок.

По результатам расчета построены графики изменения максимальных напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок (рис. 18–20).

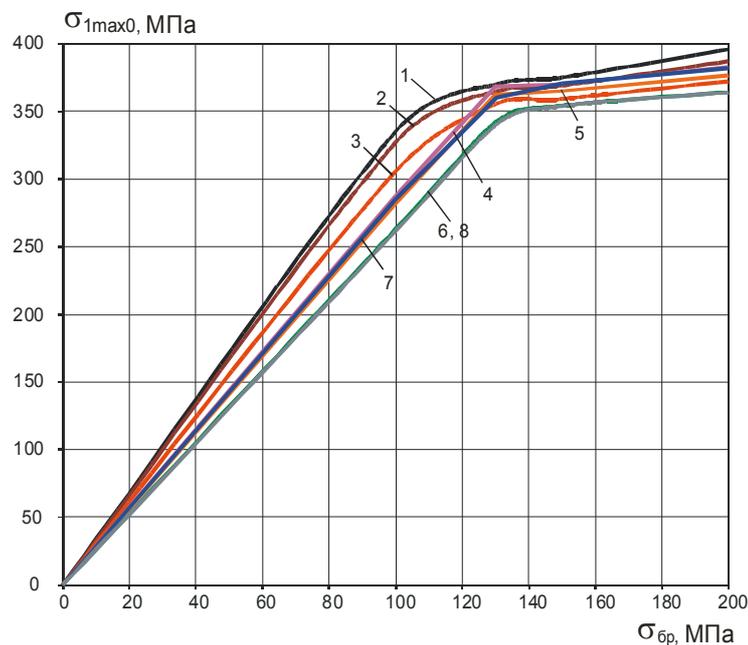


Рис. 18. Влияние уровня нагружения и числа отверстий на изменение максимальных главных растягивающих напряжений эквивалентного отнулевого цикла:

- 1 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$;
- 2 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$;
- 3 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ;
- 4 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 5 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 6 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие;
- 7 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, центральное отверстие, смещение 2 мм;
- 8 – пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие

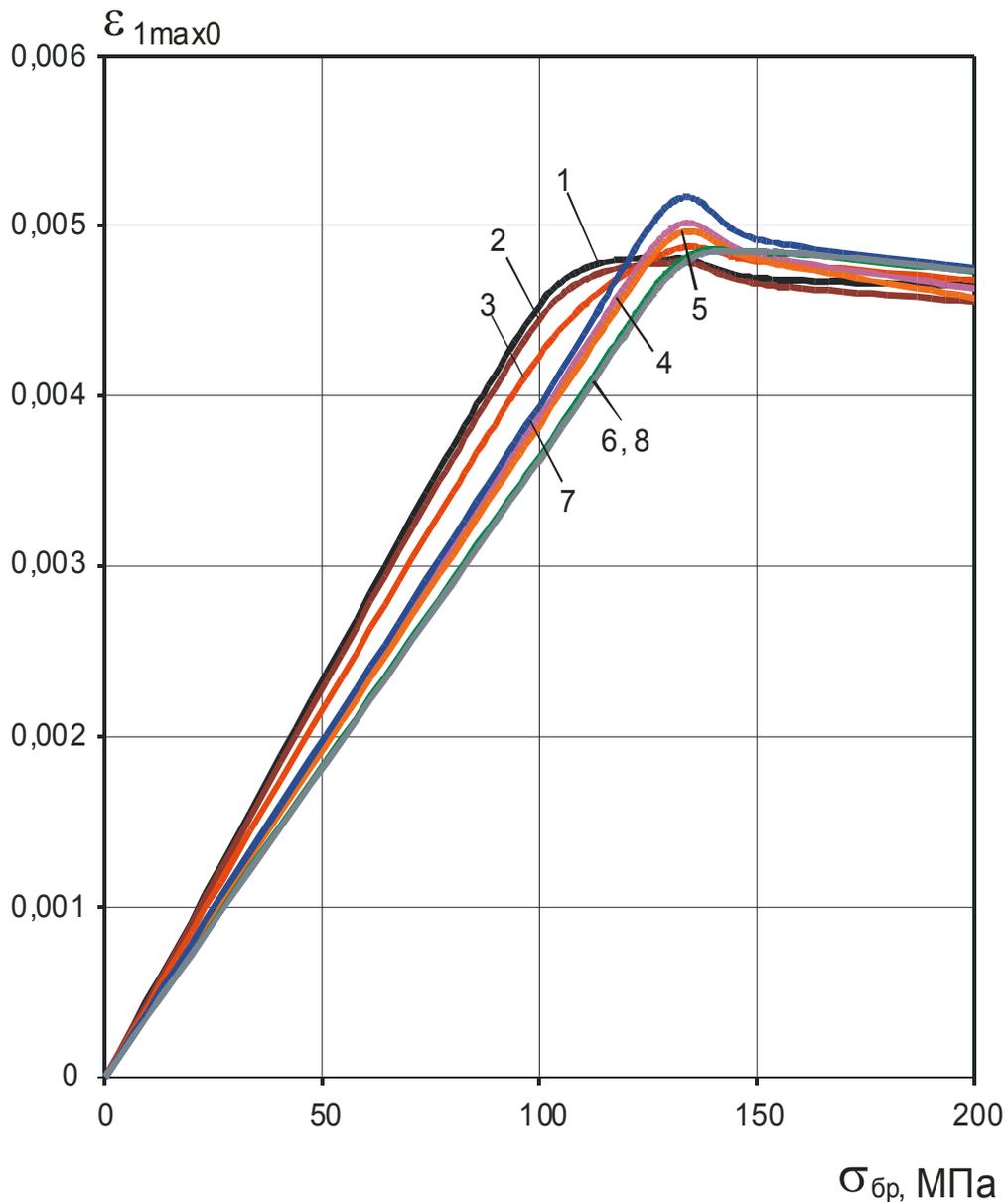


Рис. 19. Влияние уровня нагружения и числа отверстий на изменение максимальных главных растягивающих деформаций эквивалентного отнулевого цикла:

- 1 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$;
- 2 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$;
- 3 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ;
- 4 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 5 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 6 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие;
- 7 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, центральное отверстие, смещение 2 мм;
- 8 – пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие

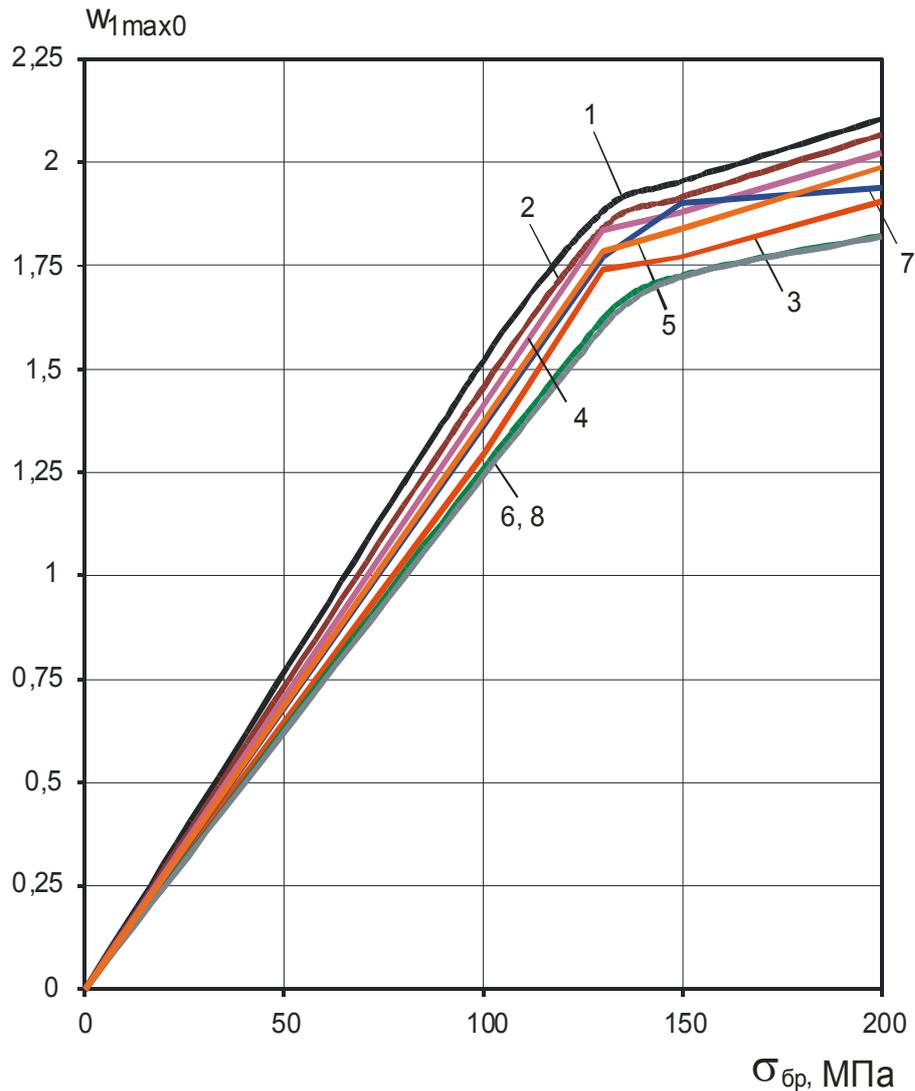


Рис. 20. Влияние уровня нагружения и числа отверстий на изменение максимальной удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла:

- 1 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$;
- 2 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$;
- 3 – пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ;
- 4 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,8 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 5 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска $0,5 \times 45^\circ$, крайнее отверстие;
- 6 – пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие;
- 7 – Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, центральное отверстие, смещение 2 мм;
- 8 – пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, 2-D анализ, крайнее отверстие

В целях удобства использования, полученные результаты представлены в виде таблиц (см. табл. 1–5).

Таблица 1

Значения коэффициентов концентрации напряжений
для различных конфигураций пластин с отверстиями

№ п/п	Наименование	K σ		
		$\sigma_{бр} =$ =100 МПа	$\sigma_{бр} =$ =130 МПа	$\sigma_{бр} =$ =150 МПа
1	Пластина с отверстием Ø8,006 мм, фаска 0,8 мм	3,36	2,90	2,61
2	Пластина с отверстием Ø8,006 мм, фаска 0,5 мм	3,19	2,77	2,42
3	Пластина с отверстием Ø8,006 мм, без фаски	3,06	2,75	2,39
4	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, фаска 0,8 мм (крайнее отверстие)	2,88	2,84	2,51
5	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, фаска 0,5 мм (крайнее отверстие)	2,75	2,73	2,40
6	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, без фаски (крайнее отверстие)	2,63	2,63	2,37
7	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, без фаски, центральное отв. смещено на 2 мм (центральное отверстие)	2,85	2,85	1,90
8	Пластина с пятью отверстиями Ø8,006 мм, без фаски (крайнее отверстие)	2,62	2,62	2,36

Таблица. 2

Значения коэффициентов концентрации деформаций
для различных конфигураций пластин с отверстиями

№ п/п	Наименование	K ϵ		
		$\sigma_{бр} =$ =100 МПа	$\sigma_{бр} =$ =130 МПа	$\sigma_{бр} =$ =150 МПа
1	Пластина с отверстием Ø8,006 мм, фаска 0,8 мм	3,28	2,76	2,45
2	Пластина с отверстием Ø8,006 мм, фаска 0,5 мм	3,17	2,71	2,38
3	Пластина с отверстием Ø8,006 мм, без фаски	3,05	2,71	2,37
4	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, фаска 0,8 мм (крайнее отверстие)	2,81	2,75	2,4

Окончание табл. 2

№ п/п	Наименование	К ϵ		
		$\sigma_{бр} =$ =100 МПа	$\sigma_{бр} =$ =130 МПа	$\sigma_{бр} =$ =150 МПа
5	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,5 мм (крайнее отверстие)	2,72	2,70	2,36
6	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски (крайнее отв.)	2,82	2,82	2,40
7	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, центральное отв. смещено на 2 мм (центральное отверстие)	2,61	2,60	2,36
8	Пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски (крайнее отверстие)	2,62	2,62	2,36

Таблица 3

Значения максимальных главных напряжений эквивалентного
отнулевого цикла для различных конфигураций пластин с отверстиями

№ п/п	Наименование	σ_{1max}^0 , МПа		
		$\sigma_{бр} =$ =100 МПа	$\sigma_{бр} =$ =130 МПа	$\sigma_{бр} =$ =150 МПа
1	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,8 мм	335	370	375
2	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,5 мм	327	365	369
3	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, без фаски	306	355	359
4	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,8 мм (крайнее отверстие)	287	369	370
5	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,5 мм (крайнее отверстие)	282	363	365
6	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски (крайнее отверстие)	263	342	354
7	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, центральное отв. смещено на 2 мм (центральное отверстие)	285	360	371
8	Пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски (крайнее отверстие)	262	340	354

Таблица 4

Значения максимальных главных деформаций эквивалентного отнулевого цикла для различных конфигураций пластин с отверстиями

№ п/п.	Наименование	$\varepsilon_{1\max}^0$, МПа		
		$\sigma_{бр} = 100$ МПа	$\sigma_{бр} = 130$ МПа	$\sigma_{бр} = 150$ МПа
1	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,8 мм	0,00454	0,0048	0,0047
2	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,5 мм	0,00445	0,0048	0,0047
3	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, без фаски	0,0042	0,0048	0,0048
4	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,8 мм (крайнее отверстие)	0,0039	0,005	0,0048
5	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,5 мм (крайнее отв.)	0,0038	0,0049	0,0048
6	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски (крайнее отверстие)	0,0036	0,0047	0,0048
7	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски, центральное отв. смещено на 2 мм (центр. отв.)	0,0039	0,0051	0,0049
8	Пластина с пятью отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, без фаски (крайнее отверстие)	0,0032	0,0041	0,0047

Таблица 5

Значения максимальной удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла для различных конфигураций пластин с отверстиями

№ п/п	Наименование	$w_{1\max}^0$, МПа		
		$\sigma_{бр} = 100$ МПа	$\sigma_{бр} = 130$ МПа	$\sigma_{бр} = 150$ МПа
1	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,8 мм	1,52	1,88	1,95
2	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,5 мм	1,46	1,84	1,92
3	Пластина с отверстием $\varnothing 8,006$ мм, без фаски	1,30	1,74	1,77
4	Пластина с тремя отверстиями $\varnothing 8,006$ мм, фаска 0,8 мм (крайнее отверстие)	1,12	1,83	1,88

№ п/п	Наименование	$w_{1\max}^0$, МПа		
		$\sigma_{бр} =$ =100 МПа	$\sigma_{бр} =$ =130 МПа	$\sigma_{бр} =$ =150 МПа
5	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, фаска 0,5 мм (крайнее отверстие)	1,1	1,79	1,84
6	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, без фаски (крайнее отверстие)	0,96	1,62	1,73
7	Пластина с тремя отверстиями Ø8,006 мм, без фаски, центральное отв. смещено на 2 мм (центральное отверстие)	1,13	1,77	1,90
8	Пластина с пятью отверстиями Ø8,006 мм, без фаски (крайнее отверстие)	0,95	1,60	1,72

Анализ полученных результатов показывает следующее:

1. Пластина с одиночным отверстием обладает наихудшими характеристиками НДС из всех рассмотренных в работе вариантов.

2. Выполнение дополнительных отверстий (вариант – три и пять отверстий) приводит к уменьшению величины действующих напряжений и деформаций в зоне концентрации напряжений в 1,16–1,24 раза.

3. Выполнение фаски приводит к незначительному росту концентрации напряжений и деформаций по сравнению с концентрацией напряжений и деформаций в пластинах с отверстиями без фаски.

4. Смещение оси центрального отверстия на 2 мм приводит к увеличению коэффициента концентрации напряжений и деформаций в среднем в 1,004 раза. По своим характеристикам пластина со смещенным центральным отверстием близка к пластине с отверстием.

5. Применение трех отверстий вместо одного приводит к снижению максимальных главных растягивающих напряжений эквивалентного отнулевого цикла в 1,01–1,18 раза, максимальных главных растягивающих деформаций эквивалентного отнулевого цикла в 1,17 раза и максимальной удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла в 1,04 – 1,36 раза.

6. Использование пяти отверстий вместо одного приводит к снижению максимальных главных растягивающих напряжений эквивалентного отнулевого цикла в 1,05–1,25 раза, максимальных главных растягивающих деформаций эквивалентного отнулевого цикла в 1,23 раза и максимальной удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла в 1,12–1,53 раза.

Выводы:

1. Разработан метод определения характеристик локального НДС пластин с концентраторами напряжений в виде одиночных и групповых отверстий.
2. Разработанный метод учитывает пластическое поведение материала пластины и историю нагружения.
3. Исследовано влияние выполнения фаски и смещения оси отверстия на характеристики локального НДС и концентрацию напряжений и деформаций.
4. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования усталостной долговечности пластин с отверстиями.

Список литературы

1. Петерсон Р. Коэффициенты концентрации напряжений. Графики и формулы для расчета конструктивных элементов на прочность. – М.: Мир, 1977. – 302 с.
2. Савин Г.Н., Тульчий В.И. Справочник по концентрации напряжений. К.: Вища школа, 1976. – 412 с.
3. Хейвуд Р. Б. Проектирование с учетом усталости / Пер. с англ; Под ред. Образцова И. Ф. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
4. Гребеников А.Г. Методология интегрированного проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций. – Х., Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 532 с.
5. Исследование концентрации напряжений в нижних панелях крыла методами фотоупругости / В.П. Рычик, А.Е. Литвиненко, Е.Т. Василевский и др. // Усталостные характеристики летательных аппаратов. – Х., 1977. – Вып. 1. – С. 66–74.
6. Волов А.Г., Гребеников В.А, Гуменный А.М. Влияние локального утолщения на характеристики действительного НДС и циклическую долговечность пластин с зенкованным отверстием // Открытые информационные и компьютерные технологии. – Х., 1998. Вып. 21. – С. 211-229
7. Гребеников А.Г., Светличный С.П. Исследование овализации отверстий и напряженно-деформированного состояния в пластине с усталостной трещиной в системе ANSYS 5.3 // Открытые информационные и компьютерные технологии. – Х., 1998 – Вып. 2. – С. 79-95.
8. Авиационные материалы. Т.4. Алюминиевые и бериллиевые сплавы / Под общ. ред. докт. техн. наук Р.Е. Шалина. М.: ОНТИ – 1982. – 627 с.

Эталонная модель для оценки вероятности потери технической устойчивости ракеты-носителя

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Постановка проблемы, цель работы

Определение запасов устойчивости движения является одним из главных вопросов динамического проектирования. Оценка устойчивости движения ракет-носителей (РН) представляет собой достаточно сложную задачу, так как возмущенное движение ракеты описывается системой дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами, имеющими существенные случайные разбросы, а возмущающие воздействия представляют собой нестационарные случайные функции. Для исследования этой задачи в ракетной технике широко применяется понятие технической устойчивости движения, или устойчивости, рассматриваемой на конечном интервале времени по отношению к начальным возмущениям и действующим возмущающим силам и моментам [8]. Определение запаса технической устойчивости является особо важным моментом при оценке управляемости и связано с определением запаса по загрузке управляющих органов РН. Максимальную загрузку органов управления с учетом разбросов характеристик системы целесообразно определять на участке прохождения ракетой максимальных скоростных напоров, т.е. на I ступени полета.

Сложность задачи по оценке технической устойчивости, как указывалось выше, обусловлена тем, что характеристики ракеты и возмущающие воздействия описываются случайными функциями, поэтому наиболее корректным методом решения задачи является вероятностный подход. Метод статистического моделирования является наиболее общим методом решения сложных вероятностных задач и позволяет учесть вероятностные характеристики большого количества случайных величин.

Существуют различные методы оценки технической устойчивости объекта, например: метод сечений, метод, использующий теорию выбросов случайных процессов, метод экстремальных значений [2,3,4,5,6].

Эти методы позволяют получить приближенный результат. Для оценки степени приближенности вышеперечисленных методов необходимо получить результат, наиболее близкий к реальному — эталонный результат.

Целью данного исследования является разработка эталонной модели для оценки вероятности потери технической устойчивости.

Эталонный объект

Ракета с автоматом стабилизации представляет собой сложную замкнутую систему, динамика которой в общем случае описывается нелинейными дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами. Эти уравнения учитывают влияние жидкого топлива и упругие колебания корпуса ракеты. Для отклонения управляющих органов оценка технической устойчивости обычно проводится по системе уравнений, описывающей поведение ракеты как

абсолютно твердого жесткого тела. Наибольшее возмущающее действие от ветра на полет I ступени оказывается в канале рыскания. Динамика ракеты может быть описана системой дифференциальных уравнений, которая в канале рыскания имеет вид [6]:

$$\begin{aligned} z'' &= a_{zz}(t) \cdot z' + a_{z\psi}(t) \cdot \psi + a_{z\delta}(t) \cdot \delta + \bar{F}(t), \\ \psi'' &= a_{\psi z}(t) \cdot z' + a_{\psi\psi}(t) \cdot \psi + a_{\psi\delta}(t) \cdot \delta + \bar{M}(t), \\ T_2 \cdot \delta'' + T_1 \cdot \delta' + \delta &= K_{\psi} \cdot \psi_g + K_{\psi'} \cdot \psi'_g - K_{z'} \cdot z', \end{aligned} \quad (1)$$

где ψ — координата, характеризующая вращение ракеты вокруг центра масс (угол рыскания);

δ — угол отклонения управляющих органов;

z — координата, характеризующая перемещение центра масс ракеты;

$a_{ij}(t)$ — функции независимой переменной t , выражающие закон изменения параметров ракеты;

T_1, T_2 — постоянные времени автомата стабилизации (АС);

K_{ψ} — коэффициент усиления по каналу рыскания, $K_{\psi'} = T_d K_{\psi}$, T_d — постоянная времени дифференцирования;

$\bar{F}(t)$ и $\bar{M}(t)$ — приведенные возмущающие силы и моменты в функции времени;

ψ_g — угол рыскания, измеряемый датчиком угла;

$K_{z'}$ — коэффициент усиления по скорости отклонения центра масс.

Чтобы получить эталонный результат с достаточной для инженерных целей точностью, необходимо проведение статистического моделирования большого объема. Однако многократное решение системы дифференциальных уравнений (1) при сборе статистических данных — задача, существенным недостатком которой является время моделирования. Время решения системы (2) составляет 5,55 с для одного прохода. Следовательно, время проведения статистического моделирования объемом $N=1\,000\,000$ составит приблизительно 1550 ч, что является неприемлемым.

Поскольку основная нагрузка органов управления связана с парированием возмущающих моментов, то для сокращения времени интегрирования целесообразно в качестве эталона рассматривать только уравнение моментов

$$\begin{aligned} a_{\psi\psi}(t) \cdot \psi + a_{\psi\delta}(t) \cdot \delta &= -M(t), \\ T_1 \cdot \delta' + \delta &= K_{\psi} \cdot \psi + K_{\psi'} \cdot \psi'. \end{aligned} \quad (2)$$

В этой системе $\bar{M}(t) = a_{\psi z}(t) \cdot W(t)$, где $W(t)$ — ветровое воздействие на ракету.

Поскольку наибольшее значение угла отклонения управляющих органов управления приходится на период времени, когда на РН действует максимальный скоростной напор, целесообразно рассматривать не всю I ступень, а только ее часть — участок с максимальными реализациями $\delta(t)$.

На рис. 1 показано среднее значение изменения функции $\delta(t)$, полученное в результате моделирования объемом 3000 для диапазонов времени $t \in [0..120]$ (пунктирная линия) и $t \in [30..85]$ (сплошная линия). В качестве вектора начальных

условий для интегрирования на интервале $t \in [30..85]$ задаются средние значения решений системы (2) в момент времени $t = 30$ с, полученные при моделировании на интервале $t \in [0..120]$.

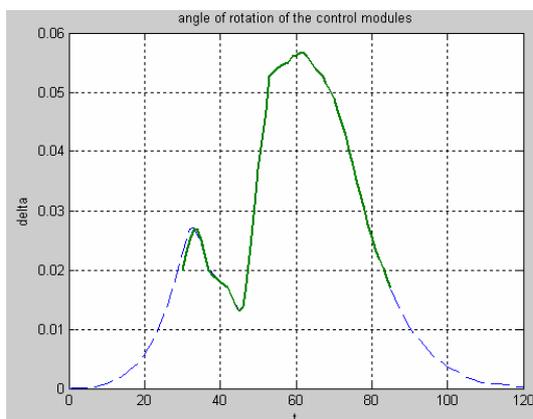


Рис. 1. Значения функции $\delta(t)$, полученные моделированием для двух диапазонов времени

На рис. 1 видно, что решение системы (2) в сокращенном интервале (с максимальными реализациями $\delta(t)$) является приемлемым и целесообразным для сокращения времени статистического моделирования. В табл. 1 приведено время решения системы уравнений, описывающей динамику РН для трех вышеизложенных вариантов:

- 1) решение системы (1) в диапазоне времени $t \in [0..120]$;
- 2) решение системы (2) в диапазоне времени $t \in [0..120]$;
- 3) решение системы (2) в диапазоне времени $t \in [30..85]$.

Таблица 1

Вариант решения	Диапазон времени t	Время решения системы, с
1	$t \in [0..120]$	5,55
2	$t \in [0..120]$	1,65
3	$t \in [30..85]$	0,85

По данным, приведенным на рис. 1 и в табл. 1, видно, что проведение моделирования системы (2) на участке максимальных реализаций КФ сокращает время моделирования почти в 2 раза по сравнению с моделированием на всем интервале, и почти в 7 раз по сравнению с моделированием системы (1).

При проведении статистического моделирования для определения технической устойчивости необходимо учитывать случайный характер возмущений, разбросов параметров ракеты, автомата стабилизации и характеристик атмосферы [6]. Таким образом, условием для оценки технической устойчивости РН является сохранение значения угла отклонения органов управления в допустимом диапазоне значений на рассматриваемом интервале времени:

$$|\delta(k, \eta, t)| < \Lambda, \quad (3)$$

где δ — значение функции угла отклонения управляющих органов РН, эта критериальная функция (КФ) изменяется в зависимости от времени t и возмущений;

Δ — предельно допустимое значение угла отклонения δ .

Номинальные значения параметров системы (2) и их разбросы η приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение параметра	Наименование	Номинальное значение	Разброс, %
K_{ψ}	Коэффициент усиления по каналу рыскания	6	7
T_d	Постоянная времени дифференцирования	0,5	25
T_1	Постоянная времени АС	0,1108	20
$a_{\psi\psi}$	Функции, выражающие закон изменения параметров ракеты	Рис. 2	25
$a_{\psi\delta}$		Рис. 3	10

Для учета влияния случайных возмущений и начальных условий на устойчивость РН изменение ветровых воздействий во времени задается в виде канонического разложения [6]

$$W(t) = W_0(t) + \sum_i V_i \cdot \varphi_i(t), \quad (4)$$

где $W_0(t)$ — систематическая составляющая скорости ветра; $\varphi_i(t)$ — неслучайные функции, называемые координатными; V_i — стандартные случайные числа, распределенные по нормальному закону. Таким образом, для различных наборов чисел V_i получим некоторые реализации профиля ветра.

Номинальные значения коэффициентов $a_{\psi\psi}$ и $a_{\psi\delta}$ изменяются по времени, как показано на рис. 2 и 3. Графики изменения систематической составляющей ветра $W_0(t)$ и среднего значения координатных функций $\varphi_i(t)$, показаны на рис. 4 и 5.

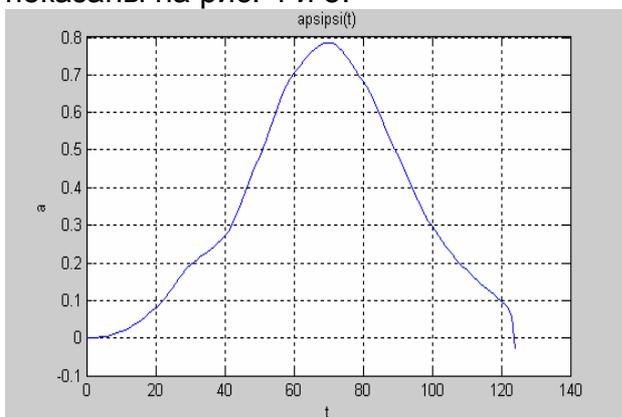


Рис. 2. Номинальное значение коэффициента $a_{\psi\psi}(t)$

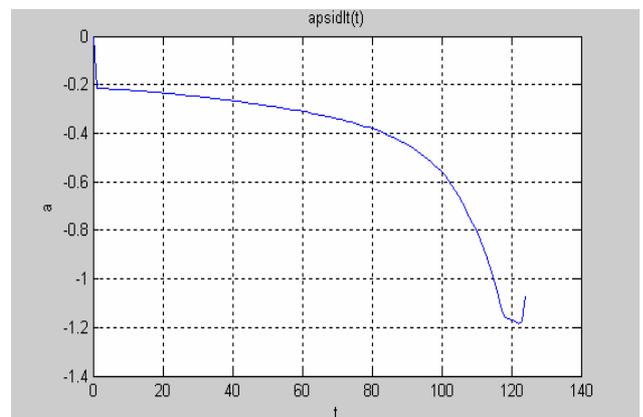


Рис. 3. Номинальное значение коэффициента $a_{\psi\delta}(t)$

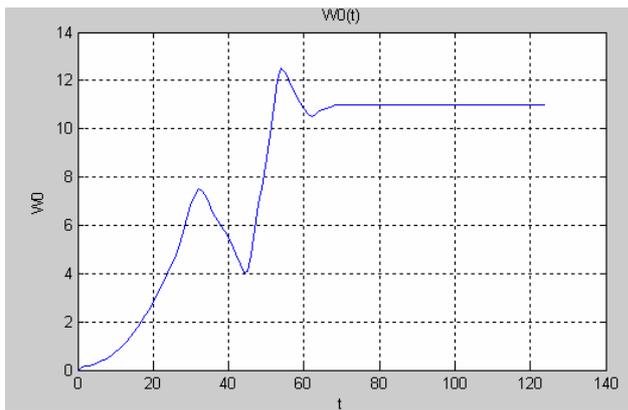


Рис. 4. Систематическая составляющая скорости ветра $W_0(t)$

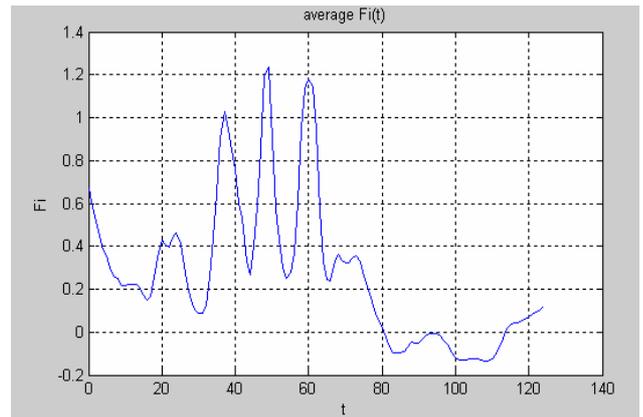


Рис. 5. Среднее значение координатных функций $\varphi_i(t)$

Методика исследования и основные результаты

Для решения системы дифференциальных уравнений (2) выбрана система Matlab, т.к. она является приемлемой базой для решения технических задач и удовлетворяет следующим требованиям:

- максимально быстро и оптимальным образом производит расчеты;
- удобно оперирует массивами данных большого объема;
- имеет широкую библиотеку встроенных функций для удобной работы с данными;
- выполняет множество компьютерных задач для поддержки научных и инженерных работ — начиная от сбора и анализа данных до разработки приложений;
- совмещает возможности платформы для технических вычислений, визуализации данных с возможностью интеграции с другими приложениями и внешними базами данных.

Порядок оценки технической устойчивости РН методом прямого статистического моделирования:

- 1) задание объема моделирования N и N_x — объема сохраняемых максимальных значений $\delta(t)$;
- 2) генерация нормальных случайных чисел v_i ;

- 3) задание необходимых параметров дифференциальной системы уравнений с учетом случайных разбросов параметров;
- 4) решение системы уравнений (2) и сохранение полученного статистического материала - максимальных значений $\delta(t)$;
- 5) сортировка полученного массива реализаций максимальных значений и определение количества реализаций, превысивших допустимую границу устойчивости РН (см. условие (3));
- 6) определение вероятности потери технической устойчивости РН Q при заданных условиях:

$$Q = \frac{N_{\Lambda}}{N}, \quad (5)$$

где N_{Λ} — количество значений функции случайного аргумента, превысивших границу Λ ; N — объем моделирования.

Как было описано выше, для оценки технической устойчивости РН рассматривается система (2). Для диапазона времени $t \in [30..85]$ проведено статистическое моделирование в объеме $N=1000000$ и сохранен массив максимальных реализаций $\delta(t)$. Для $\Lambda=0,3$ (предельно допустимое значение угла отклонения управляющих органов) количество значений КФ, превысивших эту границу устойчивости, $N_{\Lambda}=48$. По формуле (5) определена вероятность потери технической устойчивости исследуемого объекта: $4,8 \cdot 10^{-5}$.

Оценка погрешности результата

Оценим погрешность полученного результата, используя понятия доверительной вероятности и доверительного интервала [7]. Значение доверительной вероятности для аэрокосмической техники $P_d=0,95$. Доверительный интервал определяет величина приемлемой погрешности оценки $\Delta Q = \beta Q$, где β — относительная погрешность Q . Тогда доверительный интервал будет определяться диапазоном значений $Q \pm \Delta Q$. Поскольку результат статистического моделирования имеет нормальное распределение, для очень малых значений Q ($Q < 0,0001$) относительная погрешность находится по следующей формуле [7]:

$$\beta = \frac{U_d}{\sqrt{N \cdot Q}}, \quad (6)$$

где U_d — безразмерный аргумент функции Гаусса, соответствующий доверительной вероятности,

$$U_d = \arg \Phi\left(\frac{1+P_d}{2}\right), \Phi — \text{функция Гаусса},$$

$$U_d = \arg \Phi\left(\frac{1+0.95}{2}\right) = 1,9, \beta = \frac{1.9}{\sqrt{10^6 \cdot 4,8 \cdot 10^{-5}}} = 0.274.$$

Таким образом, доверительный интервал для оценки Q :

$$Q_d \in [3,5E-05.. 6,1E-05]$$

(Q_d — доверительный интервал вероятности потери технической устойчивости РН).

Выводы

1. В результате проведенных исследований получено эталонное значение вероятности потери технической устойчивости РН. Для разработанной эталонной модели она составила $4,8E-05$ при объеме статистического моделирования $N=1000000$ реализаций.
2. Оценена погрешность полученного результата и определен доверительный интервал $Q_d \in [3,5E-05.. 6,1E-05]$.
3. Существенным недостатком прямого статистического моделирования являются большие затраты времени на интегрирование системы дифференциальных уравнений (моделирование объемом 1000000 проводилось на ПК с процессором Intel 2400МГц и оперативной памятью 256 М около 240 часов).

Список литературы

1. Качаров К.А., Пилютник А.Г. Введение в техническую теорию устойчивости движения. –М.: Физматгиз, 1962. – 243 с.
2. Фомин Я.А. Теория выбросов случайных процессов.М. : Связь, 1980. 216 с.
3. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. М.: Мир, 1965. 450 с.
4. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. –М.: Наука, 1968. – 463 с.
5. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления.-М.: Физматгиз, 1962. – 783 с.
6. Ракета как объект управления: Учебник И.М. Игдалов, Л.Д. Кучма, Н.В. Поляков, Ю.Д. Шептун /Под ред. акад. С.Н. Конюхова. –Д.: АРТ-ПРЕСС, 2004. – 544 с.
7. Лежнина М.В., Сухоребрый В.Г. Проектная оценка вероятности достижения объектами аэрокосмической техники предельных состояний. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2005. – 184 с.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

Выбор оптимальной рабочей точки системы стабилизации ракеты-носителя по критерию вероятности устойчивости

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Постановка проблемы

Проблема устойчивости является основной при проектировании систем стабилизации (СС) носителей космических аппаратов, так как выбор всех параметров СС и некоторых конструктивных параметров ракеты-носителя (РН) целиком подчинен требованиям устойчивости движения.

Методика построения областей устойчивости СС РН в плоскости двух параметров по упрощенным условиям устойчивости описана в работе [1].

В настоящей статье приводятся результаты исследований по определению границ устойчивости СС РН корневым методом, а также методика поиска оптимальной рабочей точки в плоскости двух параметров по критерию вероятности устойчивости.

Объект и цель исследования

Движение статически неустойчивой упругой РН в канале рыскания, устойчивость которой обеспечивается автоматом стабилизации, можно описать следующей системой дифференциальных уравнений [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{\psi} = a'_{\psi z} \dot{z} + a'_{\psi \psi} \dot{\psi} + a_{\psi \psi} \psi + a_{\psi \delta} \delta_{\psi} + \sum_{i=1}^4 (a''_{\psi s_{\psi i}} \ddot{s}_{\psi i} + a_{\psi s_{\psi i}} \dot{s}_{\psi i}); \\ \ddot{z} = a'_{zz} \dot{z} + a'_{z\psi} \dot{\psi} + a_{z\psi} \psi + a_{z\delta} \delta_{\psi} + \sum_{i=1}^4 (a''_{zs_{\psi i}} \ddot{s}_{\psi i}); \\ \ddot{s}_{\psi i} + \varepsilon_{s_{\psi i}} \dot{s}_{\psi i} + \omega_{s_{\psi i}}^2 s_{\psi i} = a''_{s_{\psi i} z} \ddot{z} + a''_{s_{\psi i} \psi} \ddot{\psi} + a_{s_{\psi i} \psi} \dot{\psi}; \\ \ddot{q}_j + \varepsilon_{q_j} \dot{q}_j + \omega_{q_j}^2 q_j = a_{q_j \delta_{\psi}} \delta_{\psi}; \\ \psi^{zcn} = \psi + \sum_{j=1}^2 a''_{\psi q_j} q_j; \\ T_2 \ddot{\delta} + T_1 \dot{\delta} + \delta = K_{\phi} \psi + K_{\dot{\phi}} \dot{\psi} - K_z \dot{z} - K_z z, \end{array} \right. \quad (1)$$

где ψ - отклонение угла рыскания ракеты как твердого тела от программного значения; z - отклонение центра масс от программного значения; δ - угол отклонения управляющих органов; q - координата, характеризующая поперечные упругие колебания корпуса ракеты в месте установки датчика угла рыскания, ψ^{zcn} -

угол рыскания, измеряемый датчиком угла, a_{ij} - коэффициенты; T_1, T_2 - постоянные времени АС; K_ϕ - коэффициент усиления по каналу рыскания, $K_{\dot{\phi}} = T_d K_\phi$; T_d - постоянная времени дифференцирования; $K_{\dot{z}}$ - коэффициент усиления по скорости отклонения центра масс; i - количество тонов упругих колебаний; j - количество баков с топливом. Параметры $T_1, T_2, K_\phi, K_{\dot{\phi}}, T_d$ имеют существенные случайные разбросы (превышающие 20%).

Условия устойчивости СС определяются на основании корней системы (1), которые имеют вид:

$$\begin{aligned} z &= x \text{ (вещественные корни);} \\ z &= x + iy, \\ z &= x - iy \text{ (комплексно-сопряженные корни).} \end{aligned} \quad (2)$$

В качестве условий устойчивости принимаются условия

$$R_k < 0, \quad (3)$$

где $R_k = x$ - вещественные корни или действительные части комплексно-сопряженных корней (2).

Для контроля правильности полученных результатов используются упрощенные условия устойчивости системы [1]

$$\frac{(K_\phi |a_{z\delta}| + |a_{z\phi}|) K_{\dot{z}} + a_{\phi\phi} K_\phi (T_d - T_1)}{|a_{\phi\delta}| K_\phi^2 (T_d - T_1)} - 1 < 0, \quad (4)$$

$$\frac{a_{q\delta} a_{\delta q} K_\phi T_d^2 T_2}{(|a_{qq}| T_2 T_d - T_d + T_1) T_1} - 1 < 0. \quad (5)$$

Цель данного исследования:

- построить в координатах $K_\psi - T_d$ область устойчивости объекта (найти верхнюю и нижнюю границы устойчивости) по условиям устойчивости системы (3);
- найти в пределах области устойчивости объекта точку с наивысшей вероятностью устойчивости.

Методика исследования

Определение области устойчивости по корням системы (1).

Для получения нижней и верхней границ устойчивости по корням (условие устойчивости (3)) необходимо:

- найти точку внутри области устойчивости (в которой условие (3) выполняется для всех корней системы);
- задать начальное значение K_ψ и увеличивать значение параметра T_d с заданным шагом α_{T_d} для нахождения точки, в которой хотя бы один из корней

принимает положительное значение, с последующим уменьшением шага для получения более точного результата; найденная точка – точка верхней границы устойчивости в данном сечении по K_{ψ} ;

- аналогичным образом найти точку нижней границы устойчивости в данном сечении по K_{ψ} путем уменьшения значения параметра T_d с шагом α_{T_d} ;
- найти точки верхней и нижней границ устойчивости для других сечений (пошагово изменяя значение K_{ψ} шагом $\alpha_{K_{\psi}}$ и повторяя два предыдущих пункта).

Определение области устойчивости по упрощенным условиям работоспособности.

Для получения уравнения нижней границы устойчивости [1] в выражении (4), описывающем РН как твердое тело, оставляют знак равенства и решают уравнение относительно T_d :

$$T_d = \frac{K_{\psi}|a_{z\delta}| + |a_{z\psi}|}{|a_{\psi\delta}|K_{\psi}^2 - a_{\psi\psi}K_{\psi}} K_z + T_1. \quad (6)$$

Для получения уравнения верхней границы устойчивости [1] в выражении (5), описывающем упругие колебания корпуса РН, оставляют знак равенства и решают уравнение относительно K_{ψ} :

$$K_{\psi} = \frac{(|a_{qq}|T_2T_d - T_d + T_1)T_1}{a_{q\delta}a_{\delta q}T_d^2T_2}. \quad (7)$$

Определение среднего квадратичного отклонения (с.к.о.) границ устойчивости системы.

Уравнение границы устойчивости в сечении $K_{\psi} = \text{const}$ имеет вид $T_d = T_d^0 + \sum_{i=1}^n b_i \eta_i$, где n – число параметров; T_d^0 – номинальные значения T_d , т.е. точки на границе, в которых случайные возмущения параметров отсутствуют; b_{ij} – коэффициенты линеаризации; η_{ij} – заданный n -мерный случайный вектор.

Коэффициенты b_{ij} определяют по формуле $b_i = \frac{T_d(\Delta\eta_i) - T_d(-\Delta\eta_i)}{2\Delta\eta_i}$, $i = \overline{1, n}$, где $\Delta\eta_i$ – вариация i -й компоненты вектора η , равная $\Delta\eta_i = 2\sigma_i$; σ_i – с.к.о. i -й компоненты вектора η ; $T_d(\Delta\eta_i)$ либо $T_d(-\Delta\eta_i)$ – значения КФ для вектора η , у которого все компоненты, кроме i -й, равны нулю, а i -я компонента равна $\Delta\eta_i$ либо $-\Delta\eta_i$.

На основании центральной предельной теоремы T_d имеет нормальный закон распределения;

На основании теорем о числовых характеристиках ФСА математическое

ожидание T_d равно $M[T_d] = T_d^0$, дисперсия - $D[T_d] = \sum_{i=1}^n b_i^2 D_i$, с.к.о. –

$$\sigma_{T_d} = \sqrt{D_{T_d}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n b_{ij}^2 \sigma_{ij}^2}. \quad (8)$$

Определение оптимальной рабочей точки – точки с наивысшей вероятностью устойчивости.

Для нахождения данной точки сближают огибающие с.к.о. верхней и нижней границ устойчивости одновременно по всем сечениям K_ψ до их пересечения. Точка, в которой огибающие пересеклись в последнюю очередь, является искомой точкой с наивысшей вероятностью устойчивости.

Алгоритм построения области устойчивости

1. Определение верхней и нижней границ области устойчивости по корням системы (1):

1.1. Нахождение невозмущенных значений КФ: формирование матрицы Коши на основании системы дифференциальных уравнений (1); вычисление корней системы в виде $z = x$, $z = x + iy$, $z = x - iy$, отбор действительных частей полученных корней.

1.2. Выбор сечения по K_ψ , задание шага изменения параметра K_ψ ($\alpha_{K_\psi} = 1$).

1.3. Нахождение точки внутри области устойчивости: проверка выполнения условия (3). В случае выполнения происходит переход к следующему шагу. В обратном случае выполняются изменение параметра T_d с заданным шагом ($\alpha_{T_d} = 0,01$), поиск невозмущенных значений КФ и проверка условия (3) до его выполнения (итерационный процесс).

1.4. Нахождение точек верхней и нижней границ устойчивости для данного сечения:

- увеличение (для верхней границы) либо уменьшение (для нижней границы) значения параметра T_d с заданным шагом α_{T_d} ;
- нахождение невозмущенных значений КФ;
- проверка условия (3) до тех пор, пока хотя бы один из корней не примет положительное значение;
- уменьшение шага α_{T_d} ;
- повторное выполнение предыдущих пунктов до выполнения условия $\alpha_{T_d} < \alpha_{T_d \text{ dop}}$ ($\alpha_{T_d \text{ dop}} = 0.0005$).

1.5. Переход к следующему сечению (изменение значения параметра K_ψ с заданным шагом α_{K_ψ}) и выполнение пунктов 1.3 - 1.5 для каждого сечения.

Примечание. Для определения области устойчивости по упрощенным КФ (4 - 5) верхнюю и нижнюю границы строят по уравнениям (7) и (6) соответственно.

2. Определение среднего квадратичного отклонения границ устойчивости системы:

2.1. Выбор сечения по K_ψ , задание шага изменения K_ψ ($\alpha_{K_\psi} = 1$).

2.2. Изменение значения i -го параметра: $a_i = a_i^0 + \sigma_i$ (где a_i^0 - номинальное значение i -го параметра; σ_i - с.к.о. i -го параметра, $i = 1 \div n$, n - число параметров) и вычисление соответствующих ему точек на верхней и нижней границах устойчивости - $T_{dH}(\Delta\eta_i)$ и $T_{dL}(\Delta\eta_i)$ для данного сечения.

2.3. Изменение значения i -го параметра: $a_i = a_i^0 - \sigma_i$ и вычисление соответствующих ему точек на верхней и нижней границах устойчивости - $T_{dH}(-\Delta\eta_i)$ и $T_{dL}(-\Delta\eta_i)$ для данного сечения.

2.4. Вычисление коэффициентов b_{iH} и b_{iL} для верхней и нижней границ соответственно: $b_{iH} = \frac{T_{dH}(\Delta\eta_i) - T_{dH}(-\Delta\eta_i)}{4\sigma_i}$, $b_{iL} = \frac{T_{dL}(\Delta\eta_i) - T_{dL}(-\Delta\eta_i)}{4\sigma_i}$, ($\Delta\eta_i = 2\sigma_i$).

2.5. Вычисление с.к.о. для верхней и нижней границ устойчивости соответственно: $\sigma_{T_{dH}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n b_{iH}^2 \sigma_i^2}$ и $\sigma_{T_{dL}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n b_{iL}^2 \sigma_i^2}$.

2.6. Переход к следующему сечению по K_ψ и выполнение пунктов 2.2 - 2.5 для каждого сечения.

3. Определение оптимальной рабочей точки в плоскости $K_\psi - T_d$:

3.1. Построение областей с.к.о. верхней и нижней границ устойчивости для всех рассматриваемых сечений: $T_{dH_j} = T_{dH_j}^0 - \sigma_{T_{dH_j}}$ и $T_{dL_j} = T_{dL_j}^0 - \sigma_{T_{dL_j}}$ (где $T_{dH_j}^0, T_{dL_j}^0$ - номинальные значения T_d верхней и нижней границах устойчивости соответственно; $\sigma_{T_{dH_j}}$ и $\sigma_{T_{dL_j}}$ - с.к.о. верхней и нижней границ устойчивости, $j = 1 \div m$, m - число сечений).

3.2. Сближение огибающих с.к.о. границ устойчивости по всем сечениям одновременно с заданным шагом α : $T_{dL_j} = T_{dL_j} + \alpha\sigma_{T_{dL_j}}$ и $T_{dH_j} = T_{dH_j} - \alpha\sigma_{T_{dH_j}}$, ($\alpha_{нач} = 0,01$).

3.3. Подсчет количества точек (сечений) k , в которых области с.к.о. не пересеклись, т.е. в которых выполняется условие $T_{dH_j} - T_{dL_j} > 0$.

3.4. Сохранение координат точки, если $k=1$; повторение пунктов 3.2 - 3.3, если $k>1$; возврат на 1 шаг назад, уменьшение величины шага α и повторение пунктов 3.2. - 3.3., если $k<1$.

Результаты исследования

Номинальные значения и случайные разбросы параметров, соответствующие времени полета $t=70$ с первой ступени РН «Циклон-3», представленные научно-производственным предприятием «Хартрон-Аркас», приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Разброс, %	Значение	Параметр	Разброс, %	Значение
a_{zz}	25	-0,0169	ε_{s1}	5	0,228
$a_{z\psi}$	5	-0,715	ε_{s2}	5	0,0497
$a_{z\psi}$	5	-36,09	ε_{s3}	5	0,0546
$a_{z\delta}$	5	-1,441	ε_{s4}	5	0,7493
$a_{\psi z}$	4	0,0027	$a_{\psi s1}$	10	-0,0066
$a_{\psi\psi}$	10	-0,0616	$a_{\psi s2}$	10	-0,0121
$a_{\psi\psi}$	30	1,8113	$a_{\psi s3}$	10	-0,0043
$a_{\psi\delta}$	10	-0,295	$a_{\psi s4}$	10	-0,0041
ε_{q1}	15	0,2511	$a_{s\psi1}$	10	-26,0652
ε_{q2}	20	0,4005	$a_{s\psi2}$	10	-26,9907
ω_{q1}^2	35	247,8232	$a_{s\psi3}$	10	-32,5062
ω_{q2}^2	45	630,5364	$a_{s\psi4}$	10	-44,212
$a_{q\delta1}$	10	-2,4192	T_1	40	0,1108
$a_{q\delta2}$	10	-1,7115	T_2	40	0,002
ω_{s1}^2	10	26,0652	T_d	20	0,5
ω_{s2}^2	10	26,9907	K_z	50	0,009
ω_{s3}^2	10	32,5062	K_z	40	0,009
ω_{s4}^2	10	44,212	K_ψ	30	10
a_{qq}	40	-233,7707	$a_{\delta q}$	20	-0,1444

Закон распределения случайных разбросов всех коэффициентов – нормальный.

Математическим ожиданием каждого коэффициента m_{ij} является значение этого коэффициента при нулевых разбросах, среднеквадратичное отклонение σ_{ij} для каждого коэффициента a_{ij} находят по формуле $\sigma_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{3}$.

Результаты определения области устойчивости по корням системы (3) приведены в табл. 2, полученная область устойчивости изображена на рис. 1.

Таблица 2

K_ψ	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$T_{d\text{ верхн}}$	0,6	0,555	0,520	0,490	0,465	0,445	0,425	0,410	0,395	0,385	0,370	0,36
$T_{d\text{ нижн}}$	0,22	0,170	0,150	0,135	0,130	0,125	0,120	0,115	0,115	0,115	0,115	0,11

Для сравнения полученных результатов в табл. 3 и на рис. 2 приведена область устойчивости, построенная по упрощенным условиям устойчивости (4 - 5).

Таблица 3

K_{ψ}	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$T_{d \text{ нижн}}$	0,169	0,150	0,140	0,134	0,130	0,126	0,124	0,122	0,120	0,119	0,118	0,118
$T_{d \text{ верхн}}$	0,203	0,203	0,203	0,202	0,202	0,202	0,201	0,201	0,200	0,200	0,199	0,199

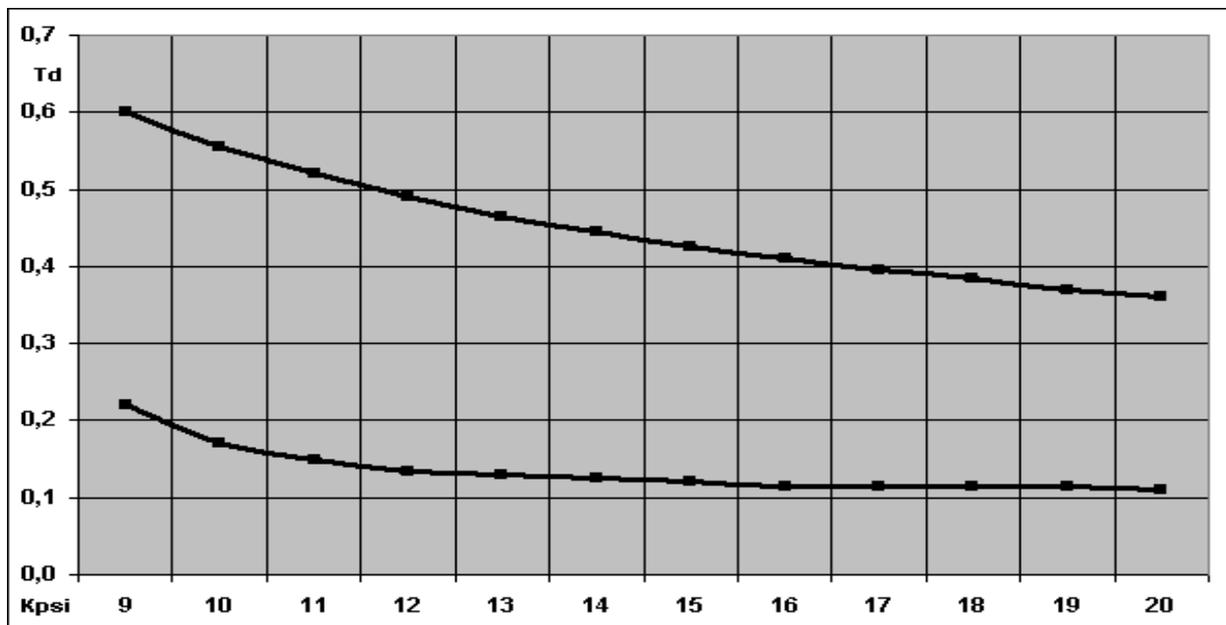


Рис. 1. Область устойчивости по корням системы (3)

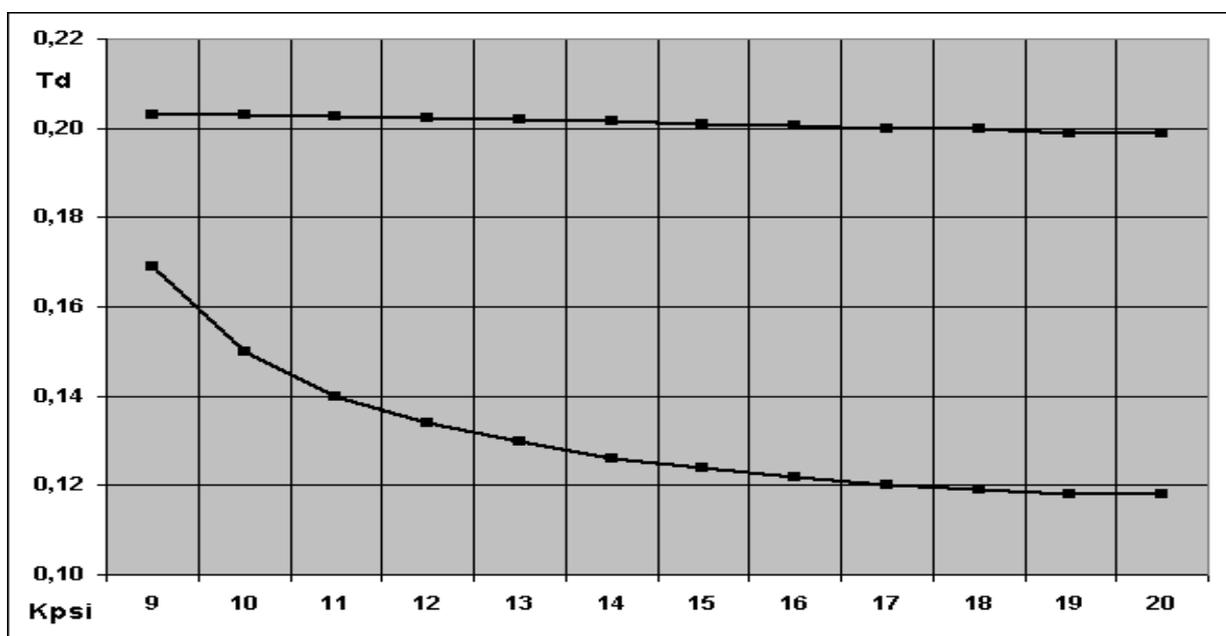


Рис. 2. Область устойчивости по упрощенным КФ (4) – (5)

Результаты построения областей с.к.о границ устойчивости по корням системы и нахождения точки с наивысшей вероятностью устойчивости приведены в табл. 4 и изображены на рис. 3. Искомая точка – [15, 0.1654].

Таблица 4

K_{ψ}	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$T_{d \text{ верхн}}$	0,555	0,520	0,490	0,465	0,445	0,425	0,410	0,395	0,385	0,370
$T_{d \text{ нижн}}$	0,170	0,150	0,135	0,130	0,125	0,120	0,115	0,115	0,115	0,115
$\sigma_{T_e \text{ нижн}}$	0,076	0,039	0,031	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024
$\sigma_{T_d \text{ верхн}}$	0,172	0,161	0,150	0,140	0,133	0,124	0,120	0,115	0,110	0,107

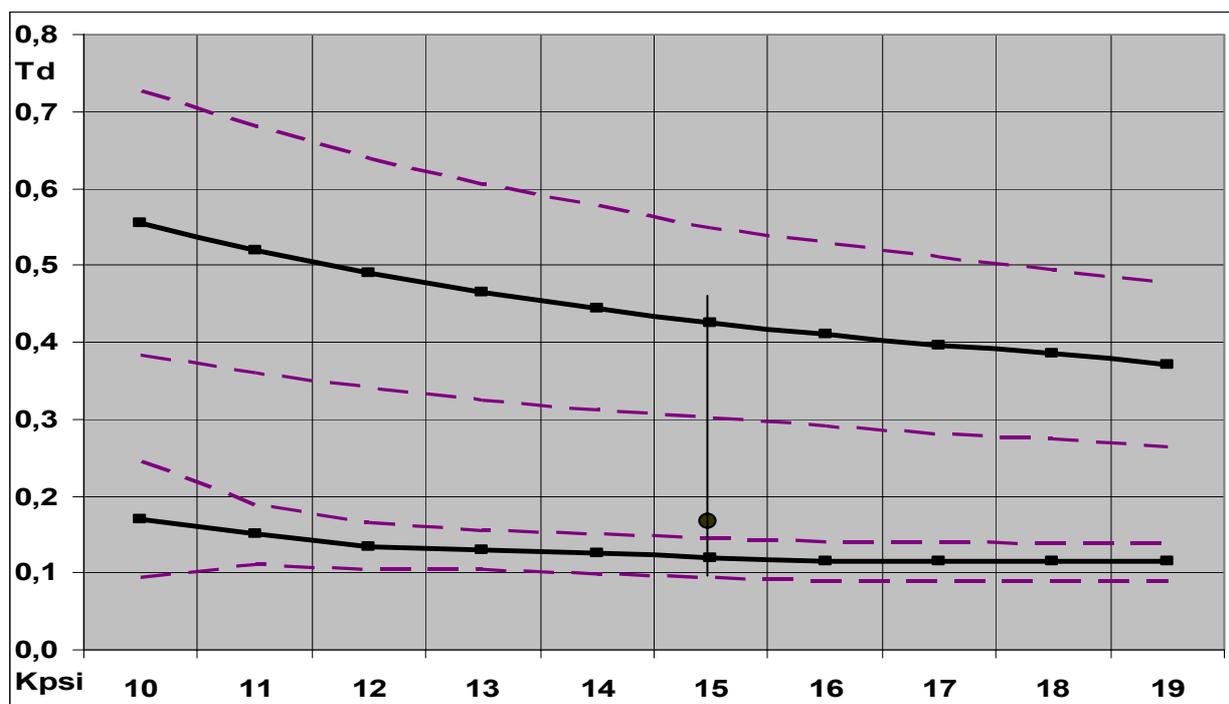


Рис. 3. Области с.к.о. границ устойчивости и оптимальная рабочая точка (границы устойчивости – сплошная линия; области с.к.о. – штриховая линия)

Выводы

Разработана методика построения областей устойчивости объекта корневым методом и оптимизации рабочей точки в плоскости двух параметров по критерию вероятности устойчивости.

Список литературы

1. Айзенберг Я.Е., Сухоробый В.Г. Проектирование систем стабилизации носителей космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1986. – 220 с
2. Игдалов И.М., Кучма Л.Д., Поляков Н.В., Шептун Ю.Д. Ракета как объект управления: Учебник /Под ред. акад. С.Н. Конюхова. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2004.– 544 с.
3. Сухоробый В.Г. Вероятностные методы проектирования технических объектов. – Х.: ХАИ, 1990. – 103 с.
4. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования.– М.: Наука, 1976.– 319 с.

Метод создания трехмерного аналитического эталона поверхности вертикального оперения пассажирского самолета, его агрегатов и сборных узлов в CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

При создании новых образцов авиационной техники активно внедряется и проходит апробацию новая методология интегрированного проектирования. Она основана на принципах и методах проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций с помощью компьютерных интегрированных систем CAD/CAM/CAE/PLM. Метод базируется на разработке трехмерных аналитических эталонов модели поверхности самолета, его агрегатов, сборных узлов, новых конструктивных элементов, крепежных деталей, компьютерных методов расчета объемного общего и локального НДС в элементах соединения, новых технологий постановки крепежных элементов с упругопластическим радиальным натягом, последующим экспериментально-расчетным методом определения характеристик усталостной долговечности типовых соединений. Это позволит проектировать сборные конструкции с заданными характеристиками статической прочности, усталостной долговечности, герметичности и качества внешней поверхности при минимальных затратах массы [1].

В авиастроении для ускорения проектирования и начала серийного производства новых образцов последовательно внедряется метод агрегатного проектирования и моделирования, заключающийся в разделении изделий на ряд агрегатов с параллельной по времени их проработкой. Рассмотрим метод проектирования вертикального оперения (ВО) как агрегата планера самолета с использованием системы CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS. В качестве примера выбрано ВО пассажирского самолета для местных воздушных линий с двумя турбовинтовыми двигателями с так называемой нормальной, или классической схемой размещения поверхностей оперения, в которой вертикальные и горизонтальные поверхности оперения размещались в хвостовой части самолета, образуя хвостовое оперение самолета. [2]

Эффективность вертикального оперения [3] определяют по величине моментов, которые это оперение может создать относительно осей **X** и **Y** самолета:

$$M_{y_{в.о}} = Z_{в.о} L_{в.о}; \quad M_{x_{в.о}} = Z_{в.о} y_{в.о}, \quad (1)$$

где $y_{в.о}$ — расстояние от продольной оси самолета до точки приложения равнодействующей боковых сил на вертикальном оперении.

Подставив $Z_{в.о} = c_z S_{в.о} q_{в.о}$ в выражения (1), получим

$$M_{y_{в.о}} = c_z S_{в.о} L_{в.о} q_{в.о},$$

$$M_{x_{в.о}} = c_z S_{в.о} y_{в.о} q_{в.о}.$$

В дальнейшем удобнее использовать выражения с безразмерными величинами, так как они в отличие от размерных величин моментов не зависят от

геометрических размеров самолета и от режима полета (на дозвуковых скоростях).

$$m_{y_{B.O}} = c_{z_{B.O}} k_{B.O} \bar{S}_{B.O} \bar{L}_{B.O}; \quad m_{x_{B.O}} = c_{z_{B.O}} k_{B.O} \bar{S}_{B.O} \bar{y}_{B.O}, \quad (2)$$

где $k_{B.O} = q_{B.O} / q$ — коэффициент торможения потока в области вертикального оперения.

$$\begin{aligned} \bar{L}_{B.O} &= L_{B.O} / l; \\ \bar{S}_{B.O} &= S_{B.O} / S; \\ \bar{y}_{B.O} &= y_{B.O} / l. \end{aligned}$$

Коэффициент боковой силы вертикального оперения - функция углов скольжения β и отклонения руля направления δ_H :

$$c_{z_{B.O}} = c_{z_{B.O}} * \beta + c_{z_{B.O}} * \delta_B$$

Подставив эти зависимости в выражения (2) и взяв частные производные по углам скольжения и отклонения руля направления, получим выражения для определения изменения коэффициентов моментов при единичном изменении углов скольжения и отклонения руля направления.

$$m_{y_{B.O}}^\beta = c_{z_{B.O}}^\beta k_{B.O} \bar{S}_{B.O} \bar{L}_{B.O} = c_{z_{B.O}}^\beta k_{B.O} A_{B.O}; \quad (3)$$

$$m_{x_{B.O}}^\beta = c_{z_{B.O}}^\beta k_{B.O} \bar{S}_{B.O} \bar{y}_{B.O};$$

$$m_{y_{B.O}}^{\delta_H} = c_{z_{B.O}}^{\delta_H} k_{B.O} \bar{S}_{B.O} \bar{L}_{B.O} = c_{z_{B.O}}^{\delta_H} k_{B.O} A_{B.O}; \quad (4)$$

$$m_{x_{B.O}}^{\delta_H} = c_{z_{B.O}}^{\delta_H} k_{B.O} \bar{S}_{B.O} \bar{y}_{B.O};$$

Как следует из выражений (3) (4), эффективность вертикального оперения определяется не только его относительной площадью $\bar{S}_{B.O}$ и плечом $\bar{L}_{B.O}$, но и аэродинамическими характеристиками $c_{z_{B.O}}^\beta$ и $c_{z_{B.O}}^{\delta_H}$, которые в значительной степени зависят от формы оперения, его удлинения, стреловидности, сужения, формы и относительной толщины профилей, площади и относительной хорды расположенного на оперении руля направления. Величина максимальных моментов управления зависит также от величины максимально возможных углов отклонения рулей.

После выбора параметров крыла и предварительной компоновки фюзеляжа и силовой установки необходимую площадь вертикального оперения определяют приближенно по формуле

$$S_{B.O} = \frac{A_{B.O} l}{L_{B.O}} S.$$

Значение коэффициентов статических моментов вертикального оперения $A_{B.O}$ принимаем из статистических данных, собранных по самолетам аналогичных типов, величину плеча $L_{B.O}$ – по предварительной компоновке. Для дозвуковых самолетов с прямыми крыльями

$$L_{B.O} = (2,0-3,5)b_a, \quad A_{B.O} = 0,04-0,055.$$

Перечисленные выше параметры оптимизируют из условия получения необходимой устойчивости и управляемости самолета при наименьшей массе конструкции.

В качестве профиля обычно выбирают симметричный профиль с относительной толщиной от 9 до 12% и большим радиусом носка, например NASA - 0012M.

Целью данной работы является разработка метода создания компьютерной модели вертикального оперения (ВО) в системе CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS.

Метод создания модели вертикального оперения с использованием системы CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS показан на рис. 1

Проектирование как всего самолета в целом, так и отдельных его агрегатов всегда начинается с анализа требований, предъявляемых к данному типу самолета, анализа данных статистики, а также тенденций и перспектив изменения тактико-технических характеристик (ТТХ) во времени.

Учитывая данные обобщенного анализа и научно-технического задела, на этапе эскизного проектирования выбирают тактико-технические характеристики самолета, превышающие достигнутый уровень.

Аэродинамические поверхности, образующие оперение самолета, предназначаются для обеспечения его устойчивости и управляемости. Функции, выполняемые неподвижными и подвижными поверхностями хвостового оперения, заключаются в следующем:

- а) создавать уравнивающие моменты в установившемся полете путем приложения силы на заданном расстоянии от ЦМ самолета;
- б) обеспечивать устойчивое равновесие, т. е. в случае его нарушения восстанавливать равновесное состояние самолета с соответствующим быстрым демпфированием колебаний;
- в) создавать силы, необходимые для выполнения маневров самолета: отрыв носового колеса при взлете, управление траекторией полета, выравнивание перед посадкой и рулежкой.

Вертикальное оперение самолета предназначено для обеспечения путевой устойчивости и управляемости, совместно с крылом оно обеспечивает поперечную устойчивость самолета. Вертикальное оперение состоит из неподвижной части - киля и подвижной части - руля направления. В зависимости от назначения, предполагаемых аэродинамических и геометрических параметров самолета площадь ВО может составлять 8...20% площади крыла, а площадь руля направления – 25...35% общей площади ВО. Величина удлинения ВО находится в пределах 0.8...1.2, сужения для самолетов с горизонтальным оперением, расположенным на фюзеляже или на нижней части киля, 2...3.5.

В качестве аэродинамического профиля применяют симметричный профиль, так как при этом меньше величина C_x , а кроме того, это необходимо для получения аэродинамических нагрузок одного порядка вне зависимости от того, в какую сторону отклоняется руль направления.

Воздушные нагрузки ВО отличаются от нагрузок, действующих на крыло своей величиной и распределением, но общий эффект от них такой же. Под их действием ВО так же изгибается и закручивается.

Конструктивно-силовая схема киля для пассажирских самолетов местных воздушных линий со скоростями полета до 0,4...0,5 М - это двухлонжеронная схема.

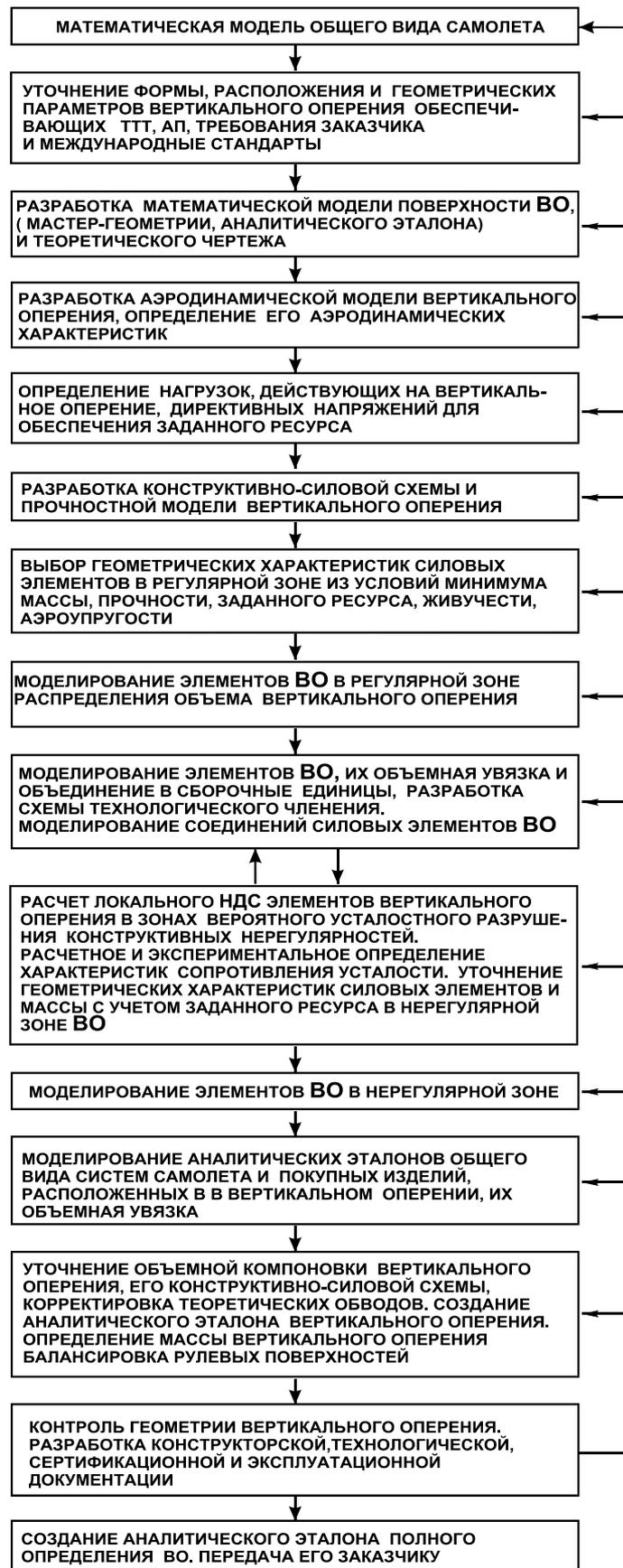


Рис. 1. Метод создания модели вертикального оперения

Определив таким образом самые общие условия и ограничения, начинаем эскизное проектирование ВО. Эскизное проектирование включает в себя:

1. Выбор основных геометрических параметров и размещение ВО.
2. Разработку конструктивно-силовой схемы и схемы крепления оперения.
3. Определение массы ВО.

Проектирование оперения должно обеспечить получение необходимых характеристик устойчивости и управляемости самолета на всех возможных режимах полета, а также достаточную эффективность органов управления для вывода самолета в нормальный режим полета после произвольного превышения критических значений углов атаки, сваливания и попадания самолета в режим пикирования после сваливания или штопора [4].

При выборе параметров ВО необходимо учесть следующее:

- а) ВО не должно попадать в срывной режим в результате возмущений при отклонении руля направления или при отказе двигателя;
- б) необходимо, чтобы после отказа критического двигателя на многодвигательном самолете должна сохранялась управляемость для продолжения полета;
- в) должна быть обеспечена посадка транспортного самолета при скорости бокового ветра до 55 км/ч;
- г) самолет должен обладать положительным запасом путевой и поперечной устойчивости и демпфировать короткопериодические колебания в этих направлениях (голландский шаг). Для самолета с автопилотом допустима некоторая степень спиральной неустойчивости.

На первом этапе, исходя из поставленных задач и ограничений, учитывая данные статистики, выбираем относительные геометрические параметры ВО (стреловидность, удлинение, сужение, относительную толщину профилей сечения) в первом приближении, определяем необходимые площади (самого ВО и управляющих поверхностей).

Выбор параметров вертикального оперения во многом зависит от положения центра тяжести и компоновки самолета, поэтому в процессе проектирования параметры выбирают методом последовательных приближений.

На основе выбранных параметров и с учетом данных аэродинамических продувок модели самолета приступаем к математическому моделированию поверхности ВО.

Результатом математического моделирования являются таблицы аэродинамических профилей в контрольных сечениях (КС) и таблицы параметров сечений ВО в дугах кривых 2-го порядка. Используя данные этих таблиц, строим геометрическую модель вертикального оперения в компьютерной интегрированной системе CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS.

При создании геометрической модели вертикального оперения пассажирского самолета в системе CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS в качестве исходных данных используют:

- теоретический чертеж ВО;
- таблицы контрольных сечений;
- требования к аэродинамическим поверхностям.

Компьютерная интегрированная система CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS позволяет осуществлять двух- и трехмерное конструирование и моделирование самолетных конструкций, их анализ и обеспечение технологической подготовки производства.

При промышленном использовании системы CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS моделирование ВО проводится следующим образом: аэродинамические профили ВО задают в виде теоретических таблиц и схемы построения кривых второго порядка, принятой в авиационной промышленности. Каждый профиль образован из кривых второго порядка, которые задают начальной точкой А, конечной точкой С, точкой привязки В и дискриминантом F (рис. 2).

Базой для моделирования поверхностей является набор кривых, задающих геометрию граничных условий создаваемой поверхности. Этот набор кривых называется каркасной моделью.

Моделирование объектов в CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS проводят от наружной поверхности внутрь агрегата, поэтому под моделью поверхности подразумевают аналитическую модель теоретического обвода агрегата. Эту модель описывают в виде конечного набора поверхностей. Поэтому первым шагом на втором этапе станет создание набора кривых для последующего построения по ним соответствующих поверхностей агрегата. От правильности выполняемых построений зависит правильность всего дальнейшего процесса моделирования [5].

Для описания обводов несущих поверхностей наиболее широко применяют кривые второго порядка, так как они обладают кривизной одного знака, т.е. не имеют точек перегиба. Это является очень важным условием при построении аэродинамических профилей. Уравнение, которое описывает общий случай кривой второго порядка, имеет вид

$$Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey+F=0.$$

Для определения коэффициентов этого уравнения необходимо решить систему из пяти уравнений с пятью неизвестными. Для ее решения достаточно пяти условий, например прохождения кривой через пять точек. В системе UNIGRAPHICS встроенный математический аппарат позволяет построить кривую второго порядка следующими способами:

- по пяти точкам;
- по четырем точкам и одному углу в крайней точке;
- по трем точкам и двум углам в крайних точках;
- методом инженерного треугольника;
- по двум точкам, двум углам и дискриминанту;
- методом задания коэффициентов уравнения кривой второго порядка.

В связи с тем, что наиболее часто аэродинамические профили задают в виде теоретических таблиц координат узловых точек, при построении был принят следующий способ (рис. 2): через пять принятых начальных точек строится первый сегмент профиля, дальнейшие сегменты строятся через четыре точки (первая из которых совпадает с последней точкой предыдущей кривой) и угол, который задается как касательная к предыдущей кривой (в системе UNIGRAPHICS для задания касательной к кривой при построении кривых второго порядка достаточно указать на ту кривую, к которой строится касательная в районе ее концевой точки). Такой способ позволяет получить набор кривых, гладко состыкованных не только по касательной, но и по радиусу кривизны. Используя функции информации об объекте, в дальнейшем система предоставляет возможность описать построенные кривые в виде решения инженерного треугольника (точность выдачи координат узловых точек и дискриминант достигает четырнадцати знаков после запятой).

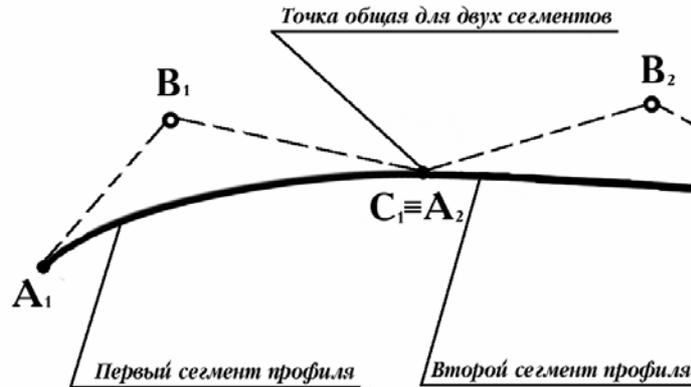


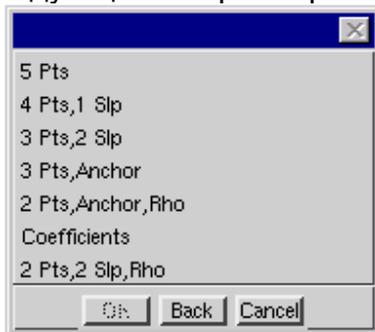
Рис.2. Построение контура профиля ВО

Для построения профиля необходимо выполнить следующие операции: загрузить модуль создания кривых, для этого последовательно обратиться к следующим пунктам меню [6]:

Application⇒Modeling...(Ctrl M), а затем Toolbox⇒Curve⇒General Conic.



Используя опцию , построить набор сегментов по точкам со следующими параметрами:

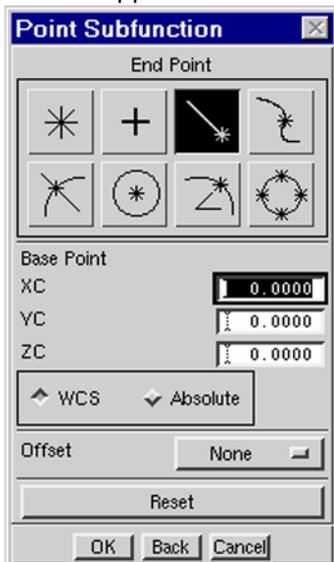


Из появившегося меню создания кривых второго порядка выбираем опцию:

2 Pts, Anchor, Rho

(две точки кривой, точка пересечения касательных и дискриминант).

На дисплее появится меню для задания точек Point Subfunction.



В строке подсказки появляются сообщения, описывающие, что необходимо ввести для создания кривой:

Specify Point 1 - начальная точка кривой A_i ;

Specify Point 2 - конечная точка кривой C_i ;

Specify Anchor Pt - точка пересечения касательных B_i ;

Pro Discriminant - значение дискриминанта Rho .

Значения координат точек необходимо задавать в рабочей системе координат WCS.

Таким образом, для построения первого сегмента кривой необходимо вводить заданные численные значения координат.

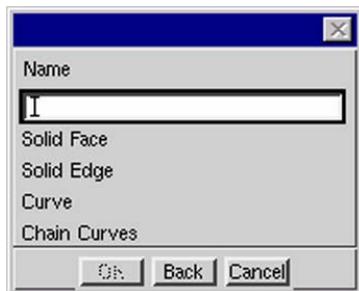
Для последующих сегментов, начальную точку, можно выбирать, как конечную точку предыдущей кривой.

Чтобы выполнить построение прямых участков профиля, необходимо перейти в меню **Toolbox**⇒**Curve**, выбрать опцию **Basic Curves** и затем опцию **Line**. Для построения линии следует ввести координаты начальной и конечной точек сегмента.

Запрашиваемая системой координата точек по оси Z - $Z_C=0$ для всех точек всех сегментов.

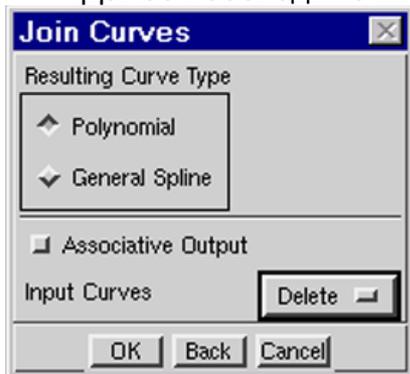
Объединим полученные сегменты в одну кривую. Для этого выбираем из основного меню создания кривых опцию Join  (объединение кривых).

Система выдаст меню выбора объединяемых кривых:



выбираем опцию **Chain Curves** (выбор кривых по цепочке). Выбираем кривую, являющуюся началом цепочки (в строке подсказки → **Select Start Curve of Chain**), и кривую, являющуюся конечным звеном цепочки (в строке подсказки → **Select End Curve of Chain**). Если мы правильно указали цепочку кривых, система должна выделить все сегменты профиля. Подтверждаем выбор кнопкой **OK**.

Далее необходимо выбрать тип результирующей кривой.



Выбираем тип результирующей кривой **Polynomial**. В результате получим сплайн третьей степени.

Если активен переключатель **Associative Output**, то результирующая кривая будет ассоциативна с построенными сегментами профиля (отключаем ассоциативность).

Исходные сегменты профиля удалим. Для этого выберем установку **Input Curves** ⇒ **Delete**.

По окончании выбора установок нажимаем **OK**. В итоге получаем кривые - половины двух сечений. Для построения полных обводов сечений ВО необходимо отобразить их зеркально относительно плоскости XZ.



Рис. 3. Аэродинамический профиль киля и руля направления

После построения всех сегментов профиля необходимо для удобства дальнейшего построения поверхностной модели осуществить их аппроксимацию в одну кривую. После построения одного аэродинамического профиля подобным

образом выполняем построение всех остальных профилей характерных сечений и формируем каркас кривых, необходимых для построения поверхностной модели (следы переднего и заднего лонжеронов, каркасы руля высоты, триммера, сервокомпенсатора и т.д.). В результате построений получаем набор кривых, гладко состыкованных не только по касательной, но и по радиусу кривизны (точность выдачи координат узловых точек и значения дискриминанта достигают четырнадцати знаков после запятой).

После построения сечения ИС2 необходимо перенести его из плоскости построения в плоскость концевой хорды вертикального оперения.

После построения одного аэродинамического профиля (рис. 3) подобным образом выполняем построение всех остальных профилей характерных сечений и формируем каркас кривых ("каркасную модель несущей поверхности" (рис. 4)), необходимых для построения модели поверхности. Построенные аэродинамические профили в дальнейшем используют для создания электронных версий теоретических и сборочных чертежей ВО. Таким образом, получаем возможность применять одни и те же построения для создания и модели, и чертежей, чем исключается погрешность при переносе размеров с чертежей на модель и с модели на чертежи. Для создания теоретических и сборочных чертежей ВО используют раздел **Drafting**:

Application ⇒ Drafting ...

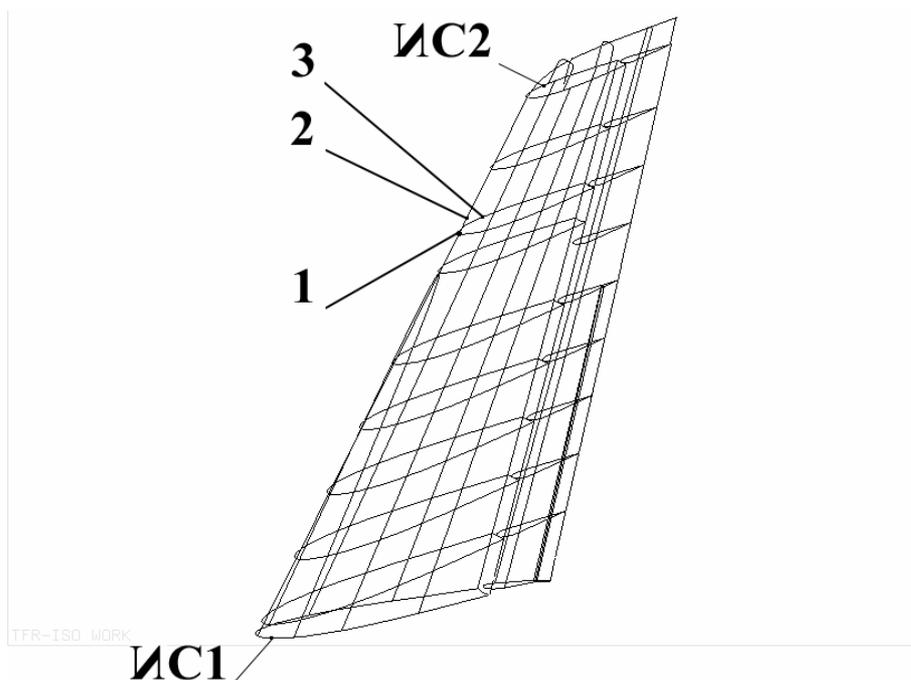
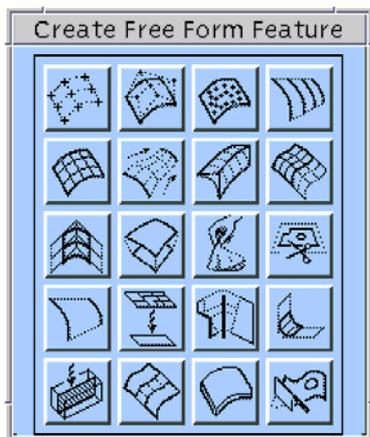


Рис.4. Каркасная модель несущей поверхности

Формирование каркаса кривых проводят путем плоскопараллельного переноса построенного сечения из рабочей плоскости в точку его привязки (определяется геометрическим построением линии передней кромки и линии следа характерного сечения).

Переходим к построению поверхностей, для чего используем следующие опции.

Toolbox ⇒ Free Form Feature



Отображается диалоговое окно **Create Free Form Features**

Для моделирования основных участков теоретического обвода несущей поверхности используем линейчатые поверхности

Toolbox ⇒ Free Form Feature ⇒ Ruled



При этом для дальнейших построений удобнее, если модель поверхности ВО (рис.5) будет состоять из двух половин - правой и левой.



Рис. 5. Модель поверхности ВО

Учитывая, что модели теоретических обводов агрегатов создаются параллельно, на момент их создания необходимо провести оценку их взаимного соответствия. Это достигается на третьем этапе. Включая модель несущей поверхности в общую поверхностную модель самолета, можно отследить правильность ее построения в корневой зоне (проверить соответствие сопрягаемых поверхностей, отсутствие "заедания" управляющих поверхностей на всем их ходе и т. д.).

Используя проецирование вертикальных прямых одновременно на все поверхности модели самолета и анализируя полученные результирующие кривые, можно определить правильность выполнения сопряжения с аэродинамической точки зрения. В дальнейшем данная модель (рис. 6) будет использоваться в качестве первоисточника теоретического контура самолета.

Для того, чтобы определить массогабаритные характеристики и конструктивные параметры деталей и узлов, входящих в конструкцию вертикального оперения, необходимо провести расчет на прочность этих деталей и узлов. Данные расчеты начинаются с определения нагрузок, действующих на вертикальное оперение в целом. Основной внешней нагрузкой ВО является

нагрузка от аэродинамических сил. Нагрузку на ВО согласно Нормам летной годности (НЛГС) определяют исходя из следующих условий полета [4]:

- 1) резкое отклонение руля направления на большой скорости полета;
- 2) полет в беспокойном воздухе;
- 3) для многомоторных самолетов при полете с несимметрично остановленными двигателями;
- 4) комбинированное нагружение.



Рис. 6. Модель поверхности самолета

В случае Т-образного оперения (или при размещении горизонтального оперения на ВО) необходимо учитывать и влияние на ВО нагрузок от горизонтального оперения.

По нормам прочности определяют не только величину нагрузки, но и распределение ее между килем и рулем направления по хорде и размаху. Приблизительно можно считать, что нагрузка распределяется по площади ВО пропорционально хордам. Распределение нагрузки вдоль хорды ВО проводится в соответствии с рассматриваемым расчетным случаем. Расчет киля и руля направления проводится совместно, так как они оба участвуют в восприятии аэродинамической нагрузки. При проведении расчетов исходим из того, что киль конструктивно подобен крылу двухлонжеронной схемы.

Расчет ведут в следующем порядке:

- 1) определяют внешнюю нагрузку;
- 2) определяют реакции и строят эпюры изгибающих и крутящих моментов, а также поперечных сил;
- 3) определяют усилия и напряжения в элементах конструкции.

В случае резкого отклонения руля на режиме максимальной скорости нагрузку на вертикальном оперении принято рассчитывать по формуле [7]

$$P^3 = \pm 0,37 S_{\text{В.О}} \frac{r V_{\text{max}}^2}{2}.$$

Для определения величин нагрузок, действующих на вертикальное оперение в соответствии с типом самолета, характером его предполагаемой эксплуатации, действующими нормами летной годности и рекомендованными ими методами определения соответствия, строят диаграмму предельных режимов полета самолета (рис. 7).

Данные диаграммы пересчитывают для различных случаев нагружения оперения и представляют в виде соответствующих сил и моментов с учетом воздействия инерционных нагрузок и нагрузок от отклонения рулевых

поверхностей. С учетом предполагавшейся на ранних этапах КСС оперения и анализа действующих нагрузок разрабатывают новую или уточняют старую КСС, а также проводят проектировочный расчет элементов конструкции вертикального оперения.

Выбрав КСС агрегата и зная воздействующие на него нагрузки, можно приступить к формированию поперечных сечений силовых элементов. При рассмотрении условий статического нагружения конструкции целесообразно воспользоваться комплексом программных средств RITMOK, разработанным совместно АНТК имени О. К. Антонова и ХАИ. Этот комплекс позволяет оперативно сформировать поперечные сечения регулярных зон конструкции, рассматривая при этом несколько случаев нагружения одновременно. Нерегулярные зоны конструкции целесообразно проектировать с помощью системы конечно-элементного анализа ANSYS. Итогом этого этапа станет формирование поперечных сечений элементов конструкции несущей поверхности. В систему моделирования они передаются либо в виде эскизов, либо в виде табличной информации. Помимо этого необходимо сформировать технические требования на изготовление агрегата, которые должны отразить предполагаемые к применению технологии изготовления, а также их ограничения, накладываемые на геометрию детали [8].

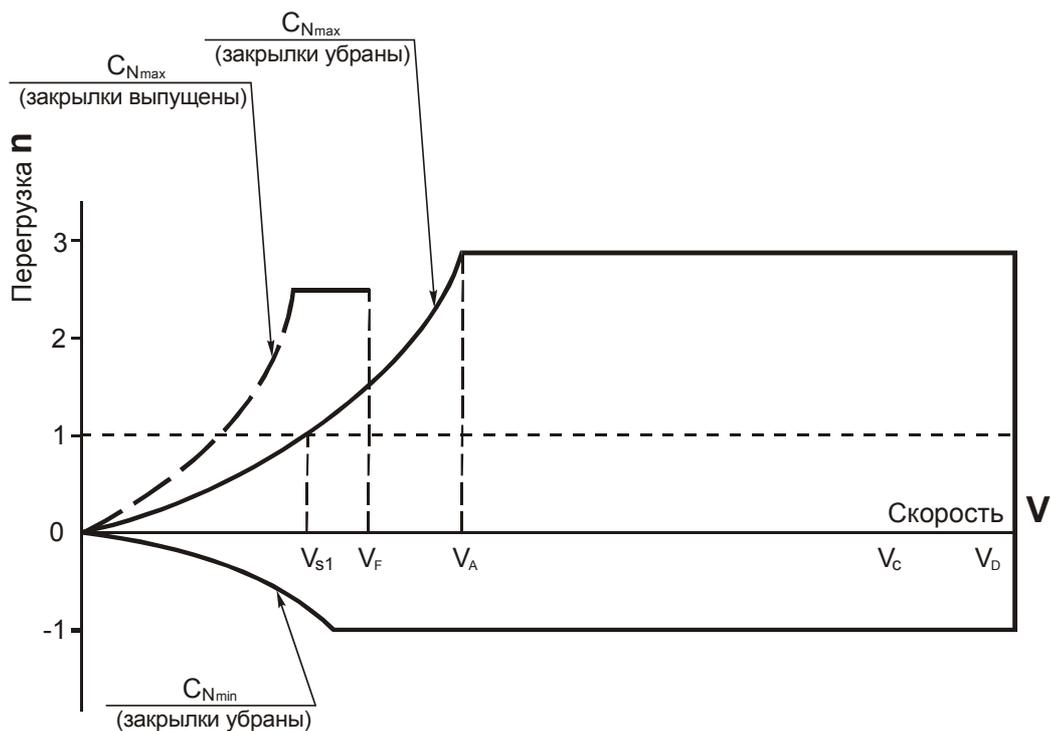


Рис. 7. Диаграмма предельных режимов полета самолета

Сформировав общую геометрию силовых элементов агрегата, следует выделить в их конструкции отдельные части (узлы, детали) для их "независимого" моделирования. Разделение агрегата на составные части целесообразно проводить в соответствии со схемой его технологического членения. Этим обеспечивается возможность в дальнейшем выделить из конструкции деталь и подготовить для неё технологическую процедуру производства (разработать штамп, программу обработки на станке с ЧПУ и т. п.).

На рис. 8 изображена схема технологического членения вертикального оперения (1) с последующим выделением отдельного узла (2), из которого выделяется для подготовки технологической документации отдельная деталь (3).

При моделировании схемы технологического членения происходит процесс формирования модели способа сборки агрегата. Опираясь на уже существующую КСС несущей поверхности и модель поверхности, можно начать этот процесс по схеме "сверху - вниз". Это означает, что, разделив теоретические поверхности на будущие листы или панели обшивки, используя методы WAVE-технологии, которая позволяет наложить ассоциативные связи между геометрическими объектами, следует переназначать их в отдельные файлы, указывая при этом, что исходный файл становится сборочным. К полученному дереву сборки условно добавляются недостающие (еще не созданные) элементы (нервюры, стрингеры и т.д.), что происходит путем автоматического создания в системе их нулевых файлов. Сформировав структуру сборочной единицы, можно приступить к "заполнению" нулевых файлов соответствующими элементами. Для создания наглядной схемы технологического членения используем опцию **Assemblies⇒Exploded Views**, т.е. создаем вид с разнесенными компонентами **Create Explosion**. При этом существует возможность создания этого вида (рис. 8(1)) как "автоматически", так и в "ручном" режиме, когда возможно задание координат и направления перемещения компонентов.

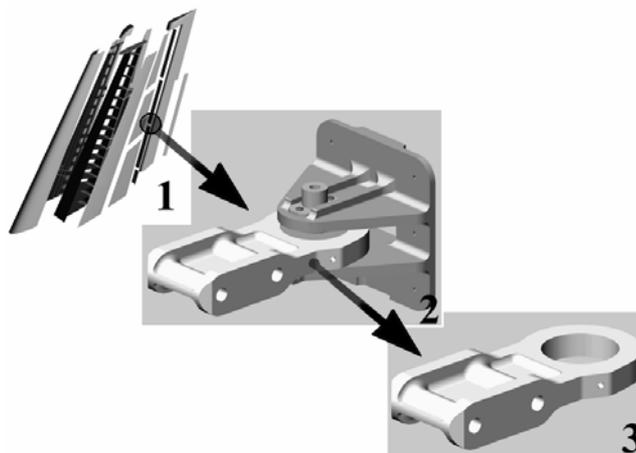


Рис. 8. Схема технологического членения вертикального оперения

В дальнейшем необходимо приступить к формированию непосредственно силового набора несущей поверхности. Его построение выполняется в модуле твердотельного моделирования системы UNIGRAPHICS. Для построения различных типов элементов используют различные методы построений. Так, для полок лонжерона наиболее удобен способ протяжки контура сечения вдоль генерирующей кривой. Для формирования нервюр более подходящим можно признать способ "выдавливания" заданной геометрии из плоскости, для создания моделей крепежных элементов или элементов типа тяга - вращение образующей кривой вокруг оси. Обшивки создаются командой определения толщины существующей поверхности. Для формирования деталей сложной формы применяют несколько различных способов с последующим объединением элементов в единое твердое тело с помощью булевых операций.

При проектировании панелей, нервюр, лонжеронов, сборных узлов использовали различные приемы и способы построения моделей и моделирования. Создание же основных элементов конструкции необходимо начинать с задания толщины обшивки.



После указания поверхности задают толщину и направление построения обшивки. При построении "от контура" **First Offset** задают равным 0.

Для этого обращаемся к следующему пункту меню:

Toolbox ⇒ **Free Form Feature** ⇒ **Thicken Sheet**.

Затем необходимо указать поверхность, которой будет придаваться толщина.



Second Offset задается по модулю равным толщине обшивки, при этом число больше нуля, если направление построения обшивки совпадает с предложенной системой, и меньше нуля, если направления противоположны.

После придания толщины обшивке и проведения предварительных прочностных расчетов можно переходить к созданию основных элементов конструкции вертикального оперения в первом приближении. Для этого необходимо задать общие геометрические параметры.

Построение лонжерона

Для предварительного построения модели лонжерона необходимо знание следующих конструктивных и геометрических характеристик:

- 1) его месторасположение в вертикальном оперении для определения строительной высоты лонжерона;
- 2) геометрические параметры (форма профилей полок лонжерона, их ширина и толщина, толщина стенки лонжерона). Эти параметры определяют исходя из конструктивных и технологических соображений, а также по результатам проектировочного расчета;

Вначале следует обозначить осевую плоскость лонжерона. Данную плоскость можно задавать различными способами, но в данном случае задаем ее «по двум отрезкам». Отрезки строим лежащими в плоскостях корневой и концевой хорд, в местах размещения лонжеронов, длина отрезков произвольная.

После построения отрезков выполняем следующую операцию: строим кривые, как линии пересечения двух плоскостей - плоскости внутренней поверхности обшивки и осевой плоскости лонжерона.

Затем приступаем к построению сечений полок лонжеронов в корневой и концевой частях оперения. В качестве осевой плоскости используем плоскость, в которой лежит лонжерон. При построении особое внимание обращаем на то, чтобы контур сечения полки лонжерона не выходил за внутренний контур обшивки. По построенным сечениям создаем твердотельные габаритные модели полок лонжеронов, после чего строим твердотельную габаритную модель стенки лонжерона.

Построение нервюры

Общие принципы построения нервюры сходны с методикой построения лонжерона. Для получения контура нервюры воспользуемся секущей плоскостью, лежащей в плоскости нервюры. (Плоскость каждой нервюры перпендикулярна заднему лонжерону). После создания внешнего контура внутренний контур создаем путем построения кривых на необходимом расстоянии от исходной кривой **Toolbox**⇒**Curve**⇒**Offset**. После создания кривых, ограничивающих габаритные размеры нервюры, приступаем к созданию самого тела нервюры.

После создания твердотельных габаритных моделей лонжеронов и нервюр целесообразно дальнейшее моделирование проводить, рассматривая вертикальное оперение как сборочную единицу. На первом этапе сборка выполняется по методу "сверху-вниз", т.е. файл сборки и файлы компонентов создаются на базе уже готовых моделей **Assemblies**⇒**Edit Structure**⇒**Create**. На последующих этапах сборка ведется по методу "снизу-вверх" **Assemblies**⇒**Edit Structure**⇒**Add**⇒**Choose Part File**, когда модели деталей-компонентов сборки вначале создаются в отдельном файле, а затем добавляются и позиционируются в сборочном файле.

Модель узла навески создается как сборочная единица, состоящая из определенного числа деталей, при этом файл сборки агрегата будет интерпретировать ее как свою подсборку. Все детали формируются в отдельных файлах (т. е. сборка формируется "снизу - вверх"), что позволяет существенно снизить загрузку компьютера на данном этапе работы, а следовательно, ускорить процесс создания модели. Для создания деталей также используют модуль твердотельного моделирования системы UNIGRAPHICS и приемы, которые были изложены выше. Данный модуль имеет сквозную параметризацию (в роли параметров выступают как размеры детали, так и графические примитивы, на основе которых происходило построение), что в дальнейшем позволяет изменять геометрию входящих деталей и сборок. Однако для правильного интерпретирования параметризации при формировании детали необходимо четко отслеживать все линкованные связи (связи параметров различных деталей, например, \varnothing болта – \varnothing отверстия) и своевременно их накладывать. Сборка конструкции узла проводится методом присоединения в основной файл файлов, входящих в сборочную единицу деталей, ориентирование детали осуществляется по сопрягаемым геометрическим либо вспомогательным элементам с последующей проверкой сопряжения деталей.

Созданные модели элементов конструкции в дальнейшем можно импортировать в системы прочностного расчета методом конечного элемента (МКЭ) ANSYS, NASTRAN и т.п. По результатам этих расчетов форма и размеры

твердотельных моделей элементов конструкции могут изменяться, что приводит к необходимости выполнения новой итерации – предварительный расчет ⇒ построение твердотельной модели ⇒ расчет методом МКЭ. Цель данных итераций добиться оптимизации по массе конструкции.

Сформировав геометрию силового набора, получаем как итог уже готовую "сборку" ВО. Однако в конечном файле между входящими деталями еще не наложены фиксирующие связи, т. е. местоположение каждой вновь созданной детали четко не определено. Неоднозначность устраняется "отбором" имеющихся у каждой конкретной детали степеней свободы путем указания условий сопряжения с соседними компонентами.

Таким образом, получаем полностью параметризованную сборочную модель ВО. При правильном наложении линкованных связей и использовании WAVE-технологии в данную модель можно вносить изменения, начиная с самых ранних этапов проектирования, и они автоматически будут отслежены во всех зависимых файлах, причем это распространяется и на чертежный материал, и на подготовленные технологические решения.

Контроль геометрии вводится в связи с тем, что при выполнении моделирования возможно отклонение от принятых размеров. Отклонения могут появиться вследствие ошибок построения или могут быть введены преднамеренно, например, по технологическим причинам. Для выявления этих отклонений вводится операция контроля геометрических характеристик модели. Для контроля используются функции команды INFO и встроенный аппарат анализа геометрии системы UNIGRAPHICS, а также метод контрольных сечений (рис. 9). Для реализации этого метода на этапах формирования каркаса модели поверхности задается шаг контрольных сечений и положение первого контрольного сечения.

С помощью метода контрольных сечений можно проконтролировать точность выполнения построения теоретических обводов агрегата, углы отклонения рулевых поверхностей и т. д. Помимо этого, используя менеджер веса, контролируют на соответствие выделенным лимитам конечную массу входящих деталей и агрегата в целом.

Сформировав модели силовых элементов, необходимо приступить к моделированию систем и узлов, расположенных непосредственно в вертикальном оперении. Этот процесс называется макетированием агрегата. Макетирование как процесс преследует несколько целей [9]:

- взаимная увязка элементов систем и силовых элементов планера;
- проверка работоспособности подвижных элементов систем в условиях работы в замкнутом пространстве;
- контроль работоспособности взаимодействующих систем;
- проверка возможности и удобства доступа к элементам конструкции и системам, требующим обслуживания;
- контроль "вписываемости" деталей узлов и агрегатов в отведенное пространство;
- частичная проверка принятой технологии сборки.

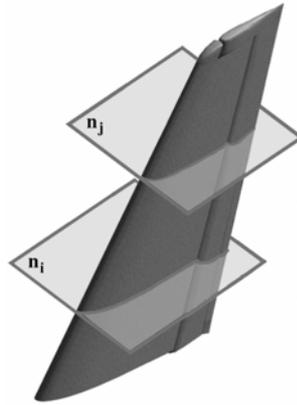


Рис. 9. Применение метода контрольных сечений

Импортирование объектов, созданных в других компьютерных системах, осуществляется с помощью универсальных форматов связи, таких, как IGES, DXF, STEP и т. д.

По окончании девяти этапов моделирования несущей поверхности получаем в системе CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS твердотельную модель конструкции несущей поверхности.

Именно эта модель используется в дальнейшем при разработке конструкторской, технологической, сертификационной и эксплуатационной документации.

При разработке данной документации целесообразно экспортирование твердотельных моделей из системы UNIGRAPHICS в более "легкие" системы типа КОМПАС, AUTOCAD и т.п. Это позволит уменьшить себестоимость данных работ, упростит и ускорит их проведение.

Проведенный параллельный процесс моделирования и макетирования агрегатов позволяет, объединив их в единое целое, анализировать массово-инерционные характеристики самолета как единого объекта. Помимо этого на данном этапе анализируют правильность выполнения сопрягаемых узлов и согласования теоретических обводов в зонах сопряжения, уточняют сопрягаемость систем, расположенных в разных агрегатах.

Принцип объединения агрегатов осуществляется методами организации сборки "снизу-вверх" с наложением условий связи между стыкуемыми поверхностями (например, оговаривается соосность отверстий под стыковые болты и т. п.).

Выводы

Предложенный метод проектирования модели несущей поверхности пассажирского самолета на базе системы CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS по сравнению с существующей традиционной технологией обладает следующими преимуществами:

— созданные модели являются первоисточником информации для других используемых модулей и систем, что исключает погрешности переноса размеров и улучшает точностные характеристики конечного изделия;

— все выполняемые построения могут использоваться в дальнейшем для создания конструкторской, технологической, эксплуатационной и ремонтной документации;

— существенно более высокими являются точностные показатели спроектированных узлов благодаря использованию геометрии одной детали в

качестве базы при построении другой и отсутствию погрешности переноса размеров при этом;

— быстрее и легче выявляются и исправляются ошибки, допущенные в процессе проектирования;

— снижается трудоемкость проектирования и изготовления деталей и узлов агрегата;

— весь созданный конструкторский задел при проектировании одного изделия легко использовать в качестве стандартной библиотеки при проектировании другого.

Таким образом, грамотное и сбалансированное применение компьютерной интегрированной системы CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS позволяет при относительно небольших затратах повысить конкурентоспособность предприятия на мировом рынке.

Метод апробирован на примере проектирования ВО самолета Ан-140.

Список литературы

1. Гребеников А.Г. - Методология интегрированного проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций - Х: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2006. - 532 с.
2. Гребеников А.Г., Сердюков А.А. - Моделирование конструктивных элементов вертикального оперения пассажирского самолета в компьютерной интегрированной системе CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 1999. - Вып.14. - С. 122-132.
3. Егер С.М., Мишин В.Ф., Лисейцев Н.К. и др. Проектирование самолетов - М.: Машиностроение, 1983. - 616 с.
4. Единые нормы летной годности гражданских самолетов. - М.: Машиностроение, 1985. - 470 с
5. Компьютерные технологии проектирования: Консп. лекций/ А.Г. Гребеников, А.М. Гуменный, В.В. Парфенюк, В.А. и др. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2001. - Ч.1. - 449 с.
6. Моделирование объектов авиационной техники с помощью компьютерных систем: Лаб. практикум/ А.Г. Гребеников, В.Н. Король, Ю.В. Железняков и др. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2002. - Ч.1. - 181 с.
7. Нормы прочности самолетов 1947. Руководство для конструкторов Т1. - Бюро новой техники 1947. - 137 с.
8. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями/ А.Г. Балабуев, С.А. Бычков, А.Г. Гребеников и др. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2003. - Ч1. - 453 с. - Ч2 - 389 с.
9. Проектирование гражданских самолетов: теория и методы/ Под ред. акад. Г.В. Новожилова. - М.: Машиностроение, 1991. - 667 с.

Теоремы сложения гармонических функций в координатах эллиптического цилиндра и сжатого эллипсоида вращения и их приложение к решению контактной задачи о совместном вдавливании в упругое полупространство полосового и кругового штампов

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Харьковский национальный экономический университет*

С помощью теорем сложения гармонических функций в системах координат сжатых сфероидов метод Фурье удалось применить к исследованию контактной задачи о нескольких круговых штампах на упругом полупространстве [1]. Ранее этим методом в системах координат эллиптических цилиндров была решена аналогичная контактная задача для системы полосовых штампов [2]. В настоящей статье получены новые теоремы сложения гармонических функций в системах координат эллиптического цилиндра и сжатого эллипсоида вращения. Рассмотрен случай, когда полоса и круговой диск, в которые вырождаются цилиндр и эллипсоид, лежат в одной плоскости. Эти теоремы дают возможность применить классический метод Фурье к решению нового класса задач теории потенциала в пространстве с включениями в виде эллиптического цилиндра и сжатого эллипсоида вращения. В частности, в работе решена ранее никем не исследованная контактная задача об одновременном вдавливании в упругое полупространство полосового и кругового штампов.

1. Теоремы сложения

Будем рассматривать уравнение Лапласа в двух локальных декартовых одинаково направленных системах координат (x_j, y_j, z_j) , $(j=1,2)$. Эти системы сдвинуты на величину h по оси Ox так, что $x_1 = h + x_2$. С первой системой (x_1, y_1, z_1) свяжем систему координат эллиптического цилиндра (ξ_1, θ_1, y_1) :

$$x_1 = a_1 ch\xi_1 \cdot \cos \theta_1, \quad z_1 = a_1 sh\xi_1 \cdot \sin \theta_1, \quad 0 \leq \xi_1 < \infty, \quad -\pi \leq \theta_1 \leq \pi, \quad -\infty < y_1 < +\infty.$$

Со второй системой (x_2, y_2, z_2) свяжем систему координат сжатого эллипсоида вращения $(\xi_2, \theta_2, \varphi_2)$:

$$x_2 = a_2 ch\xi_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cos \varphi_2, \quad y_2 = a_2 ch\xi_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot \sin \varphi_2, \quad z_2 = a_2 sh\xi_2 \cdot \cos \theta_2, \\ 0 \leq \xi_2 < \infty, \quad 0 \leq \theta_2 \leq \pi, \quad 0 \leq \varphi_2 \leq 2\pi.$$

В этих формулах a_1 и a_2 – размерные параметры, причем $h > a_1 + a_2$.

Основной результат состоит в том, что получены новые разложения (теоремы сложения) гармонических функций в приведенных выше системах координат. Эти разложения из системы координат (1) к системе координат (2) имеют вид:

$$e^{i\mu y_1} Fek_n(\xi_1, -q_1) ce_n(\theta_1, -q_1) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{s=0}^{\infty} H_{m,s}^{(n)}(\mu, 1; 2) \cdot \varphi_{2s+|m|}^{(m)}(\xi_2, \theta_2, \varphi_2); \quad (1)$$

$$e^{i\mu y_1} Gek_n(\xi_1, -q_1) se_n(\theta_1, -q_1) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{s=0}^{\infty} K_{m,s}^{(n)}(\mu, 1; 2) \cdot \varphi_{2s+|m|+1}^{(m)}(\xi_2, \theta_2, \varphi_2), \quad (2)$$

где $q_1 = \frac{a_1^2 \mu^2}{4}$, $a_1 \cdot ch\xi_1 + a_2 < h$, $\varphi_n^{(m)}(\xi, \theta, \varphi) = P_n^m(i sh\xi) \cdot P_n^m(\cos\theta) e^{im\varphi}$;

$$H_{m,s}^{(n)}(\mu, 1; 2) = \int_{-\infty}^{\infty} C_n(k) B_{2s+|m|}^{(m)}(k, \mu; a_2) dk;$$

$$K_{m,s}^{(n)}(\mu, 1; 2) = i^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} D_n(k) B_{2s+|m|+1}^{(m)}(k, \mu; a_2) dk;$$

$P_n^m(z)$ – функция Лежандра первого рода [3].

Интегралы сходятся при условии, что $h > a_1 + a_2$.

Выражения для $C_n(k)$ и $D_n(k)$ получены в статье [4] и представлены формулами

$$C_{2k} = \frac{ce_{2k}(0, -q_1) \cdot ce_{2k}(0, q_1)}{2\pi A_0^{(2k)}(q_1)} Ce_{2k}(t, -q_1),$$

$$C_{2k+1} = \frac{ce_{2k+1}(0, -q_1) \cdot se'_{2k+1}(0, q_1)}{2\pi \sqrt{q_1} \cdot B_1^{(2k+1)}(q_1)} Ce_{2k+1}(t, -q_1),$$

$$D_{2n+1} = \frac{se'_{2n+1}(0, -q_1) \cdot ce_{2n+1}(0, q_1)}{2\pi \sqrt{q_1} \cdot A_1^{(2n+1)}(q_1)} Se_{2n+1}(t, -q_1),$$

$$D_{2n+2} = \frac{se'_{2n+2}(0, -q_1) \cdot se'_{2n+2}(0, q_1)}{2\pi q_1 \cdot B_2^{(2n+2)}(q_1)} Se_{2n+2}(t, -q_1), \quad t = Arsh\left(\frac{k}{|\mu|}\right).$$

Функции $B_n^{(m)}(k, \mu; a)$ приведены в справочнике [5]. Они имеют вид

$$B_n^{(m)}(k, \mu; a) = i^m \frac{(2n+1)(n-m)!}{(n+m)!} \left(\frac{\mu - \gamma}{k}\right)^m \cdot g_n(ak),$$

$$\gamma = \sqrt{\mu^2 + k^2}, \quad g_n(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2x}} \cdot I_{n+1/2}(x),$$

где a – параметр сфероидальной системы координат; $I_k(x)$ – функция Бесселя мнимого аргумента [5]; $Fek_n(\xi, -q)$, $Ce_n(\xi, -q)$ и т.д. – функции Матье [6].

Теоремы сложения из системы координат (2) в систему координат (1) представим равенством

$$Q_n^m(i sh \xi_2) \cdot P_n^m(\cos \theta_2) e^{im \varphi_2} = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i \mu y_1} \left[\sum_{k=0}^{\infty} E_{k,n}^{(m)}(2; 1, \mu) \cdot Ce_k(\xi_1, -q_1) \times \right. \\ \left. \times ce_k(\theta_1, -q_1) + \sum_{n=1}^{\infty} F_{k,n}^{(m)}(2; 1, \mu) \cdot Se_k(\xi_1, -q_1) \cdot se_k(\theta_1, -q_1) \right] d\mu, \quad (3)$$

где $a_2 \cdot ch \xi_2 + a_1 < h$, $Q_n^{(m)}(z)$ – функция Лежандра второго рода [5];

$$E_{k,n}^{(m)}(2; 1, \mu) = \omega_k^{(m)} \int_{-\infty}^{\infty} Ce_k(t, -q_1) \cdot h_n^{(m)}(k, \mu) dk; \quad (4) \\ F_{k,n}^{(m)}(2; 1, \mu) = \gamma_k^{(m)} \int_{-\infty}^{\infty} Se_k(t, -q_1) \cdot h_n^{(m)}(k, \mu) dk; \\ h_n^{(m)}(k, \mu) = \frac{e^{-\gamma h}}{\gamma} \left(\frac{\mu - \gamma}{k} \right)^m \cdot g_n(a_2 k), \quad k = |\mu| sh t.$$

Сходимость интегралов имеет место при условии $h > a_1 + a_2$.

Коэффициенты $\omega_k^{(m)}$, $\gamma_k^{(m)}$ вычисляются по формулам [4]:

$$\omega_n^{(m)} = a_2 \frac{(-1)^{n+1} (n+m)!}{\pi (n-m)!} i^{m+1} \alpha_n, \quad \gamma_n^{(m)} = a_2 \frac{(-1)^{n+1} (n+m)!}{\pi (n-m)!} i^m \beta_n; \\ \alpha_{2n} = \frac{A_0^{(2n)}(q_1)}{ce_{2n}(0, q_1) \cdot ce_{2n}(0, -q_1)}, \quad \alpha_{2n+1} = \frac{\sqrt{q_1} B_1^{(2n+1)}(q_1)}{se'_{2n+1}(0, q_1) \cdot ce_{2n+1}(0, -q_1)}; \\ \beta_{2n-1} = \frac{\sqrt{q_1} A_1^{(2n-1)}(q_1)}{ce_{2n-1}(0, q_1) \cdot se'_{2n-1}(0, -q_1)}, \quad \beta_{2n} = \frac{q_1 B_2^{(2n)}(q_1)}{se'_{2n}(0, q_1) \cdot se'_{2n}(0, -q_1)}.$$

Разложения (1), (2), (3) получены из соответствующих разложений работы [4] с использованием разложений (81.1.5), (325.5.1) из справочника [5].

Равномерная сходимость найденных разложений в указанных областях следует из свойств разлагаемых функций [3] и теорем о равномерности [7] рядов по собственным и присоединенным функциям.

2. Контактная задача теории упругости

Рассмотрим задачу о вдавливании в упругое полупространство двух штампов – полосового и кругового. Трением в области контакта будем пренебрегать, а область вне штампов будем считать свободной от усилий. Расстояние между осью симметрии полосы, т.е. осью y_1 , и центром круга (S_2) принимаем равным h . В такой постановке задача сводится к нахождению гармонической функции Φ в полупространстве по крайевым условиям:

$$\Phi(x, y, 0) = w_j(x, y), \quad \text{когда } (x, y) \in (S_j), \quad (j = 1, 2), \quad (5)$$

$$\Phi'_z(x, y, 0) = 0, \quad \text{когда } (x, y) \notin (S_j), \quad (6)$$

где $w_j(x, y)$ – осадка под j -м штампом после вдавливания.

Здесь (S_2) – круг радиусом a_2 , (S_1) – полоса ($|y_1| < \infty$, $|x_1| \leq a_1$) на плоскости $z = 0$. Кроме того, будем предполагать, что $\text{grad } \Phi(M) \rightarrow 0$, когда $M \rightarrow \infty$.

Функцию $\Phi(M)$ представим в виде суммы гармонических функций

$$\Phi(M) = \Phi_1(M) + \Phi_2(M).$$

Здесь $\Phi_1(M)$ и $\Phi_2(M)$ можно записать в локальных координатах эллиптического цилиндра и сжатого эллипсоида вращения (см. п. 1):

$$\Phi_1(\xi_1, \theta_1, y_1) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\mu y_1} \sum_{k=0}^{\infty} a_k(\mu) \cdot \text{Fek}_k(\xi_1, -q_1) \cdot \text{ce}_k(\theta_1, -q_1) d\mu; \quad (8)$$

$$\Phi_2(\xi_2, \theta_2, \varphi_2) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} b_{nm} \cdot Q_{2n+|m|}^m(\text{ish}\xi_2) \cdot P_{2n+|m|}^m(\cos\theta_2) e^{im\varphi_2}, \quad (9)$$

где $a_k(\mu)$ и b_{nm} – неизвестные, подлежащие определению из краевых условий.

Следует отметить, что функции (7), (8) выбраны удовлетворяющими условию (6).

При достаточно общих условиях на функции $w_j(x, y)$ их можно разложить в сходящиеся ряды соответственно в полосе (S_1) и в круге (S_2) :

$$w_1 = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\mu y_1} \sum_{k=0}^{\infty} h_k(\mu) \cdot \text{ce}_k(\theta_1, -q_1) d\mu, \quad q_1 = \frac{a_1^2 \mu^2}{4}; \quad (10)$$

$$w_2 = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} l_{nm} \cdot P_{2n+|m|}^m(\cos\theta_2) e^{im\varphi_2}, \quad (11)$$

где $h_k(\mu)$ и l_{nm} – известные коэффициенты.

Реализуем краевое условие (5) в области (S_1) . Для этого воспользуемся формулой разложения (3) для записи функции Φ_2 в системе координат (ξ_1, θ_1, y_1) и положим в (7) $\xi_1 = 0$. В результате приравнивания коэффициентов при $e^{i\mu y_1} \cdot \text{ce}_k(\theta_1, -q_1)$ получим равенство

$$a_k(\mu) \cdot \text{Fek}_k(0, -q_1) + \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} b_{nm} \cdot E_{k, 2n+|m|}^{(m)}(\mu; 2, 1) \cdot \text{Ce}_k(0, -q_1) = h_k(\mu), \quad (12)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots$$

Второе уравнение, связывающее $a_k(\mu)$ и b_{nm} , найдем из второго условия (5). Для этого функцию Φ_1 запишем с помощью разложения (1) в координатах $(\xi_2, \theta_2, \varphi_2)$ и положим в (7) $\xi_2 = 0$.

Приравняем в полученном равенстве коэффициенты при гармониках $P_n^m(\cos\theta_2) \cdot e^{im\varphi_2}$, в результате чего найдем

$$b_{nm} \cdot Q_{2n+|m|}^m(i0) + \int_{-\infty}^{\infty} d\mu \sum_{k=0}^{\infty} a_k(\mu) \cdot H_{m,n}^{(k)}(\mu; 1, 2) \cdot P_{2n+|m|}^m(i0) = l_{nm}, \quad (13)$$

$$|m| = 0, 1, 2, \dots; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Введем обозначения

$$b_{nm} \cdot Q_{2n+|m|}^m(i0) = x_{nm}, \quad a_k(\mu) \cdot Fek_k(0, -q_1) = y_k(\mu)$$

и перепишем систему уравнений (12), (13) в виде

$$\begin{cases} y_k(\mu) + \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} x_{nm} \cdot R_{k,n}^{(m)}(\mu; 2, 1) = h_k(\mu), \\ x_{nm} + \int_{-\infty}^{\infty} d\mu \sum_{k=0}^{\infty} y_k(\mu) \cdot S_{n,m}^{(k)}(\mu; 1, 2) = l_{nm}, \end{cases} \quad (14)$$

где

$$R_{k,n}^{(m)}(\mu; 2, 1) = E_{k, 2n+|m|}^{(m)}(\mu; 2, 1) \frac{Ce_k(0, -q_1)}{Q_{2n+|m|}^m(i0)}, \quad (15)$$

$$S_{n,m}^{(k)}(\mu; 1, 2) = H_{m,n}^{(k)}(\mu; 1, 2) \frac{P_{2n+|m|}^m(i0)}{Fek_k(0, -q_1)}.$$

Из системы (14) можно исключить неизвестные x_{nm} . В результате придем к интегро - сумматорной системе уравнений относительно функций $y_k(\mu)$:

$$y_k(\mu) - \int_{-\infty}^{\infty} d\lambda \sum_{r=0}^{\infty} y_r(\lambda) \cdot T_k^{(r)}(\lambda, \mu) = h_k(\mu) - \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} l_{nm} \cdot R_{k,n}^{(m)}(\mu; 2, 1), \quad (16)$$

где $k = 0, 1, 2, \dots; \quad -\infty < \mu < +\infty;$

$$T_k^{(r)}(\lambda, \mu) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} R_{k,n}^{(m)}(\mu; 2, 1) \cdot S_{n,m}^{(r)}(\lambda; 1, 2). \quad (17)$$

Можно поступить по-другому: из системы (14) исключим неизвестные $y_k(\mu)$ и придем к двумерной бесконечной системе линейных уравнений относительно неизвестных x_{nm} :

$$x_{nm} - \sum_{s=-\infty}^{\infty} \sum_{p=0}^{\infty} x_{ps} \cdot M_{nm}^{ps} = l_{nm} - \int_{-\infty}^{\infty} d\mu \sum_{k=0}^{\infty} h_k(\mu) \cdot S_{n,m}^{(k)}(\mu; 1, 2), \quad (18)$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$; $|m| = 0, 1, 2, \dots$;

$$M_{nm}^{ps} = \int_{-\infty}^{\infty} d\mu \sum_{k=0}^{\infty} S_{n,m}^{(k)}(\mu; 1, 2) R_{k,n}^{(m)}(\mu; 2, 1). \quad (19)$$

Нам представляется, что система (18) более удобна для численной реализации и удовлетворяет тем достаточным условиям, которые гарантируют возможность применения к ней метода редукции [8]. Доказательство этого факта проводить не будем, а лишь укажем, что оно опирается на равенства Парсевалля, которые вытекают из теорем сложения, используемых при решении краевой задачи.

В заключение следует отметить, что предложенный метод решения контактной задачи остается пригодным и в случае, когда в упругое полупространство вдавливаются несколько штампов-полос и несколько круговых штампов. Для этого необходимо дополнительно к изложенному воспользоваться теоремами сложения, которые приведены в работах [1, 2].

Список литературы

1. Проценко В.С., Денисова Т.В., Гребеникова Е.В. Внешние гармонические задачи Дирихле и Неймана для системы сжатых сфероидов и их применение к задачам теории упругости // Теоретическая и прикладная механика. – 2003. - Вып. 38. – С. 3 – 8.
2. Рвачев В.Л., Проценко В.С. Контактные задачи теории упругости для неклассических областей. – К.: Наук. думка, 1977. – 236 с.
3. Гобсон Е.В. Теория сферических и эллипсоидальных функций. – М.: Изд-во иностр. лит., 1952. – 476 с.
4. Проценко В.С., Бузько Я.П., Денисова Т.В. Теоремы сложения для решений уравнения Гельмгольца в декартовой системе координат и системе координат эллиптического цилиндра // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ „ХАИ”. - 2005. – Вып. 29. – С. 39 – 45.
5. Ерофеенко В.Т. Теоремы сложения. – Минск: Наука и техника, 1989. – 256 с.
6. Мак-Лахлан Н.В. Теория и приложения функций Матье. – М.: Изд-во иностр. лит., 1953. – 458 с.
7. Марченко В.А. Спектральная теория операторов Штурма - Лиувилля. – К.: Наук. думка, 1972. – 220 с.
8. Канторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. – М.-Л., Физматгиз, 1962. – 608 с.

Компьютерное моделирование в задачах анализа и проектирования систем воздушных сигналов винтокрылых летательных аппаратов

Харьковский университет Воздушных Сил

Введение

Постановка проблемы. Современный уровень развития компьютерной техники и вычислительных методов характеризуется широким внедрением компьютерного моделирования в различные сферы науки и техники. В то же время основным методом получения окончательных характеристик летательных аппаратов (ЛА) остаются натурные (летные) испытания.

Измерение высотно-скоростных параметров (ВСП) полета на борту ЛА осуществляется системой воздушных сигналов (СВС). Для СВС летательных аппаратов наиболее характерной является аэродинамическая погрешность, обусловленная возмущениями давления в районе установки приемника воздушного давления (ПВД). Подведение искаженного статического давления к регистрирующим приборам приводит к ошибкам определения высоты H , скорости V полета и требует введения соответствующих аэродинамических поправок $\delta H_a, \delta V_a$. В настоящее время аэродинамические поправки к показаниям аэрометрических приборов определяются на основе лётных испытаний, что связано большими материальными и временными затратами [1, 2]. В тоже время, современный уровень развития вычислительной аэродинамики позволяет с достаточной точностью рассчитывать на ЭВМ величины этих поправок.

Целью данной статьи является рассмотрение и анализ решения задач определения местоположения и вычисления аэродинамических поправок датчиков аэрометрических приборов винтокрылых ЛА на основе компьютерного моделирования.

Изложение основного материала

Аэродинамические погрешности измерения воздушных параметров обусловлены особенностями обтекания винтокрылого ЛА в районе установки соответствующих приемников и датчиков. Полное давление воспринимается ПВД практически без искажений на большинстве режимов полета вертолета. Статическое давление в районе приемных отверстий статического давления отличается от статического давления невозмущенного потока на величину местного возмущенного давления. Размещать ПВД необходимо в зонах минимальных (как по величине, так и по амплитуде колебания) возмущений потока. Следовательно, для решения задач проектирования датчиков СВС на опытном экземпляре и анализа аэродинамических поправок ПВД серийного винтокрылого ЛА необходимо исследовать поле возмущенного давления в передней части фюзеляжа.

Численный метод расчета обтекания винтокрылого летательного аппарата. В данной работе используется численный метод, основанный на комбинации двух методов. Расчет обтекания винтокрылого ЛА осуществляется методом возмущенных потенциалов. Для расчета параметров вихревого течения внутри спутной струи используется уравнение Гельмгольца.

В начальный момент времени течение везде, кроме поверхностей фюзеляжа, лопастей несущего винта (НВ), потенциальное и удовлетворяет уравнению Лапласа относительно потенциала возмущенных скоростей с соответствующими граничными условиями. Линии схода свободных вихревых пелен, моделирующих поверхности тангенциального разрыва скоростей вблизи НВ, считаются фиксированными и заданными на острых кромках лопастей.

В области развитого вихревого следа от НВ для расчета параметров течения используется уравнение Гельмгольца, описывающим вихревое течение идеальной жидкости. Уравнение Гельмгольца замыкается уравнением неразрывности.

Для моделирования обтекания поверхности телесного фюзеляжа используется распределение потенциала двойного слоя с кусочно-постоянной интенсивностью и распределение простого слоя с кусочно-линейной интенсивностью. Лопастей НВ, учитывая их малую относительную толщину, заменяются тонкими несущими поверхностями, и для моделирования их обтекания используется распределение потенциала двойного слоя с кусочно-постоянной интенсивностью.

Задача решается в нестационарной нелинейной постановке. В начальный момент времени завихренность в потоке отсутствует. В первые расчетные моменты времени рассчитывается совместное обтекание несущего винта и корпуса вертолета. Свободные вихревые пелены, сходящие в поток с острых кромок лопастей, вблизи несущего винта представляют собой панели с равномерно распределенным потенциалом двойного слоя (диполями). На удалении трех-четырех хорд от задних кромок лопастей эти панели заменяются несколькими (от четырех до 16 для одной панели) точечными завихренностями. Подробное описание численного метода приведено в работе [3].

Результаты численного моделирования поля возмущенного давления
В качестве расчетной компоновки винтокрылого ЛА взята конфигурация легкого одновинтового вертолета с тремя лопастями. Результаты расчета представлены в прямоугольной правосторонней системе координат, с началом в носке фюзеляжа и с осью ОХ вдоль строительной горизонтали фюзеляжа (СГФ).

Обтекание комбинации НВ – фюзеляж моделировалось для режимов висения и прямолинейного горизонтального полета с шагом по скорости 30 км/ч. Соответствующие значения относительной скорости (μ) равны: 0; 0,0417; 0,083; 0,125; 0,166; 0,21; 0,25. Значения угла атаки НВ, угла общего шага и угла атаки фюзеляжа вычислялись из условия продольной балансировки вертолета. Маховое движение лопастей НВ учитывалось через вектор скорости взмаха сечения лопасти, найденной из решения дифференциального уравнения махового движения.

Для выяснения вкладов изолированного фюзеляжа и изолированного несущего винта в образование поля возмущенного давления впереди вертолета были проведены расчеты обтекания следующих компоновок: изолированный фюзеляж; изолированный НВ; НВ+фюзеляж.

Анализ расчетных данных для изолированного фюзеляжа показал, что значение коэффициента избыточного давления впереди изолированного фюзеляжа становится пренебрежительно малым (меньше 0,04 при заданной точности измерения барометрической высоты $\Delta H_a \leq 10$ метров при скорости полета $V=180$ км/час) на расстоянии более 2-х метров от носка фюзеляжа против потока.

Анализ данных численного моделирования обтекания изолированного НВ показал, что:

-при малых скоростях полета флуктуации давления, вызванные генерируемой несущим винтом спутной струей, достаточно велики. Если при скорости полета 180 км/час коэффициент давления в точке $X=-1$. изменяется в пределах $0,026_{-0,035}^{0,02}$, то при скорости полета 30 км/час в этой же точке значения C_p лежат в пределах $0,64_{-0,35}^{0,15}$;

-влияние изолированного НВ на поле возмущенного давления проявляется в увеличении избыточного давления в предполагаемых зонах установки ПВД. Наиболее существенное увеличение избыточного давления наблюдается при малых скоростях полета;

-зависимость коэффициента избыточного давления от X имеет ярко выраженный экстремум. Координаты X пика давления изменяются в зависимости от скорости полета в пределах от $-1,25$ до $-0,84$. Данные значения X соответствуют значениям относительного радиуса винта $0,85 - 0,75$, то есть зонам максимальных индуктивных скоростей от НВ.

На режиме осевого обтекания изолированного НВ поле возмущенного давления существенно отличается от поля давления на режимах косоуго обтекания. Если при полете вперед наблюдалось увеличение избыточного давления под НВ, то на режиме осевого обтекания в предполагаемых зонах установки приемника воздушного давления реализуются отрицательные значения коэффициента избыточного давления, то есть область разрежения.

Результаты численного моделирования обтекания комбинации НВ - фюзеляж на висении и при различных скоростях горизонтального полета приведены на рис. 1... 4.

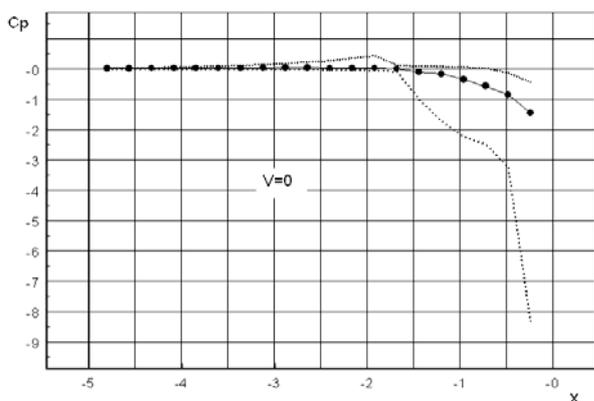


Рис. 1. Изменение коэффициента избыточного давления по X ($Y=0, Z=0$) при обтекании комбинации НВ-фюзеляж ($V=0$)

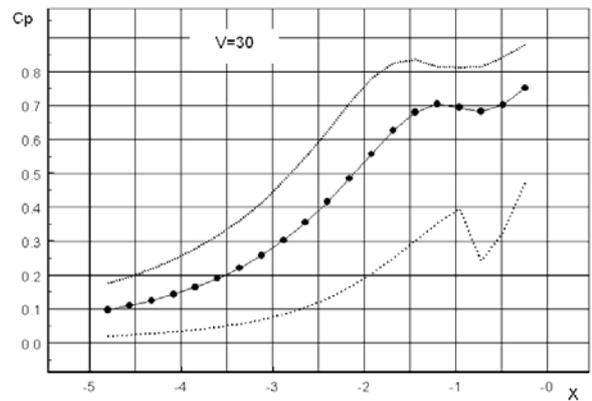


Рис. 2. Изменение коэффициента избыточного давления по X ($Y=0, Z=0$) при обтекании комбинации НВ-фюзеляж ($V=30$ км/час)

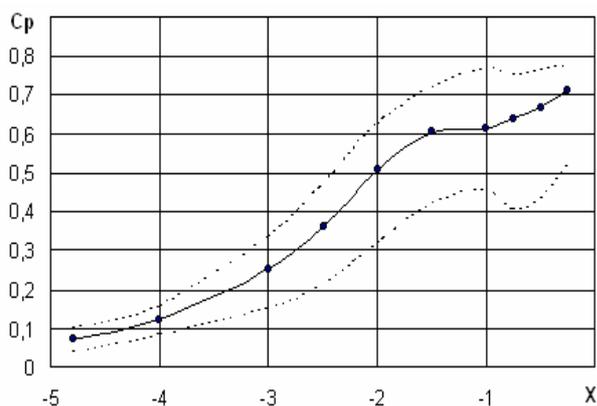


Рис. 3. Изменение коэффициента избыточного давления по X ($Y=0, Z=0$) при обтекании комбинации НВ-фюзеляж ($V=60$ км/час)

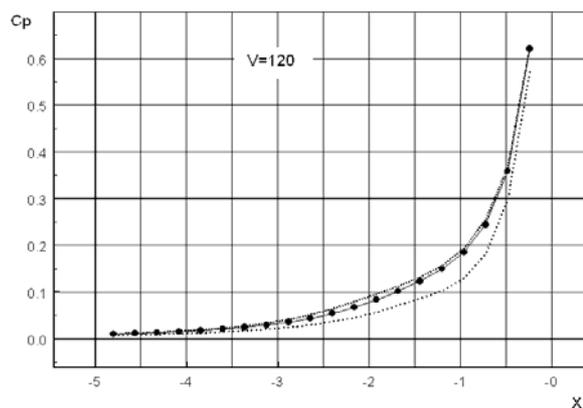


Рис. 4. Изменение коэффициента избыточного давления по X ($Y=0, Z=0$) при обтекании комбинации НВ-фюзеляж ($V=120$ км/час)

Анализ расчетных данных, соответствующих обтеканию изолированного НВ, одиночного фюзеляжа и комбинации НВ-фюзеляж показал, что:

- при обтекании комбинации НВ-фюзеляж флуктуации давления в предполагаемых зонах установки ПВД уменьшаются с увеличением скорости полета. Это объясняется «вытеснением» поверхностью фюзеляжа индуктивного потока от НВ из рассматриваемой области течения. Так, при скорости полета 180 км/час для комбинации НВ-фюзеляж значения коэффициента давления в точке $X = -1,0$ изменяются в пределах $0,35_{-0,17}^{0,03}$, тогда как для изолированного НВ изменяются в пределах $0,64_{-0,35}^{0,15}$ (при скорости полета 30 км/час соответственно $0,7_{-0,3}^{0,12}$ и $0,026_{-0,035}^{0,02}$);

- при увеличении скорости полета зависимость $C_p(X)$ для комбинации НВ-фюзеляж приближается к зависимости $C_p(X)$ для изолированного фюзеляжа, Влияние несущего винта на поле возмущенного давления при больших скоростях полета проявляется, в основном, в нестационарности течения и увеличении давления на расстоянии 0,5...2,5 метра от носка фюзеляжа;

- при уменьшении скорости полета влияние несущего винта на поле течения в предполагаемых зонах установки ПВД увеличивается. Так, при скорости потока 30 км/час для комбинации НВ-фюзеляж, как и при обтекании изолированного НВ, на расстоянии 1,2 метра от носка фюзеляжа существует пик давления;

- на режимах осевого обтекания несущего винта фюзеляж практически не оказывает влияния на поле возмущенного давления в предполагаемых зонах установки ПВД).

Таким образом, результаты численного моделирования обтекания комбинации НВ-фюзеляж показывают существенную нестационарность потока при малых скоростях полета и увеличение избыточного давления во всем диапазоне скоростей в предполагаемых зонах установки ПВД.

Рекомендации по выбору местоположения ПВД на вертолете одновинтовой схемы. Относительная аэродинамическая поправка к статическому давлению определяется как отношение разности давления в

невозмущенном потоке - P_∞ и в районе отбора воздуха в статическую камеру - $P_{РПСД}$ к скоростному напору g_∞ :

$$\delta\bar{P}_a = \frac{(P_\infty - P_{РПСД})}{g_\infty}.$$

Относительная аэродинамическая поправка $\delta\bar{P}_a$ равняется по модулю и противоположна по знаку коэффициенту избыточного давления для значения координаты X, соответствующей расположению отверстий камеры статического давления ПВД:

$$\delta\bar{P}_a = -C_{РПСД}.$$

Для минимизации аэродинамической погрешности измерения ВСП полета, ПВД необходимо размещать в точках минимальных значений коэффициента избыточного давления. Минимальное значение коэффициента давления, при котором можно пренебречь аэродинамической погрешностью измерения ВСП, составляет 0,04 единиц. Результаты исследований поля возмущенного давления показывают, что для обеспечения требования $|C_{РПСД}| \leq 0,04$ ПВД необходимо выносить вперед от носка фюзеляжа на расстояние более 5 метров при скорости 30 км/час и на расстояние 4 метра при скорости 60 км/час. Следовательно, даже на опытном экземпляре вертолета добиться отсутствия аэродинамических погрешностей практически невозможно и необходимо вводить аэродинамические поправки к показаниям аэрометрических приборов.

Максимальное значение коэффициента давления при котором возможно измерение ВСП полета аэрометрическими приборами составляет 0,5 единиц. При $|C_{РПСД}| = 0,5$ аэродинамические поправки к показаниям аэрометрических приборов на высоте 0 км и при скорости полета 30 км/час составляют: $\delta H_a = 1,77$ м., $\delta V_a = -6,73$ км/час. При увеличении значения $|C_{РПСД}|$ местная скорость воздушного потока в районе ПВД уменьшается (поток тормозится), динамическое давление стремится к нулю и статическая камера ПВД будет воспринимать вместо статического давления полное давление (давление заторможенного потока). Условие $|C_{РПСД}| \leq 0,5$ при скоростях полета более 30 км/час реализуется при размещении ПВД на расстоянии 2,1 метра от носка фюзеляжа на линии, являющейся продолжением вперед СГФ. При малых скоростях полета (меньше 30 км/час) измерение ВСП вертолета аэрометрическими приборами практически невозможно из-за значительной нестационарности потока, вызванной влиянием струи от НВ, а также большими погрешностями аэрометрических приборов при малом значении скоростного напора.

Колебания избыточного давления в предполагаемых зонах установки ПВД вызывают неустойчивость в показаниях аэрометрических приборов («колебания»

стрелок указателей скорости и барометрической высоты относительно средних значений ВСП). Принимая во внимание, что время установления показаний современных аэрометрических приборов составляет приблизительно 0,5 секунд (что соответствует приблизительно 8 оборотам вращающихся лопастей НВ), а скорость движения вихревых жгутов, вызывающих нестационарность потока, равна местной скорости потока, изменением коэффициента избыточного давления в пределах 0,1 единиц можно пренебречь. При «выносе» ПВД на 2,1 метра от носка фюзеляжа вертолета одновинтовой схемы типа «Ангел», данное условие не обеспечивается только при скорости 30 км/час.

Выводы

Результаты численного моделирования обтекания комбинации «несущий винт – фюзеляж» показывают существенную нестационарность потока при малых скоростях полета и увеличение избыточного давления во всем диапазоне скоростей в предполагаемых зонах установки ПВД. Выработаны рекомендации по размещению ПВД на опытном и серийном образцах вертолетов одновинтовой схемы.

Проведенные исследования показали возможность применения вычислительных методов аэродинамики для расчета аэродинамических погрешностей и определения рационального местоположения приемников бортовой аэрометрической системы измерения параметров полета винтокрылых ЛА. Применение методов компьютерного моделирования для аэродинамического анализа и проектирования приемников аэрометрических приборов позволяет при меньших, по сравнению с существующими экспериментальными методами, временных и материальных затратах выполнить широкие параметрические исследования по повышению точности и достоверности измерения параметров полета вертолета.

Список литературы

1. Задачи и структура летных испытаний самолетов и вертолетов / А.Д. Миронов, В.А. Лапин, Г.Ш. Меерович, Ю.И. Зайцев / Под ред. А.Д. Миронова. – М.: Машиностр., 1982. – 144с.
2. Летные испытания систем пилотажно-навигационного оборудования / Харин Е.Г., Цветков П.М., Волков В.К. и др. – М.: Машиностр., 1986. – 84 с.
3. Калкаманов С.А., Обидин Д.Н., Турченко В.А. Численный метод расчета обтекания винтокрылых ЛА // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Х.: НАКУ«ХАИ», 2004.–Вып.25. – С. 63-69.

Синтез алгоритма математической модели имитации акселерационных воздействий при проектировании системы подвижности авиационного тренажера

*ООО "КБ Аэрокоптер"
Харьковский университет воздушных сил*

Постановка задачи и ее связь с научными и практическими направлениями. Современные возможности электронных технологий позволяют использовать пилотажные тренажеры для летной подготовки членов экипажей, их тестирования при проверках квалификации и профессионального уровня. В зависимости от уровня сложности пилотажного тренажера на нем можно отрабатывать от 50 до 90 % практических задач подготовки и обучения летных экипажей [1]. Кроме того, обеспечивается безопасность обучения техники пилотирования на типовых, предельных и критических режимах полета, а также в случае отказов авиационной техники.

Точность имитации полета на пилотажном тренажере (FS) уровня В, С, D достаточна для оценки летных качеств пилота и способствует повышению гарантии того, что действия летчика будут аналогичными и при пилотировании реального самолета или вертолета [2]. В настоящее время международные авиационные организации пришли к выводу, что качественная подготовка авиационных специалистов без тренажеров соответствующих типов трудноосуществима, а зачастую практически невозможна [3, 4].

В соответствии со своим назначением и предъявляемыми требованиями в состав архитектуры современного авиационного пилотажного тренажера входит типовой состав имитаторов: визуализации обстановки, акселерационного воздействия, акустических шумов и др., которые обычно объединяют в блок имитаторов физических факторов полета.

Для летных экипажей важное значение имеет имитация на тренажере угловых ускорений и перегрузки. Это вызвано, в частности, тем, что информация о быстром изменении пространственного положения летательного аппарата поступает по акселерационному каналу быстрее, чем по зрительному, так как человек сначала ощущает появление ускорения, а затем уже зрительно наблюдает его. В благоприятных (типовых) условиях полета абсолютный порог чувствительности по перегрузке в составляет 0.02...0.05 ед., а по угловым ускорениям - порядка 0.5 град/с². Эти цифры сопоставимы с порогами чувствительности платформенных инерционных систем пилотажных комплексов.

В современном авиационном тренажеростроении имитация перегрузок и угловых ускорений, воздействующих на вестибулярный аппарат экипажа неманевренного самолета и вертолета, выполняется посредством подвижных кабин опорного типа [3-6]. Подвижность кабины пилотажного тренажера обеспечивается системами подвижности, которые подразделяют по числу степеней свободы на трехстепенные, шестистепенные и др.

В соответствии с международной классификацией [2] пилотажные тренажеры (FS) самого низшего уровня А могут иметь систему подвижности с тремя степенями свободы (тангаж, крен, курс), более высоких уровней В, С, D – с шестью степенями свободы. В последнее время доминирующим типом систем подвижности тренажерных кабин стала шестистепенная система опорного типа. Так как такие системы подвижности кабин отечественной промышленностью не изготавливаются [4], то при создании современных авиационных пилотажных тренажеров в Украине необходимо их закупать за рубежом и интегрировать их в собственные разработки.

Цель работы. При закупке за рубежом систем подвижности опорных кабин пользователю необходимо знать большой объем информации, который позволяет правильно выбрать требуемую систему к разрабатываемому тренажеру. К такой информации можно отнести среднечастотные составляющие перегрузок и угловых ускорений, амплитуды перемещений штоков гидроцилиндров, потребные энергетические затраты и др. Соответствующие данные можно получить только на основе численных методов, объединяющих в себе математические модели динамики полета летательного аппарата и кинематики движения кабины тренажера при имитации полета.

Синтез алгоритма математической модели. При разработке алгоритма математической модели имитации акселерационного воздействия на членов экипажа воздушного судна с помощью кабины опорного типа используют метод полного подобия. Сущность этого метода состоит в следующем. Во-первых, воспроизведение акселерационных ощущений необходимо выполнять с угловыми и линейными перемещениями кабины тренажера, пропорциональными вычисленным значениям в системе имитации динамики полета летательного аппарата. Во-вторых, для процесса воспроизведения акселерационной информации вычисленные параметры движения летательного аппарата должны быть преобразованы в параметры движения платформы кабины тренажера. При этом определяют максимальные перемещения штоков опорных гидроцилиндров и потребную максимальную мощность на перемещение кабины.

Для определения линейных и угловых ускорений летательного аппарата, а также его положения в пространстве (углы тангажа, крена, рыскания) в качестве математической модели динамики полета используем известную систему дифференциальных уравнений [7, 8]

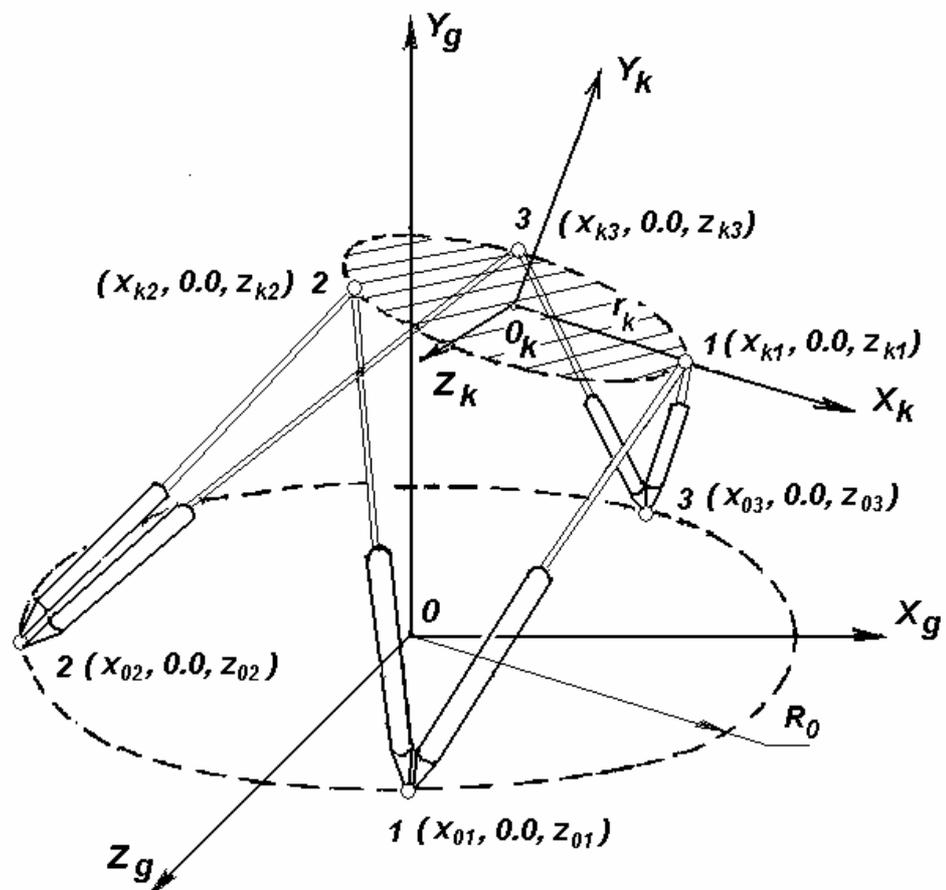
$$m \left(\frac{d\vec{V}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{V} \right) = \vec{R}_{aэp} + \vec{G}(\vartheta, \psi, \gamma) + \vec{P}_{тягу}, \quad (1)$$

$$\frac{d(J \cdot \vec{\Omega})}{dt} + \vec{\Omega} \times J \cdot \vec{\Omega} = \vec{M}_{aэp} + \vec{M}_{тягу} + \vec{M}_{зуп}.$$

Первое уравнение данной системы описывает движение центра масс летательного аппарата, второе – его вращение относительно центра масс. Система уравнений (1) дополняется уравнениями кинематической связи, которые имеют вид [8]

$$\begin{aligned}
\dot{\vartheta} &= \omega_y \sin \gamma + \omega_z \cos \gamma, \\
\dot{\gamma} &= \omega_x - (\omega_y \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma) \operatorname{tg} \vartheta, \\
\psi &= \frac{\omega_y \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma}{\cos \vartheta}, \\
\frac{dx_0}{dt} &= V \cos \theta \cos \varphi_c, \quad \frac{dy_0}{dt} = V \sin \theta, \quad \frac{dz_0}{dt} = -V \cos \theta \sin \varphi_c.
\end{aligned}
\tag{2}$$

Для решения системы уравнений (1) необходимо в каждый момент времени t знать величины сил и моментов, которые входят в правые части системы. В общем случае система уравнений (1) связывает 15 переменных: десять фазовых координат и пять параметров управления $\delta_i(t)$. Тогда при заданных параметрах управления $\delta_i(t)$ и известных начальных условиях система (1) имеет единственное решение, а летательный аппарат – однозначную траекторию. Предложенная математическая модель позволяет осуществить имитацию полета летательного аппарата с заданием алгоритма действий экипажа в виде соответствующих законов изменения управляющих параметров.



Кинематическая схема шестистепенной подвижной кабины опорного типа

Для решения второй части поставленной задачи необходимо вычисленные кинематические параметры движения летательного аппарата преобразовать в параметры движения кабины. Рассмотрим шестистепенную кабину опорного типа с шестью гидроцилиндрами. Опоры шарнирного типа каждой из трех пар цилиндров на полу основания совмещены или расположены близко друг к другу. Такие же опоры на полу основания подвижной кабины образуют треугольник. Каждая пара рабочих гидроцилиндров образует две стороны треугольника (см. рисунок). При согласованном перемещении штоков гидроцилиндров изменяются длины сторон треугольников, и происходит изменение положения кабины в пространстве.

Введем две системы координат. Система $Ox_g y_g z_g$ является неподвижной и связана с основанием пола помещения, в котором находится тренажер. Система координат $O_k x_k y_k z_k$ связана с кабиной тренажера и изменяет свое положение в пространстве. Положение системы координат $O_k x_k y_k z_k$, связанной с кабиной тренажера, относительно неподвижной $Ox_g y_g z_g$ характеризуется тремя координатами центра $O_k(\Delta x_g, \Delta y_g, \Delta z_g)$ и матрицей направляющих косинусов

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \varepsilon_{21} \varepsilon_{31} \\ \varepsilon_{12} \varepsilon_{22} \varepsilon_{32} \\ \varepsilon_{13} \varepsilon_{23} \varepsilon_{33} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов ε_{ij} матрицы направляющих косинусов между неподвижной и связанной системами координат приведены в табл. 1.5 [7].

Кресла пилотов реального самолета (вертолета) расположены на определенном расстоянии от центра масс. Будем считать, что положение кресла пилота определяется относительно центра масс летательного аппарата тремя координатами l_x, l_y, l_z . Вследствие смещения в реальном полете появляются дополнительные линейные ускорения в месте расположения кресла

$$\begin{aligned} \Delta j_x &= l_z \cdot \omega_y - l_y \cdot \omega_z + \omega_x (\omega_y l_y + \omega_z l_z) - l_x (\omega_y^2 + \omega_z^2), \\ \Delta j_y &= l_x \cdot \omega_z - l_z \cdot \omega_x + \omega_y (\omega_x l_x + \omega_z l_z) - l_y (\omega_x^2 + \omega_z^2), \\ \Delta j_z &= l_y \cdot \omega_x - l_x \cdot \omega_y + \omega_z (\omega_x l_x + \omega_y l_y) - l_z (\omega_x^2 + \omega_y^2). \end{aligned} \quad (4)$$

На подвижной кабине тренажера эти смещения очень малы или практически отсутствуют. Для выполнения условий полного подобия акселерационных воздействий подвижная кабина тренажера должна повторять угловое перемещение имитируемого летательного аппарата (углы ϑ, γ, ψ), а для имитации поступательного движения должна воспроизводиться сумма ускорений $(\dot{V}_x, \dot{V}_y, \dot{V}_z)$, поступающих из блока имитации динамики полета, и дополнительных ускорений, определяемых по формулам (4)

$$\dot{V}_x^* = \dot{V}_x + \Delta j_x, \dot{V}_y^* = \dot{V}_y + \Delta j_y, \dot{V}_z^* = \dot{V}_z + \Delta j_z. \quad (5)$$

Воспроизведение ускорений пространственного движения имитируемого летательного аппарата осуществляется через воспроизведение относительных перемещений точки O_k , связанной с кабиной тренажера

$$\begin{aligned}\Delta x_g &= \int (V_{x_g} - V_{x_g}^0) dt + \iint \Delta j_x dt \cdot dt, \\ \Delta y_g &= \int (V_{y_g} - V_{y_g}^0) dt + \iint \Delta j_y dt \cdot dt, \\ \Delta z_g &= \int (V_{z_g} - V_{z_g}^0) dt + \iint \Delta j_z dt \cdot dt,\end{aligned}\tag{6}$$

где $V_{x_g}^0, V_{y_g}^0, V_{z_g}^0$ - значение составляющих скорости полета имитируемого летательного аппарата в неподвижной системе координат.

Неподвижная система координат $Ox_g y_g z_g$ связана с основанием пола помещения и координаты трех шарнирных узлов 1, 2, 3 в данной системе координат (см. рисунок) будут соответственно равны: $(x_{01}, 0.0, z_{01})$, $(x_{02}, 0.0, z_{02})$, $(x_{03}, 0.0, z_{03})$. Координаты трех шарнирных узлов 1, 2, 3 на подвижной части основания кабины зададим в связанной системе координат: $(x_{k1}, 0.0, z_{k1})$, $(x_{k2}, 0.0, z_{k2})$, $(x_{k3}, 0.0, z_{k3})$.

Обозначим через l_{ij} длину каждой из шести раздвижных штанг подвижной кабины, где i - номер узла на основании пола; j - номер узла кабины. Положение связанной с кабиной системы координат $O_k x_k y_k z_k$ относительно неподвижной характеризуется тремя координатами точки $O_k (\Delta x_g, \Delta y_g, \Delta z_g)$ и матрицей направляющих косинусов (3). Тогда расстояние между шарнирными узлами пола основания и кабины (длины раздвижных штанг l_{ij}) могут быть определены из соотношений:

$$\begin{aligned}l_{11}^2 &= (\Delta x_g + x_{k1} \varepsilon_{11} + z_{k1} \varepsilon_{13} - x_{01})^2 + (\Delta y_g + x_{k1} \varepsilon_{21} + z_{k1} \varepsilon_{23})^2 + \\ &+ (\Delta z_g + x_{k1} \varepsilon_{31} + z_{k1} \varepsilon_{33} - z_{01})^2, \\ l_{12}^2 &= (\Delta x_g + x_{k2} \varepsilon_{11} + z_{k2} \varepsilon_{13} - x_{01})^2 + (\Delta y_g + x_{k2} \varepsilon_{21} + z_{k2} \varepsilon_{23})^2 + \\ &+ (\Delta z_g + x_{k2} \varepsilon_{31} + z_{k2} \varepsilon_{33} - z_{01})^2, \\ l_{22}^2 &= (\Delta x_g + x_{k2} \varepsilon_{11} + z_{k2} \varepsilon_{13} - x_{02})^2 + (\Delta y_g + x_{k2} \varepsilon_{21} + z_{k2} \varepsilon_{23})^2 + \\ &+ (\Delta z_g + x_{k2} \varepsilon_{31} + z_{k2} \varepsilon_{33} - z_{02})^2, \\ l_{23}^2 &= (\Delta x_g + x_{k3} \varepsilon_{11} + z_{k3} \varepsilon_{13} - x_{02})^2 + (\Delta y_g + x_{k3} \varepsilon_{21} + z_{k3} \varepsilon_{23})^2 + \\ &+ (\Delta z_g + x_{k3} \varepsilon_{31} + z_{k3} \varepsilon_{33} - z_{02})^2, \\ l_{31}^2 &= (\Delta x_g + x_{k1} \varepsilon_{11} + z_{k1} \varepsilon_{13} - x_{03})^2 + (\Delta y_g + x_{k1} \varepsilon_{21} + z_{k1} \varepsilon_{23})^2 + \\ &+ (\Delta z_g + x_{k1} \varepsilon_{31} + z_{k1} \varepsilon_{33} - z_{03})^2,\end{aligned}\tag{7}$$

$$l_{33}^2 = (\Delta x_g + x_{k3}\varepsilon_{11} + z_{k3}\varepsilon_{13} - x_{03})^2 + (\Delta y_g + x_{k3}\varepsilon_{21} + z_{k3}\varepsilon_{23})^2 + (\Delta z_g + x_{k3}\varepsilon_{31} + z_{k3}\varepsilon_{33} - z_{03})^2.$$

Расстояния l_{ij}^2 не обращаются в нуль ни при каком рабочем положении кабины тренажера. Поэтому между величинами l_{ij} и l_{ij}^2 существует однозначное соответствие. Нейтральным или начальным положением подвижной кабины будем считать положение, при котором $\Delta x_g = \Delta z_g = 0, \Delta y_g = h, \varepsilon = E$ (единичная матрица).

Таким образом, получили замкнутую систему уравнений, которая позволяет определять на каждом расчетном шаге длину элементов l_{ij} , а, соответственно, и перемещение штоков гидроцилиндров, изменяющих положение кабины тренажера в пространстве.

Выводы. Направления дальнейших исследований.

На основе разработанного алгоритма математической модели имитации акселерационных воздействий на экипаж летательного аппарата можно исследовать динамику движения кабины опорного типа современного тренажера, определять амплитуды и скорость перемещений штоков гидроцилиндров, потребные энергетические затраты. Результаты исследований необходимы для выбора типа динамической платформы при разработке, создании и модернизации пилотажных тренажеров, а также для создания программно-методического обеспечения систем подвижности тренажеров.

Список литературы

1. Рожков П.В. Компания "Транзас": Технологии для авиации // Аэрокосмический курьер. - 2005. - № 2. - С. 82 - 83.
2. CAR-STD 1H Civil Aviation Requirements Synthetic Training Devices Helicopters. - 2005. - 153 с.
3. Новые тенденции в развитии авиационных тренажеров // Авиастроение. Экспресс-информация. - М.: ВИНТИ. - 1989. - № 42. - С. 1 - 4.
4. Феценко А.В.. Потенциал и перспективы отечественного военного тренажеростроения // Defense Express. - 2006. - № 4. С. 39 - 56.
5. Боднер В.А., Закиров Р.А., Смирнова И.И. Авиационные тренажеры. - М.: Машиностроение, 1978. - 192 с.
6. Бюшгенс А.Г., Воейков В.В.. Технологии авиационного тренажеростроения // Вертолет. Казань. - 2001, - № 9. - С. 22 - 27.
7. Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Аэродинамика самолета. Динамика продольного и бокового движения. - М.: Машиностроение, - 1979. - 352 с.
8. Применение метода математического моделирования для анализа динамики движения самолета при выполнении фигур пилотажа / О.Ф. Захаров, Е.Д. Ковалев, А.Б. Леонтьев, В.А. Удовенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков: Нац. аэрокосмич. ун-т "ХАИ". - 2004. - Вып. 22. - С. 81 - 92.

Две стратегии идентификации реальных объектов

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Национальный технический университет Украины «КПИ»*

Введение и постановка задачи. Возникновение теории идентификации как математической формализации причинно-следственных связей в объектах реального мира теряется в глубине веков. Пик развития ее относится ко второй половине XX века – периоду появления и быстрого развития средств компьютеризации и автоматизации экспериментальных исследований.

Однако и сейчас нельзя утверждать, что эта теория сформировалась и является достаточно корректной. Для объектов реального мира характерны бесконечномерность, всеобщая взаимосвязь переменных и, как следствие, отсутствие статики, линейности взаимосвязей (коэффициенты взаимосвязи, будучи материальными, тоже изменяются), автономности (изолированности) и т.д. Закономерность f_∞ , связывающая бесконечномерный вектор состояния \dot{X}_∞ , возможно, и постоянна, но непознаваема:

$$\dot{X}_\infty = f_\infty(X_\infty). \quad (1)$$

Ограничивая пространственно-временную область G_∞ изменения X_∞ достаточно малой областью G , рассматривают лишь его проекцию на n координат

$$\dot{X} = f(X), \quad (2)$$

где вектор-функция $X(t)$ – n - мерная вектор-функция времени t .

Продолжая сужение области G , с определенной степенью точности ε переходим к линейной стационарной модели

$$\Delta\dot{X} = A\Delta X + B\Delta U, \quad (3)$$

где переменные реального объекта разделены на причинные U и следственные X и взяты в отклонениях $\Delta X, \Delta U$ от некоторого центра (X_0, U_0) области G .

Другой способ связывает оператором W непосредственно условно принятые вход ΔU и выход ΔY объекта

$$\Delta Y = W \cdot \Delta U, \quad (4)$$

где $\Delta Y, \Delta U$ и W могут быть функциями времени (W – интеграл свертки) или изображениями по Лапласу (W – передаточная функция).

Неучтенное подмножество $(X_\infty - X)$ переменных реального мира создает приближенность моделей (3), (4). Погрешность ε стремится к нулю лишь при сужении области G в точку. Но при этом исчезает необходимая для нахождения A, B или W по $\Delta X(t), \Delta U(t), \Delta Y(t)$ информация. Таким образом, модели (2), (3), (4) в принципе не могут быть точными: при малых выборках влияют быстро (относительно X, U) меняющиеся составляющие отброшенного подмножества

$(X_\infty - X)$, воспринимаемые как случайный процесс $N_1(t)$; при больших – предельная теорема Чебышева не работает вследствие влияния медленно меняющихся составляющих $N_2(t)$ этого подмножества, вносящих нестационарность в усредненные характеристики случайного процесса.

Учитывая приведенное выше, будем различать два существенно различных подхода к задаче идентификации:

первый подход - **сигнальная идентификация**, когда для заданного множества входных сигналов $U(t)$ необходимо подобрать такое отображение $U(t)$ в $Y(t)$, чтобы некоторая норма ошибки ε была меньше заданной Δ :

$$\|\varepsilon\| < \Delta, \quad (5)$$

т.е. сигнал $Y(t)$ аппроксимируется с точностью до Δ в базисе $W_i(U(t))$ преобразованных операторами W_i сигналов $U(t)$;

второй – **параметрическая идентификация**, когда на множестве сигналов ΔU , ΔX или ΔY необходимо, кроме условия (5), определить (усредненную по области G или конкретные для заданной точки (X_0, U_0, t_0) этой области) структуру и параметры матриц A , B модели (3) или оператора W модели (4).

Сигнальная идентификация должна применяться при целеориентации абстрактных моделей на задачи управления и прогнозирования, **параметрическая** – для диагностики и контроля конкретных параметров реального объекта.

Основные материалы исследования

Сигнальная идентификация и двукратная инвариантность адаптивного управления реальными объектами. Представим в ограниченной области G модель реального объекта, например аэродинамику летательного аппарата (ЛА), в следующем виде:

$$\Delta Y = W \cdot \Delta U + W_1 \cdot \Delta F + W_2 \cdot \Delta N, \quad (6)$$

где ΔF – вектор контролируемых возмущений; $\Delta N = N_1 + N_2$ – вектор неконтролируемых возмущений; W, W_1, W_2 – соответствующие операторы.

Требуется построить инвариантный к $\Delta F(t)$, оптимальный в смысле квадратичного функционала $I_1(\varepsilon, \Delta U)$ регулятор

$$\Delta U(t) = W_p(\varepsilon(t, \beta)), \quad (7)$$

где β – вектор параметров операторов W и W_1 .

Ошибка $\varepsilon(t)$ в (7)

$$\varepsilon(t) = \Delta Y^*(t) - \Delta Y(t), \quad (8)$$

где ΔY^* – заданная оптимальная траектория движения ЛА.

При отсутствии ограничений оператор W_p линейный [1]:

$$\Delta U(t) = W_{p1} \cdot \varepsilon(t) + W_{p2} \cdot \Delta F(t). \quad (9)$$

Подставим выражение (9) в (6):

$$\Delta Y(t) = W \cdot \left[W_{p1} \cdot (\Delta Y^*(t) - \Delta Y(t)) + W_{p2} \cdot \Delta F(t) \right] + W_{p1} \cdot \Delta F(t) + W_2 \cdot \Delta N(t), \quad (10)$$

$$\text{или: } \Delta Y(t) = (W \cdot W_{p1} + I)^{-1} \cdot \left[W \cdot W_{p1} \cdot \Delta Y^*(t) + (W \cdot W_{p2} + W_1) \cdot \Delta F(t) + W_2 \cdot \Delta N(t) \right]. \quad (11)$$

Условие инвариантности к контролируемому возмущению $\Delta F(t)$

$$W_{p2} = W^{-1} \cdot W_1, \quad (12)$$

где W и W_1 – неизвестные операторы модели (6) объекта.

Для оценивания W и W_1 введем модель

$$\Delta \hat{Y} = \hat{W}(\hat{\beta}) \cdot \Delta U + \hat{W}_1(\hat{\beta}) \cdot \Delta F, \quad (13)$$

вектор $\hat{\beta}$ параметров которой оценивают из условий некоторого минимума показателя I_2 :

$$I_2(\hat{\beta}) = \left\| \Delta Y(t) - \Delta \hat{Y}(\hat{\beta}, t) \right\|. \quad (14)$$

В данном случае имеет место **сигнальная** идентификация: чем оперативнее оптимизируется из условия минимума I_2 вектор $\hat{\beta}$ параметров оператора \hat{W} и \hat{W}_1 и чем полнее они (шире базис $W_i(\hat{\beta})$, аппроксимирующий эти операторы), тем ближе $\Delta \hat{Y}$ к ΔY . При этом косвенно (с помощью оперативной подстройки $\hat{\beta}$) компенсируется влияние неконтролируемых медленных возмущений $N_2(t)$. В асимптотике система обладает двукратной [2] инвариантностью: к изменению параметров объекта, к контролируемым ΔF и низкочастотным неконтролируемым N_1 возмущениям. Высокочастотная составляющая N_2 возмущений, как правило, сглаживается естественной инерционностью ЛА, но влияет на время идентификации модели (13). Сложность структуры модели (13) адаптируется к темпу нестационарности характеристик случайного процесса $N(t)$. Здесь целесообразно применять ортогональный базис или нониусный подход [3] для адаптации размерности вектора $\hat{\beta}$ к указанной нестационарности.

Теоретически крайними в ряду сложности являются:

- простейшая нестационарная модель $\Delta \hat{Y} = \hat{\beta}(t) \cdot \Delta U$, где $\hat{\beta}(t)$ изменяется в темпе процессов $\Delta Y(t)$, $\Delta U(t)$, обеспечивая близость $\Delta \hat{Y}$ к ΔY объекта (параметрическая следящая система);

- гипотетическая сложнейшая стационарная модель (1).

Практически имеют место модели (13), усложнение которых должно

способствовать повышению точности (14) и квазистационарности вектора $\hat{\beta}$ их параметров и, как следствие, оптимальности управления объектом. Учет физических процессов в объекте не обязателен, оценка $\hat{\beta}$ может не иметь физического смысла, строгая выпуклость и унимодальность показателя (14) как функции $\hat{\beta}$ не обязательна.

Параметрическая идентификация – оценивание аэродинамических коэффициентов ЛА. Здесь необходимо максимально учесть «физику» процессов в ЛА при выборе структуры нелинейности f в (2), матриц A, B в (3) или оператора W в (4). Помним, что модели (3) и (4) являются линеаризацией модели (2). Линеаризация допустима в силу гладкости нелинейности f (в природе в силу ограниченной мощности систем идеальные скачки отсутствуют). Для однозначности и объективности оценки $\hat{\beta}$ физических параметров β объекта, например ЛА, необходимо планированием натурального эксперимента обеспечить строгую выпуклость показателя (14) и по возможности автономность к неучтенному подмножеству $(X_\infty - X)$ переменных. Желательно также, чтобы оценка $\hat{\beta}$ линейно входила в выражение ошибки (8), а n ее компонентов $\hat{\beta}_i (i = \overline{1, n})$ были коэффициентами при линейно независимых функциях чувствительности ошибки (8) по $\hat{\beta}_i$. Тогда задача оценивания $\hat{\beta}$ сводится к минимизации строго выпуклого квадратичного показателя (14). Оценка единственна, а при соответствующих подходах [4] статистически несмещенная и эффективная.

И все же остается ее методическое смещение вследствие приближенности моделей (2), (3), (4). Приближенность стремится к нулю, когда область G изменения переменных стягивается в точку (X_0, U_0, t_0) . Однако с уменьшением $\Delta X, \Delta U$ возрастает соотношение «шум $N(t)$ – сигнал $\Delta X(t)$ ». Это приводит к потере эффективности оценки $\hat{\beta}$. В работе [5] предложен метод, позволяющий получить методически несмещенную и достаточно эффективную оценку $\hat{\beta}$ в точке (X_0, U_0, t_0) . Для этого выполняют последовательный ряд однотипных (но различных по амплитуде отклонений ΔX) активных экспериментов на объекте, каждый из которых обеспечивает выпуклость показателя (14) для линейного базиса модели. Находят методически смещенные, но достаточно эффективные оценки $\hat{\beta}$. Несмещенную оценку определяют по регрессионной зависимости $\hat{\beta}(\|\Delta X\|)$, построенной для каждого $\hat{\beta}_i$ на множестве амплитуд $\|\Delta X\|$ и взятой в точке, где $\|\Delta X\|$ равна нулю [6].

Пример. В продольном короткопериодическом движении самолета М-17 выполнен ряд «перекладок» руля высоты разной амплитуды. Для каждой «перекладки» оценивали коэффициенты матриц A, B модели (3), являющиеся аэродинамическими; по ним рассчитывали физический параметр самолета – нормированное расстояние σ_n между центром масс и аэродинамическим фокусом самолета М-17 – запас устойчивости по вертикальной перегрузке ЛА. В таблице

приведены значения амплитуды $\|\Delta\alpha\|$ отклонений угла атаки α и соответствующее им значение оценки $\hat{\sigma}_n$. В последнем столбике дана несмещенная оценка $\hat{\sigma}_n = 0,225$, полученная путем линейной аппроксимации табличной зависимости $\hat{\sigma}_n(\|\Delta\alpha\|)$ и расчета ее значения в точке нулевых отклонений. Простое усреднение результатов даст существенно смещенную (заниженную) оценку $\hat{\sigma}_n = 0,188$.

$\ \Delta\alpha\ $, град.	8,35	6,04	5,49	4,13	1,56	0
$\hat{\sigma}_n$	0,168	0,18	0,187	0,19	0,215	0,225

Выводы

Для корректности задачи идентификации следует строго различать **сигнальный** и **параметрический** подходы. Общность их состоит в минимизации ошибки (8); различие – в моделях (абстрактной и «физически» адекватной) и требованиях к функционалу (14) как функции оценки $\hat{\beta}$ (соответственно нестрогая и строгая выпуклость). К сожалению, в практике летных испытаний ЛА часто пользуются для оценивания параметров **сигнальной** идентификацией, закладывая в модель вида (3) априорно необъективно заданные (по расчету или результатам продувок в аэродинамической трубе) коэффициенты с последующей подстройкой их из условия не строго выпуклого функционала ошибки (8). При этом достигается кажущаяся адекватность модели (3) объекту: ошибка (8) достаточно мала, оценки $\hat{\beta}$ близки к априорным. Но последние могут существенно отличаться от истинных физических параметров, что впоследствии может привести к снижению безопасности полетов из-за неверного оценивания аэродинамических коэффициентов ЛА.

Список литературы

1. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальное управление системами. – М.: Радио и связь, 1989. – 390 с.
2. Петров Б.Н. Принципы построения и проектирования самонастраивающихся систем управления. – М.: Машиностроение, 1972. – 259 с.
3. Адаптивные системы идентификации/Под ред. В.И. Костюка. – К.: Техніка, 1975. – 288 с.
4. Сильвестров А.Н., Чинаев П.И. Идентификация и оптимизация автоматических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.
5. Сильвестров А.Н.. Два альтернативных подхода к задаче идентификации реальных объектов//Проблемы управления и информатики.–1996. – №6. – С. 54-65.
6. Синеглазов В.М., Сильвестров А.Н. Идентификация статических и динамических характеристик реальных объектов//Електроніка та системи управління. НАУ. 2005. – №4(6). – С. 80-87.

Метод компактного представления изображений в стандарте TETRA

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба,
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта*

1. Введение

При необходимости передачи жизненно важной информации в кратчайшие сроки наиболее оптимальным выбором является организация системы управления и связи на базе цифрового стандарта радиосвязи TETRA. В тоже время не достаточно исследованной стороной стандарта TETRA является то, что в нем отсутствуют механизмы, обеспечивающие передачу видеоинформации [1]. Основными причинами отсутствия видеоинформационного способа обмена данными между пользователями в стандарте TETRA являются [1, 2]: большие объемы видеоданных, недостаточные значения скорости обработки и передачи данных систем радиосвязи. Для решения данной прикладной проблемы необходимо использовать методы компактного представления изображений, позволяющие сократить объем обрабатываемых и передаваемых видеоданных.

2. Формулировка проблемы

В настоящее время в системах мобильной радиосвязи для компактного представления изображений используются в основном методы сжатия семейства JPEG и MPEG. Особенностью данных методов является исключение психовизуальной избыточности. Это сопровождается потерей важной информации. Значит организация видеоинформационного взаимодействия с использованием таких методов в системах управления, в которых главным требованием является сохранение заданной степени достоверности информации, недопустима. Для обеспечения передачи изображений без потери информации разработан метод межкадрового полиадического кодирования. Дынный метод учитывает особенность передачи видеоданных в системе управления транспортом, заключающуюся в наличии межкадровой структурной избыточности. В тоже время структура кодовых комбинаций межкадрового полиадического кода не была согласована со структурой пакетов стандарта транкинговой радиосвязи TETRA. Поэтому **цель статьи** состоит в разработке метода распределения кодовых комбинаций сжатого представления изображений в стандарте TETRA.

3. Разработка представления межкадровых кодовых конструкций полиадических чисел в стандарте TETRA

Для передачи видеоинформации в стандарте TETRA необходимо:

1) определить границы двоичных полей информационных частей пакета данных, куда будут записываться кодовые конструкции сжатого представления изображений. Это обусловлено: ограниченными размерами информационных частей пакета TETRA; тем, что длина информационной части пакета TETRA не крат-

на степени 2. В то время как кодовые комбинации межкадрового полиадического представления массивов длин серий представляются имеют равномерную длину кратную степени 2.

2) сформировать очередность следования служебных и информационных частей кодовых конструкций межкадрового полиадического представления. Это объясняется необходимостью обеспечить возможность для взаимодозначного восстановления изображений на приемной стороне. В этом случае необходимо основываться на принцип, состоящий в том, что на приемной стороне в начале должна поступать та информация, которая необходима для обработки последующих частей компактного представления изображения.

Рассмотрим первую сторону организации передачи видеoinформации в стандарте TETRA. Кодовые конструкции компактного представления последовательности кадров изображений на основе межкадрового полиадического кодирования включают в себя [3]: минимальное значение массива L межкадровых длин серий l_{\min} ; вектор Λ , состоящий из m оснований элементов массива L , рассматриваемого как полиадическое число; последовательность локально-равномерных кодовых комбинаций, несущих информацию о значении кода-номера $N(j, \beta)$ столбца массива L ; кодовые комбинации сжатого представления массива цветных координат C .

Определим количество двоичных разрядов b_{\min} , требуемых для описания минимального значения l_{\min} длин межкадровых серий в массиве L . Поскольку максимальная длина межкадровой серии элементов изображений в последовательности кадров по условию кодирования ограничено величиной l_{\max} , то выполняется неравенство

$$l_{\min} \leq l_{\max}, \quad (1)$$

где l_{\max} - максимальное значение длины межкадровой серии.

Из неравенства (1) следует, что минимальное значение длины серии будет ограничено величиной l_{\max} . Отсюда количество разрядов b_{\min} будет равно

$$b_{\min} = \log_2 l_{\max}, \quad (2)$$

где $\log_2 l_{\max}$ - количество разрядов для представления величины l_{\max} .

Нахождение количества разрядов на представление вектора оснований полиадических чисел. Количество разрядов b_{Λ} для представление вектора оснований $\Lambda: \Lambda = \{\lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_m\}$ полиадического числа определяется из условий:

- количество оснований равно количеству строк m массива L ;
- на представление каждого основания отводится равномерное количество разрядов;
- количество разрядов b_{λ} на представление одного основания λ_i с учетом того, что

$$\lambda_i = \max_{1 \leq j \leq n} \{l_{ij}\} \leq l_{\max} + 1, \quad i = \overline{1, m}$$

равно

$$b_{\lambda} = \log_2 (l_{\max} + 1). \quad (3)$$

В соответствии с выражением (3) количество разрядов b_{Λ} равно

$$b_{\Lambda} = m \log_2 (l_{\max} + 1). \quad (4)$$

Формирование количества разрядов на представление последовательности кодов-номеров $N(j, \beta)$, образованных для массива длин межкадровых серий. По условию метода межкадрового полиадического кодирования на каждый код-номер затрачивается одинаковое количество разрядов, равное длине машинного слова M . Это объясняется удобством процесса обработки и представления кодовых комбинаций в вычислительной системе (ПЭВМ). В этом случае сокращается время на обработку и на считывание (запись) с (из) внешнего запоминающего устройства. В тоже время в стандарте транкинговой радиосвязи TETRA минимальной единицей передачи данных является пакет. Один пакет данных состоит из двух информационных частей $P_{\text{и}}^{(\gamma)}$, где $\gamma = \overline{1, 2}$, по 216 бит каждая и служебной части $P_{\text{с}}$, на которую отводится 36 бит. Значит суммарное количество разрядов P_{Σ} , отводимое на весь пакет данных равно $P_{\Sigma} = P_{\text{и}}^{(1)} + P_{\text{и}}^{(2)} + P_{\text{с}} = 432 + 36 = 468$ бит. В этом случае возникает несоответствие размеров машинного слова с размерами информационных частей пакета TETRA. Такое не соответствие вызвано с одной стороны тем, что длина машинного слова кратна степени 2, а с другой стороны тем, что размеры информационной части пакета не кратны степени 2. Различные варианты распределения машинных слов в информационных частях пакета стандарта TETRA приведены в табл. 1. Из анализа данных в табл. 1 вытекает, что с ростом длины машинного слова увеличивается количество остаточных разрядов v_0 , которые не используются для передачи кодовых конструкций сжатых изображений. При этом для наиболее эффективных размеров машинного слова, длина которых равна $M=32$ и $M=64$, количество не используемых разрядов равно 48. Если учесть то, что в машинном слове для описания кода-номера $N(j, \beta)$ используются не все разряды, то получаем снижение степени сжатия за счет: не полного использования рабочего диапазона машинного слова; не полного использования разрядов информационных частей пакета данных стандарта транкинговой связи.

Табл. 1

Зависимости величины v_0 в пакете стандарта TETRA от M

M	8	16	32	64	128
v_0	0	16	48	48	176

Для исключения этих недостатков предлагается организовать локально-равномерное представление кодов-номеров массивов L . В этом случае количество разрядов $S_{j\beta}$, отводимое на представление кода-номера $N(j, \beta)$ β -го полиадического числа, полученного для j -го столбца, будет определяться из условия

$$S_{j\beta} = \ell \log W(j, \beta) + 1 = \ell \log \left(\prod_{\xi=1}^{m_{j\beta}} \lambda_{\xi} \right) + 1, \quad (5)$$

где $W(j, \beta)$ - накопленное произведение оснований элементов β -го полиадического числа, сформированного на основе элементов j -го столбца массива длин межкадровых серий; $m_{j\beta}$ - количество элементов j -го столбца массива длин серий L , содержащихся в β -м полиадическом числе, для которого формируется один код-номер; λ_{ξ} - основание ξ -го элемента β -го полиадического числа.

В частом случае полиадическое число будет состоять из m элементов. Тогда $\beta=1$, а выражение (5) примет вид

$$S_j = \log W(j) + 1 = \log \left(\prod_{\xi=1}^m \lambda_{\xi} \right) + 1, \quad (6)$$

где $W(j)$ - накопленное произведение оснований элементов j -го столбца массива длин межкадровых серий; m - количество элементов в j -м столбце массива L .

Определение величин $S_{j\beta}$ и $m_{j\beta}$ задается следующими этапами. На первом этапе обработки j -го столбца массива L величины $m_{j\beta}$ и $W(j,\beta)$ соответственно равны: $m_{j,1}=1$, $W(j,1)_1 = \lambda_1$. На втором этапе проверяется возможность добавления очередного элемента $\ell_{2,j}$ массива L к текущему полиадическому числу. Для этого проверяется неравенство

$$W(j,1)_2 = W(j,1)_1 \times \lambda_2 = \lambda_1 \lambda_2 \leq 2^M - 1, \quad (7)$$

где $W(j,1)_2$ - накопленное произведение оснований двух элементов массива L .

Необходимость проверки данного неравенства при формировании полиадического числа обусловлена требованием исключения переполнения машинного слова M . Поэтому если неравенство (7) не выполняется, то элемент считается не допустимым. В этом случае с него начинается формироваться новое полиадическое число. Наоборот, если данное неравенство выполняется, то второй элемент добавляется к текущему полиадическому числу, т.е. $m_{j,1} = m_{j,1} + 1 = 2$ и осуществляется проверка на возможность добавления к текущему полиадическому числу очередного элемента массива L . На i -м шаге проверяется неравенство

$$W(j,1)_i = W(j,1)_{i-1} \times \lambda_i = \prod_{\xi=1}^i \lambda_{\xi} \leq 2^M - 1, \quad (8)$$

где $W(j,1)_i$ - накопленное произведение оснований первых i элементов массива L .

Если неравенство (8) выполняется, то текущее количество элементов $m_{j,1}$ увеличивается на 1: $m_{j,1} = m_{j,1} + 1$. Концом формирования текущего полиадического числа может быть наступление одного из следующих условий (рис. 2):

1. Если неравенство (8) не выполняется, т.е.

$$W(j,1)_i = W(j,1)_{i-1} \times \lambda_i = \prod_{\xi=1}^i \lambda_{\xi} > 2^M - 1, \quad (9)$$

то элемент ℓ_{ij} будет первым элементом очередного полиадического числа.

2. В случае когда обработан последний m -й элемент текущего столбца массива длин межкадровых серий, т.е. $m_{j,1} = m$. Для первого условия индекс β будет равен $\beta = \beta + 1$.

Полное завершения определения всех величин $m_{j\beta}$ и $W(j,\beta)$, где $\beta = \overline{1, q_M}$, а $j = \overline{1, n}$, для массива L наступает тогда, когда обработан mn -й элемент массива длин межкадровых серий. В соответствии с неравенством (8) количество разрядов, отводимое на величину $W(j,\beta)$ будет меньше чем длина Машинного слова M :

$$\log_2 W(j,\beta) + 1 < M. \quad (10)$$

Из неравенства (10) следует, что для дополнительного снижения количества разрядов в кодовых комбинациях сжатого представления фрагмента изображений предлагается под код-номер $N(j, \beta)$ β -го полиадического числа j -го столбца массива L выделять количество разрядов равное $\log_2 W(j, \beta) + 1$. В частном случае каждый код-номер полиадического числа, образованного на основе элементов текущего массива L , может представляться одинаковым количеством разрядов, равным S :

$$S = \max_{1 \leq j \leq n; 1 \leq \beta \leq q_M} S_{j\beta}. \quad (11)$$

На основе неравенства (11) под каждый код-номер массива L будет выделяться количество разрядов, равное максимальному количеству разрядов, отводимому на представление величины $\log_2 W(j, \beta) + 1$. Понятно, что в этом случае для каждого массива длин межкадровых серий эта величина будет постоянной. Однако, для разных массивов L величина S может меняться. Отсюда следует название локально-равномерного представления кодов-номеров полиадических чисел.

На основе разработанных выражений (2) – (11) обеспечивается формирование информационных частей пакета данных стандарта TETRA.

Второй важной компонентой процесса формирования видеоинформационного механизма в стандарте TETRA является очередность заполнения пакета данных служебными и информационными частями кодовых комбинаций сжатого представления фрагмента изображения. Поскольку принято условие взаимоднозначного восстановления изображений на приемной стороне, то предлагается следующий порядок заполнения пакета данных стандарта TETRA:

1. Формируется кодовая комбинация b_{\min} , содержащая информацию о минимальном значении элемента массива длин межкадровых серий.

2. Образуется кодовая комбинация b_{Λ} , несущая информацию о элементах вектора Λ оснований полиадических чисел.

Информация о минимальном значении ℓ_{\min} и элементах вектора Λ оснований полиадических чисел позволит определить на приемной стороне величины $m_{j\beta}$ и $W(j, \beta)$, где $\beta = \overline{1, q_M}$, а $j = \overline{1, n}$, для массива L . Данная информация является необходимой и достаточной для определения на приемной стороне границ кодов-номеров полиадических чисел. Поэтому информация кодах-номерах $N(j, \beta)$ и N_c записывается в пакет данных в последнюю очередь.

3. Формируется последовательность кодовых комбинаций $S_{j\beta}$, задающих информацию о величинах $N(j, \beta)$.

При формировании пакетов данных в случае передачи изображений необходимо учитывать то, что один пакет в следствии ограниченного размера не сможет вместить в себе все кодовые комбинации массива компактного представления фрагмента изображения. Для этого необходимо использовать несколько пакетов данных транкингового стандарта. Данная схема учитывает основные условия организации передачи видеоинформации, а именно: очередность следования частей кодовых комбинаций сжатого представления фрагмента изображений, а также размеры и границы этих частей. В этом случае количество кодов-номеров q_M , сформированных для одного массива длин серий распределяется между v_{Π} количеством пакетов данных стандарта TETRA, необходимых для передачи сжатого представления одного массива длин межкадровых серий и соответствующего им

сжатого представления одного массива цветовых координат. Причем в двух информационных частях пакета, кроме первого и последнего пакета, будет содержаться q_{Π} кодов-номеров, сформированных для массивов длин серий. В одной информационной части пакета стандарта TETRA будет содержаться $q_{\text{иц}}$ кодов-номеров, образованных для массивов длин серий. Величина q_{Π} для режима выделения количества разрядов на код-номер по соотношению (11) в среднем равна

$$q_{\Pi} = 2 \lfloor 216/S \rfloor = 2q_{\text{иц}}. \quad (12)$$

Количество пакетов v_{Π} необходимых для передачи сжатого представления фрагмента изображения оценивается по формуле

$$v_{\Pi} = \lfloor (b_{\text{min}} + b_{\Lambda} + q_M S) / q_{\Pi} \rfloor + 1. \quad (13)$$

Таким образом, разработан метод формирования пакетов данных стандарта TETRA, обеспечивающих передачу изображений. При этом учитываются особенности сжатого представления фрагментов изображений на основе межкадрового полиадического кодирования.

4. Выводы

Разработан метод распределения кодовых комбинаций компактного представления изображений в стандарте транкинговой радиосвязи TETRA. В этом случае компактное представление изображений в стандарте TETRA достигается на основе учета структурных межкадровых закономерностей. Отличительные особенности созданного метода состоят в: построении аналитических правил, обеспечивающих определение очередности следования частей кодовых комбинаций сжатого представления фрагмента изображений, вычисление размеров и границ этих частей. При этом учитываются особенности формирования кодовых комбинаций сжатого представления фрагментов изображений на основе межкадрового полиадического кодирования с учетом формирования массивов длин межкадровых серий; том, что для дополнительного повышения степени сжатия создается локально-равномерное представление кодов-номеров полиадических чисел, сформированных для массивов длин межкадровых серий. Разработанный метод обеспечивает относительно известных методов дополнительное сокращение объемов видеоданных в среднем в 2,1 раза. Это создает возможность организовать видеоинформационный обмен в системе мобильной радиосвязи TETRA.

Список литературы

1. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
2. Королева Н.А., Ульянкина И.В. Обґрунтування необхідності використання підсистем стиску відеоданих у системах транкінгового зв'язку // Радіотехніка. – ХНУРЕ. – 2006. – Вип. 144. – С. 198 – 200.
3. Поляков П.Ф., Баранник В.В., Королева Н.А. Метод комбинированного полиадического кодирования массивов длин серий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №5. – С. 42 – 46.

Формирование функции полезности при свёртке критериев векторной оптимизации проектных параметров пассажирского самолёта на этапе предварительного проектирования

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Целью предварительного проектирования самолета является выбор схемы и определение наиболее выгодного сочетания основных параметров самолёта и его систем, обеспечивающих выполнение заданных требований. Выбор схемы на основе ранее выработанных тактико-технических требований, решения относительно выбора конструктивных материалов и систем самолёта определяет конструктор – лицо, принимающее решения (ЛПР). Оптимизация вектора параметров модели самолёта по одному или ряду критериев, расчёт масс в первом приближении выполняется с помощью автоматизированной системы проектирования [2].

Исходными данными для проектирования самолёта являются техническое задание требуемых характеристик самолёта, нормы лётной годности, условия физической возможности реализации самолёта. Результатом предварительного проектирования самолета являются оптимизированные геометрические, весовые, энергетические параметры самолёта - оптимальный вектор проектных параметров $X^*=(x_1, x_2, \dots, x_m)$. Ограничения, определяющие допустимую область изменения параметров X^* , представляют собой область $X_{\text{доп}}$.

Оптимизация проекта, нахождение вектора $X^* \in X_{\text{доп}}$, отвечающего минимуму критерия оптимальности $\gamma = \gamma(x_1, x_2, \dots, x_m)$, – задача математического программирования. Результат оптимизации представляет собой результат расчёта аналитических функций по определённому алгоритму, так как в явном виде целевые функции не сводимы в единые записи аналитических функций. Поэтому необходимо выбрать метод оптимизации, не требующий задания целевой функции в явном виде и обеспечивающий монотонность приближения к оптимуму (значение критерия оптимальности на каждом шаге не хуже предыдущего).

В качестве частных критериев оптимальности в работе [2] рассмотрены критерий минимума массы самолёта и критерий минимума относительной топливной эффективности соответственно:

$$m_0 = \frac{m_{\text{эк}} + m_{\text{об}} + m_{\text{ком}}}{1 - (m_{\text{к}} + m_{\text{с.у.}} + m_{\text{т}})}, \quad (1)$$

где m_0 - взлётная масса самолёта в первом приближении

$m_{\text{эк}}$ – масса экипажа;

$m_{\text{об}}$ – масса оборудования и снаряжения;

$m_{\text{ком}}$ – масса коммерческой нагрузки;

$m_{\text{к}}$ – относительная масса конструкции;

$m_{\text{с.у.}}$ – относительная масса силовой установки;

$m_{\text{т}}$ – относительная масса топлива,

и

$$K_t = \frac{m_T}{m_{\text{КОМ}} * L}, \quad (2)$$

где K_t – относительная топливная эффективность;
 m_T – расход топлива;
 $m_{\text{КОМ}}$ – масса коммерческой нагрузки;
 L – дальность полёта.

Для вычисления значений критериев для каждого из значений векторов параметров X (значений параметров модели самолёта) проводится расчёт коэффициентов подъёмной силы и качества при отрыве, энерговооружённости, относительной массы силовой установки, относительной массы топлива, относительной массы конструкции и массы нагрузки [2].

Для решения задачи оптимизации необходимо провести свёртку частных критериев и получить общую скалярную оценку качества модели по какому-либо методу.

В качестве теоретической основы формирования обобщённых многокритериальных скалярных оценок может быть применена теория полезности [1]. Обобщённая полезность является количественной оценкой предпочтительности решения.

$$Q(x) = G[\gamma_i(X)], i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где $Q(x)$ – количественная оценка полезности решения. Если решения $X_1, X_2 \in X_{\text{доп}}$ и X_1 предпочтительнее X_2 , то $Q(X_1) > Q(X_2)$.

Решение задачи структурной и параметрической идентификации функции полезности (3) является обоснованием правила (метрики), по которому формируется полезность решения в пространстве частных критериев $\gamma_i(X)$. Поскольку объективной метрики не существует, то принцип ранжирования решений отражает предпочтения конкретного лица, принимающего решения. Учитывая, что вес частных критериев не равнозначен, формулу (3) можно быть записать как

$$Q(x) = G[\lambda_i, \gamma_i(X)], i = \overline{1, n} \quad (4),$$

где λ_i – параметры изоморфизма, приводящие разнородные частные критерии к единой метрике и учитывающие их вес.

Для идентификации вида оператора G среди наиболее известных форм функций полезности выбрана аддитивная форма $Q(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \gamma_i(X)$ (5), так как она позволяет учесть информацию о предпочтительности частных критериев.

Задача выбора функции полезности известна в теории многокритериального оценивания и оптимизации как задача нормализации частных критериев. При её решении предполагается по умолчанию, что зависимость полезности от абсолютного значения частного критерия всегда линейна и выбор функции полезности осуществляется из класса линейных функций. Одним из фундаментальных свойств систем является то, что зависимость эффективности любой системы от затрачиваемых ресурсов на интервале качественно описывается S-образной кривой (рис.1)

S – образная зависимость реализуется только при изменении анализируемого параметра в широких пределах, соответствующих всей области существования системы. В реальных условиях ЛПР оперирует на ограниченном множестве возможных решений $X_{\text{доп}}$, что ограничивает интервал изменения параметра. Та-

ким образом, задание каждой конкретной ситуации выбора вырезает из S-образной кривой полезности более или менее узкую область.

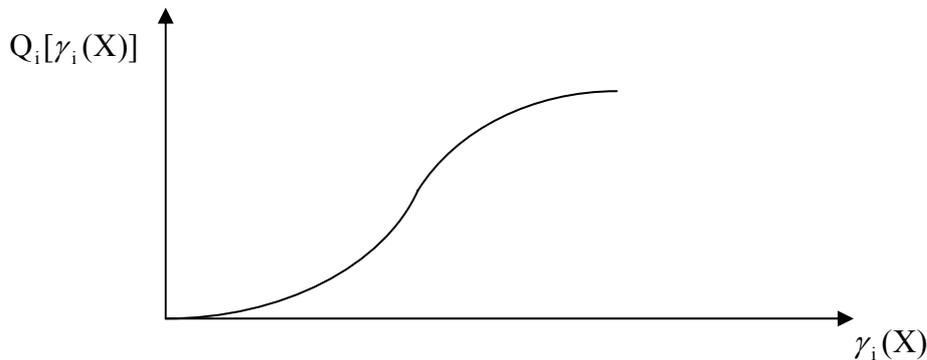


Рис.1. Зависимость полезности от абсолютного значения частного критерия

Этим требованиям отвечает функция локальной полезности [1] вида

$$Q_i[\gamma_i(X)] = \left(\frac{\gamma_i(X) - \gamma_{i \max}}{\gamma_{i \min} - \gamma_{i \max}} \right)^{\alpha_i}, \quad (6)$$

где $\gamma_i(X)$ – значение частного критерия, $\gamma_{i \min}, \gamma_{i \max}$ – наилучшее и наихудшее значение частного критерия, которые он принимает на области допустимых решений $X_{\text{доп.}}$, α_i – коэффициент, учитывающий вес и предпочтение i -го критерия при

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

Здесь использован способ свёртки частных критериев [1], так как он простой, позволяет неограниченно наращивать число критериев, гибок в отношении предпочтений. Однако его применение на этапе предварительного проектирования самолёта не нашло отражения в открытых источниках.

Для случая двух критериев (минимума массы и удельной топливной эффективности) количественную оценку полезности решения (3) записываем в виде

$$Q(X) = \left(\frac{\gamma_1(X) - m_{0 \max}}{m_{0 \min} - m_{0 \max}} \right)^{1/2} + \left(\frac{\gamma_2(X) - K_{t \max}}{K_{t \min} - K_{t \max}} \right)^{1/2} \quad (7)$$

Наивысшее значение значением $Q(X)$ (в случае двух критериев равное двум) означает, что оптимальное решение по общему критерию одновременно оптимально по обоим частным.

Для нахождения вектора оптимальных параметров X^* , для которого $Q(X) \rightarrow 2$, был выбран метод деформированного многогранника [3]. Этот метод обладает достаточной эффективностью и высокой надёжностью в условиях наличия случайных возмущений или ошибок при определении значений целевой функции, а также хорошо адаптируется к овражным функциям.

Коэффициенты отражения, растяжения и сжатия выбраны соответственно $\alpha=1, \beta=0,5, \gamma=2$ [3].

Предлагаемый метод многокритериальной оптимизации проектных параметров самолёта включает в себя:

- формирование начального вектора проектных параметров самолёта X^0 , допустимой области изменения параметров $X_{\text{доп.}}$, частных критериев оптимальности $\gamma_1(X), \dots, \gamma_n(X)$, выбор варьируемых параметров параметрической модели;

- построение пространства решений Парето путём вычисления критериальных функций (массы самолёта в первом приближении и удельного расхода топлива [2]) при варьировании параметров модели;
- формирование общего критерия оптимальности $\gamma = [\gamma_1(X), \dots, \gamma_n(X)]$ с помощью функций полезности частных критериев [1];
- поиск оптимального вектора X^* по методу деформируемого многогранника [3].

Целью данной работы является исследование и оптимизация уже существующей модели с расчётом масс в первом приближении по приближённым расчётным методам и формулам [2].

В качестве варьируемых в процессе оптимизации геометрических параметров самолёта выбраны относительная толщина крыла, удлинение крыла, сужение крыла, стреловидность крыла, относительный размах закрылка, относительная хорда закрылка и угол отклонения закрылка. Остальные параметры самолёта в данной версии программной реализации задаются пользователем.

Коэффициент ε , являющийся критерием окончания поиска экстремума критериальной функции по методу деформированного многогранника, также задаётся пользователем и является параметром алгоритма.

При помощи этого метода находится вектор X^0_1 , обеспечивающий минимальное значение m_0 (1), и вектор X^0_2 , обеспечивающий минимальные значения K_t (2). При соответствующем числе итераций k_1 и k_2 , отражающих скорость сходимости. Таким образом получают значения $m_{0 \min}$, $m_{0 \max}$, $K_{t \min}$, $K_{t \max}$ для расчёта общего критерия (7).

Начальные точки для поиска X^* методом деформируемого многогранника по общему критерию (7) выбираются случайным образом из окрестности вектора X^0_1 и X^0_2 , в результате чего получается пара результатов X^*_1 и X^*_2 .

Алгоритм расчёта включает:

1. Исходные данные и ограничения, определяющие допустимую область изменения параметров $X_{\text{доп}}$, граничные значения изменения параметров $X=(x_1, x_2, \dots, x_m)$. При желании пользователь может задать начальную область поиска $X_{\text{нач}} \in X_{\text{доп}}$.

2. Генерацию случайным образом s векторов $X \in X_{\text{нач}}$, из которых выбирается пара векторов X_s^1 и X_s^2 – лучших по критерию минимума массы и удельной топливной эффективности. Чем больше объём начальных исследований s , тем больше вероятность выбрать новую точку, близкую к одному из локальных экстремумов в случае, если пространство решений Парето окажется многоэкстремальным.

3. Определение экстремумов, оптимальных по частным критериям значения векторов X^0_1 и X^0_2 с помощью метода деформируемого многогранника за k_1/k_2 итераций с точностью, определяемой параметром оптимизации ε . Начальные точки выбираются случайным образом из окрестностей векторов X_s^1 и X_s^2 .

4. Определение вариантов решения задачи векторной оптимизации по обобщённому критерию (7) с помощью метода деформируемого многогранника за k^*_1/k^*_2 итераций с точностью, определяемой параметром оптимизации ε , соответственно векторов $X^1_{\text{опт}}$ и $X^2_{\text{опт}}$. Тот из них, который обеспечивает наибольшее значение функции полезности, т. е. показателя качества решения, и есть оптимизированный вектор параметров эскизной модели самолёта $X_{\text{опт}}$.

Параметрами алгоритма оптимизации являются объём начальной выборки s , коэффициент требуемой точности сходимости метода деформированного многогранника ε .

На основе предложенного алгоритма создана программа на языке Delphi, реализующая автоматизированный расчёт относительных масс и взлётной массы самолёта, а также оптимизацию основных проектных параметров по частным критериям минимума массы и минимума удельного расхода топлива, а также общему критерию.

В качестве примера проведено исследование области значений параметров, близких к значениям параметров самолёта Ан-140. Начальные значения варьируемых параметров крыла сгенерированы с помощью датчика случайных чисел в окрестностях реальных значений параметров крыла самолёта Ан-140.

Результаты расчёта сведены в таблицы, в которых содержатся набор оптимизированных параметров ($X^0_1, X^0_2, X_{\text{опт}}$), значения частных критериев m_0 и K_t , значения общего критерия $Q(X)$ и вспомогательная информация о работе алгоритма оптимизации, позволяющая оценить работу алгоритма.

Скорость нахождения оптимального решения (с величиной критерия точности ε) определяется по количеству итераций k_1, k_2, k^*_1, k^*_2 . Параметр $\Delta = Q(X^1_{\text{опт}}) - Q(X^2_{\text{опт}})/Q(X_{\text{опт}})$ определяет, насколько близко друг к другу находятся решения $X^1_{\text{опт}}$ и $X^2_{\text{опт}}$.

В таблице приведены результаты 100 независимых поисков по частному критерию минимума массы m_0 при малом объёме предварительного поиска $s=10$ и случайном выборе начальных значений исследуемых параметров в области, близкой к параметрам самолёта Ан-140.

№ п/п	Относительная толщина крыла	Удлинение	Сужение	Стреловидность по передней кромке	...	Удельная нагрузка на крыло	m_0	K_t	$2-Q(X)$
1	16.6598	10.6978	2.2565	1.3067	..	299.5681	20.718	3.21315	0.032474
2	16.8875	10.4081	2.2778	1.2914	..	294.1063	20.597	3.21381	0.032090
3	16.7102	10.7416	2.2568	1.3080	..	298.6417	20.734	3.21193	0.032495
...				
100	16.8063	10.7947	2.3009	1.2954	..	306.9357	20.678	3.21019	0.032270

Если отбросить 20% наихудших значений m_0 , то наилучшее оптимизированное значение $m_0 = 20.597$, а наихудшее $m_0 = 21.044$. Таким образом, погрешность работы алгоритма составила 2.1 %, что является вполне приемлемым на данном этапе проектирования самолёта [2]. В результате увеличения объёма предварительного поиска $s=1000$ погрешность уменьшается до 2%.

Наличие в таблицах результатов групп оптимизированных векторов с неминимальным значением критерия оптимизации позволяет предположить, что пространство решений Парето является многоэкстремальным.

Частичная визуализация результатов единичного прогона (№2 в таблице) алгоритма оптимизации показана на рис. 2-4.

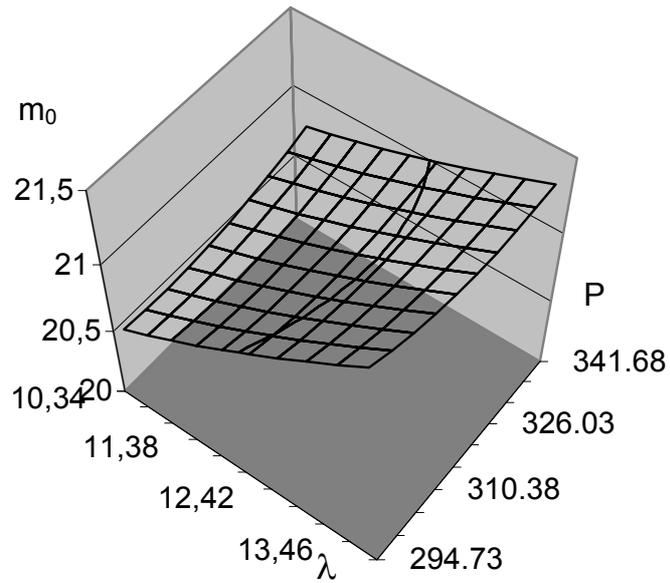


Рис. 2. Влияние удлинения крыла λ и удельной нагрузки на крыло P на массу самолёта в первом приближении m_0 в окрестностях вектора $X_{\text{опт}}$

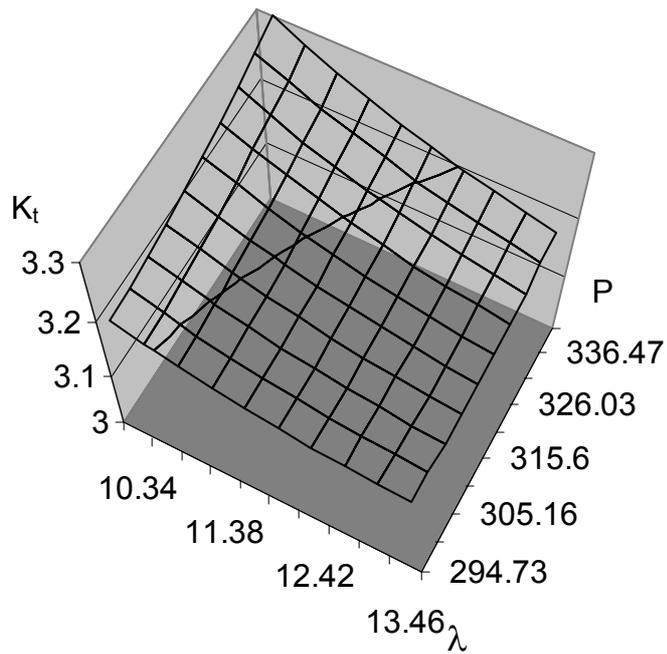


Рис. 3. Влияние удлинения крыла λ и удельной нагрузки на крыло P на удельную топливную эффективность K_t от в окрестностях вектора $X_{\text{опт}}$

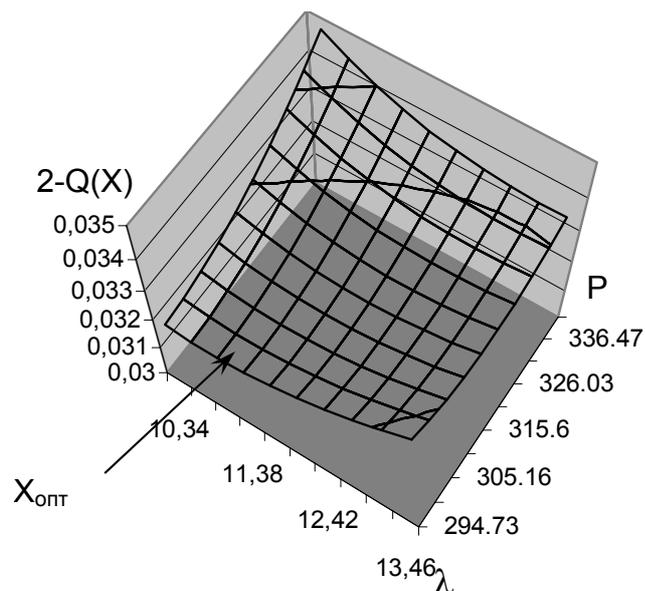


Рис. 4. Влияние удлинения крыла λ и удельной нагрузки на крыло P на общий критерий $2-Q(X)$ в окрестностях вектора $X_{\text{опт}}$

Выводы:

1. Сформулирован общий подход для решения задач многокритериальной оптимизации модели самолёта.
2. Предложенный алгоритм реализован в среде Delphi для свёртки двух частных критериев на примере оптимизации геометрических параметров крыла грузопассажирского самолёта с ТВД. Показана зависимость результатов оптимизации от параметров алгоритма.
3. Пространство решений по Парето для самолёта с ТВД является многоэкстремальным. Уточнение этого требует дополнительных исследований.

Список литературы

- 1Т. Петров Э.Г., Новожилова М.В., Гребенник И.В. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах. – Донецк: ОЛБИ-Пресс, 2003
2. Основы общего проектирования самолётов с газотурбинными двигателями/ П.В. Балабуев, С.А. Бычков, А.Г. Гребеников и др. – Х. :НАКУ «ХАИ», 2003
3. Д. Химмельблау. Прикладное нелинейное программирование. – М. :Мир, 1975.
4. А.Г. Гребеников. Методология интегрированного проектирования и моделирования сборных самолётных конструкций. Х. :НАКУ «ХАИ», 2006.

Экспериментальное исследование взаимодействия пограничного слоя на плоской пластине с генераторами вихрей

Национальный авиационный университет

Введение

Для улучшения аэродинамических характеристик отрывных режимов обтекания летательного аппарата (ЛА) является управление отрывом потока. Известно, что факторами, определяющими отрыв потока, являются положительные градиенты давления и вязкость [1, 2]. В то же время отрывом потока на элементах ЛА можно управлять путем изменения или сохранения структуры вязкого течения. Одним из способов предотвращения отрыва является использование генераторов вихрей. Генераторы вихрей уже достаточно долгое время используются в авиации для повышения летно-технических характеристик ЛА. Вместе с тем, еще многие вопросы взаимодействия следа от вихрегенераторов с пограничным слоем обтекаемых поверхностей не изучены. Нет определенного мнения об оптимальной форме и геометрических размерах генераторов.

Цель работы

Целью работы являлось экспериментальное исследование влияния следа от генераторов вихрей различной формы и геометрических размеров на пограничный слой плоской пластины.

Методика проведения эксперимента

Экспериментальные исследования проводились на аэродинамической трубе УТАД-2 НАУ [3]. На ее базе изготовлена экспериментальная установка для исследования характеристик пограничного слоя на пластине (рис. 1).

При проведении экспериментальных исследований использовалась плоская пластина (рис. 2 а, б). Передняя часть пластины срезана на «ус» с параметрами, показанными на рис. 2 а). При исследованиях были использованы генераторы вихрей противоположно направленного вращения [4]. Расположение генераторов на пластине показано на рис. 2 б), а их геометрические параметры приведены в табл. 1 и на рис. 3.

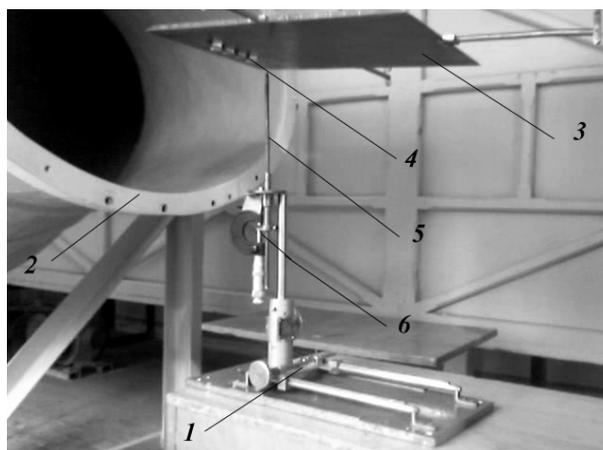


Рис. 1. Фото экспериментальной установки:

- 1 – координатное устройство вдоль оси ox ;
- 2 – сопло аэродинамической трубы;
- 3 – плоская пластина;
- 4 – генераторы вихрей;
- 5 – датчик полного давления;
- 6 – координатное устройство вдоль оси oy .

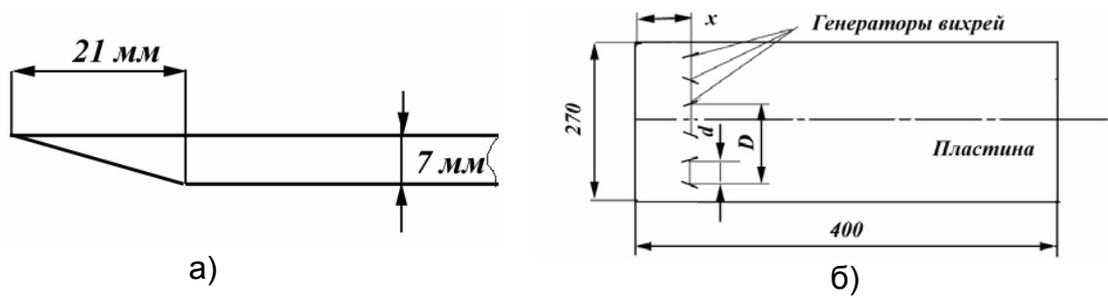


Рис. 2. Геометрические размеры плоской пластины и схема расположения генераторов вихрей

Таблица 1
Геометрические параметры исследуемых генераторов вихрей

Исследуемый генератор	Параметры							
	x , мм	h , мм	l , мм	D , мм	b , мм	B , мм	d , мм	$h1$, мм
Генератор № 1	60	4	13.6	46	14	19	16.5	0
Генератор № 2	60	4	21	41	15	23	19	0
Генератор № 3	60	6	18	48	12	19	15.5	6
Генератор № 4	60	3.5	18	48	12	19	15.5	3.5

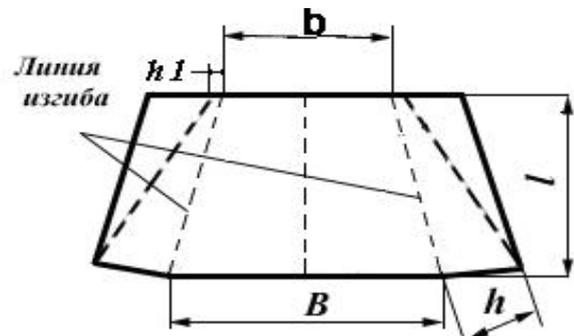
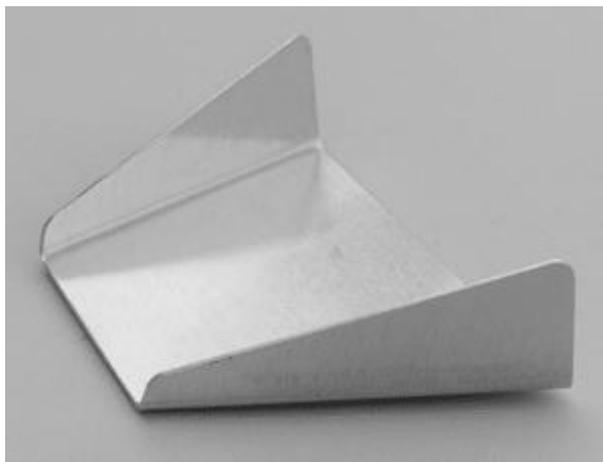


Рис. 3. Внешний вид и геометрические параметры генераторов вихрей

Перед началом экспериментальных исследований были проведены тестовые испытания изолированной пластины, в которых определялась зависимость толщины пограничного слоя от расстояния до ее передней кромки. Скорость потока в рабочей части установки в этом эксперименте составляла $V_\infty = 23$ м/с, что соответствовало числу $Re = 0.63 \cdot 10^6$. Результаты эксперимента сравнивались с данными, полученными аналитически для плоской пластины [2]. Положение точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный определялось из соотношений, приведенных в [2].

На рис. 4 показаны сравнительные зависимости изменения толщины пограничного слоя вдоль пластины, полученные экспериментально и аналитически.

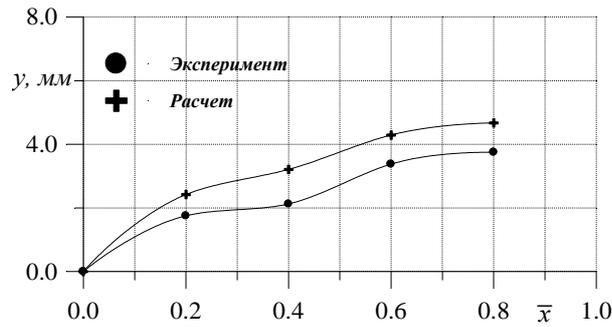


Рис 4. Сравнительные зависимости изменения толщины пограничного слоя вдоль пластины

На рисунке обозначено: y , мм – расстояние датчика полного давления от пластины; $\bar{x} = x_i / b$ – относительное расстояние от передней кромки пластины до i -того мерного сечения, в котором устанавливается датчик полного давления.

Результаты исследования

Результаты исследований представлены в виде зависимостей $y = f(\bar{V}, \bar{x})$. Вначале проводились исследования по определению толщины пограничного слоя на изолированной пластине на относительных расстояниях $\bar{x} = 0.2, 0.4, 0.6$. результаты этих экспериментов приведены на рис. 5.

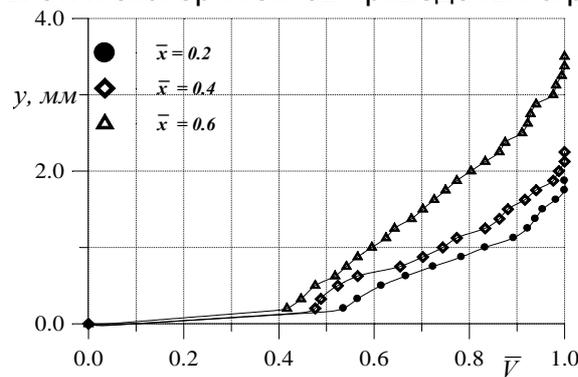


Рис. 5. Распределение скоростей в пограничном слое над изолированной пластиной ($\bar{V} = V_i / V_\infty$ – относительная скорость потока в пограничном слое на пластине)

Следующим этапом работы являлось исследование влияния вихревых структур, сходящих с генераторов вихрей, характеристики которых приведены в табл. 1, на толщину пограничного слоя пластины (рис. 6...8).

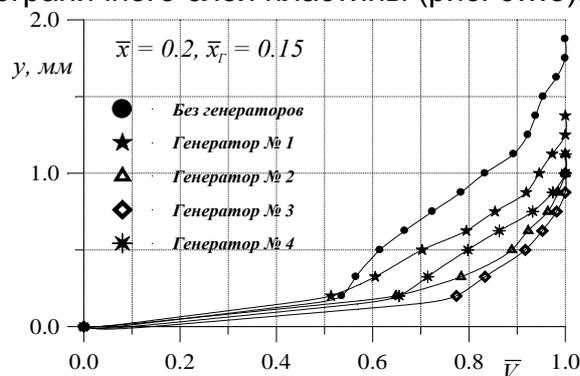


Рис. 6. Распределение скоростей в пограничном слое над пластиной с генераторами вихрей № 1...4 ($\bar{x} = 0.2, \bar{x}_Г = 0.15$)

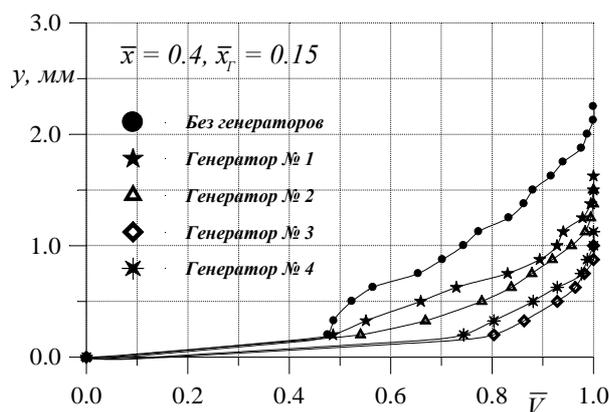


Рис. 7. Распределение скоростей в пограничном слое над пластиной с генераторами вихрей № 1...4 ($\bar{x} = 0.4, \bar{x}_r = 0.15$)

Из приведенных графических зависимостей видно, что каждый из испытанных типов генераторов уменьшает толщину пограничного слоя. Вместе с тем, форма и размеры вихрегенераторов вносят существенный вклад в уменьшение толщины пограничного слоя плоской пластины.

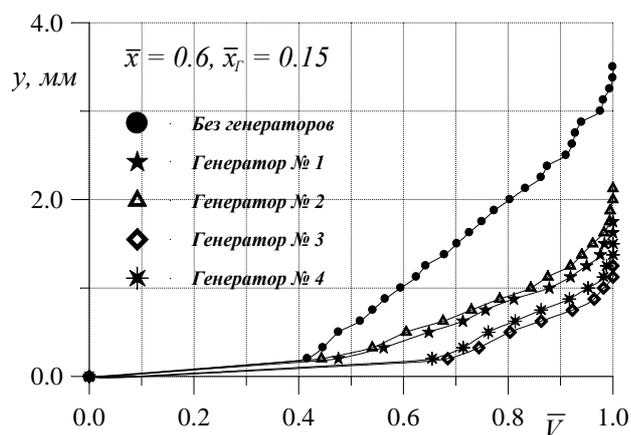


Рис. 8. Распределение скоростей в пограничном слое над пластиной с генераторами вихрей № 1...4 ($\bar{x} = 0.6, \bar{x}_r = 0.15$)

Таблица 2 и зависимости, показанные на рис. 9, дают возможность оценить влияние генераторов вихрей различного типа на толщину пограничного слоя вдоль пластины.

Таблица 2

Уменьшение относительной толщины пограничного слоя при установке генераторов вихрей различного типа ($\bar{\delta}^* = \delta_i^* / \delta_{из.пл}^*$)

\bar{x}	Типы генераторов вихрей			
	генератор № 1	генератор № 2	генератор № 3	генератор № 4
0.2	0.714	0.643	0.500	0.571
0.4	0.706	0.647	0.470	0.528
0.6	0.629	0.592	0.363	0.407

Как видно из приведенной таблицы и графиков, наименьшая толщина пограничного слоя у пластины с генератором вихрей №3 (36 % от толщины пограничного слоя изолированной пластины на относительном расстоянии $\bar{x} = 0.6$).

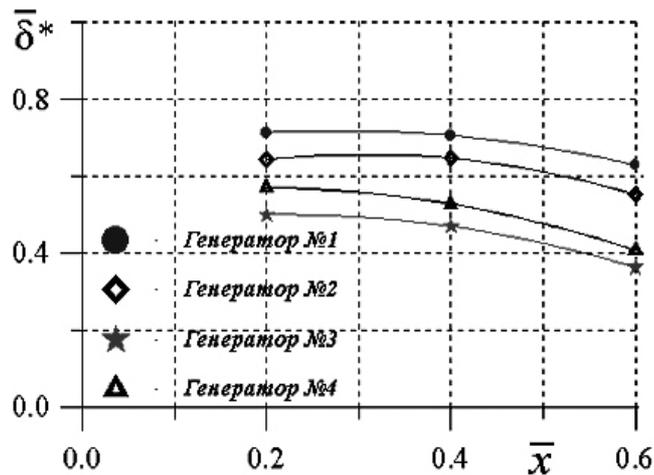


Рис. 9. Изменение относительной толщины пограничного слоя вдоль пластины с генераторами вихрей № 1...4.

Выводы

1. Разработанная методика позволяет определять влияние генераторов вихрей на толщину пограничного слоя плоской пластины.
2. Каждый из испытанных типов генераторов уменьшает толщину пограничного слоя плоской пластины. Форма и размеры вихрегенераторов вносят существенный вклад в уменьшение толщины пограничного слоя пластины. Наименьшая толщина пограничного слоя у пластины с генератором вихрей №3 составляет 36 % толщины пограничного слоя изолированной пластины на относительном расстоянии $\bar{x} = 0.6$.

Список литературы

1. Чжен П. Управление отрывом потока. М: Мир, 1979. -552 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1974. - 528 с.
3. Лазнюк П.С. Максимов В.С., Фриланд В.Я. Руководство к лабораторным работам по аэродинамике. Киев: КИ ГВФ.1963. -78 с.
4. Гадецкий В.М., Серебрянский Я.М., Фомин В.М. Исследование влияния генераторов вихрей на отрыв турбулентного пограничного слоя. // - М.: Ученые записки ЦАГИ, том III, - № 4. - 1972. - С. 22-28.

Мини-, микро- и нанороботы

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,
Харьковский национальный университет радиозлектроники*

1. Постановка задачи

Исследования в области микроробототехники ведутся во всех развитых странах мира. По оценкам специалистов, в промышленном производстве и медицине 21 века микророботы будут играть ведущую роль. Анализ специалистов NASA показывает, что применение МЭМС позволяет приблизительно на порядок уменьшить ГМХ и потребление энергии аэрокосмических систем. В качестве примеров успешного применения МЭМС в космической технике отмечаются кремниевые гироскопы, акселерометры, датчики давления, клапаны, микроисточники энергии, системы химического и биологического анализа, высокочастотные оптические и механические фильтры, высокочастотные ключи. Национальной нанотехнологической инициативой США предусматривается снижение ГМХ роботов на порядок. Приводы и двигатели, изготовленные по технологии МЭМС, будут способны обеспечить значительные силы и крутящие моменты. Они заменяют обычные механизмы. Такие технологии будут использоваться при создании микроспутников, микрозондов и микропланетоходов. Технология МЭМС в настоящее время является технологической основой, на которой строится вся зарубежная микро- и миниробототехника. В основе развития и практического использования технологий микросистемной техники лежат технико-экономические факторы (ожидаемые в будущем преимущества). Перспективным, а также используемым уже в настоящее время, является применение мини- и микророботов в военной технике. Они обеспечивают новые формы ведения боевых, разведывательных обеспечивающих действий с помощью микроминиатюрных средств скрытого наблюдения, надежных и малоуязвимых средств разведки, освещения обстановки, связи, навигации, целеуказания, управления оружием, радиоподавления, охраны [1]. Наиболее интенсивные работы наблюдаются в США по линии проектного агентства перспективных оборонных исследований DARPA. Выполнение проектов по программе осуществляют около 50 фирм и университетов США. Первыми результатами реализации данной программы явились создание и принятие на вооружение отдельных устройств на основе МСТ для авиационно-космической техники и ракетно-артиллерийского вооружения. В ходе антитеррористической операции на территории Афганистана спецподразделения армии США активно использовали малогабаритные мобильные переносные роботы «Hermes» для проведения общей разведки, поиска и обезвреживания противопехотных мин. Основные работы в области военной микро- и миниробототехники проводятся по трем программам [2]: управляемые биологические системы (Controlled Biological Systems); биоподобные системы (Biomimetic Systems); распределенные робототехнические системы (Distributed Systems). Живые биологические системы обладают сложными и уникальными способностями и взаимодействуют с окружающей средой, что может быть успешно использовано в военной области. Работы по созданию микророботов

на основе природных биологических организмов (преимущественно насекомых) ведутся в интересах Министерства обороны США уже в течение длительного времени.

Цель статьи. Целью программы управляемых биологических систем является создание прототипов биосистем как платформы для разработки перспективных биосистем поиска, обнаружения, идентификации, измерения. В военных целях планируется организация исследований по управлению биологическими объектами биотическими методами через физическое, тепловое, нейронное, химическое стимулирование, внедрение управляющих материалов и/или устройств. На естественные биоорганизмы предполагается возложить функции охраны и поиска целей в условиях неизвестной окружающей среды, мелкие существа могут запускаться в развалины зданий в поисках жертв стихийных бедствий, быть запущены по трубам с микрокамерами для их обследования и т.д.

2. Основная часть исследований.

Развитие биоподобных микророботов позволит создать роботы более гибкие и устойчивые, чем современные устройства, в условиях неопределенной внешней среды, а также разработать и исследовать новые материалы, промышленные технологии, датчики и приводы. Практические приложения будут включать разведку, разминирование, доставку полезных грузов, сбор информации, раннего обнаружения радиационных, химических, бактериологических загрязнений и др. Проект микромеханического летающего насекомого, выполняемый в университете Беркли, США, предусматривает создание устройств с размахом крыльев 10 – 25 мм, способных осуществлять автономный полет. Анализ конструкции показал способность пьезоэлектрических двигателей (имеют коэффициент полезного действия до 90 – 95%) обеспечить необходимые значения плотности энергии и возможность получения требуемой для полета мощности с помощью солнечных батарей. Для летающих микророботов – аналогов природных насекомых – достаточно мощности порядка 10 мВт, что уже в настоящее время дает возможность практического изготовления необходимых крыльев и источников питания. Проблемным остается создание необходимой СУ. Основное преимущество подобных роботов – невозможность засечь их с помощью средств ПВО. Затруднена также борьба с ними. Возможно гражданское применение в целях контроля окружающей среды. Рядом университетов США разрабатываются биоподобные шагающие микроробототехнические системы алгоритмов распознавания элементов окружающей среды, СУ и элементы искусственного интеллекта. Роботы должны быть оборудованы высокоэффективными резонансными пьезоэлектрическими приводами, содержать микровидеокамеру и датчики звука или температуры, обеспечивать незаметный поиск целей, взаимодействие с командным пунктом. Разработки систем, имитирующих поведение беспозвоночных, выполняются с целью интеграции в схемы высокого уровня управления рефлексов низкого уровня. Проекты, подобные «Скорпион» (Scorpion Project), работы для сложных инспекционных задач «Snake 2» являются идеальными для инспекционных, диверсионно-разведывательных систем в узких полостях, коробах, канализационных коллекторах и трубах, чем объясняется значительный интерес, проявляемый к ним во всем мире.

Мини-робот «Snake 2» построен в 1999 г., имеет 12 колес вокруг каждой секции туловища, крутящий момент >12 Нм для любого звена может двигаться со скоростью 0,1 м/с. Структурно мини-робот может включать до 15 унифицирован-

ных секций. В каждой секции установлено по 3 двигателя. Соседние секции соединены универсальным шарниром. У каждой секции есть 6 инфракрасных дистанционных датчиков, 3 моментных датчика, 1 датчик наклона, 2 угловых датчика для измерения положения шарнира.

Видеокамера, расположенная в головной секции робота, предназначена для передачи видеоизображения на удаленный монитор. Ультразвуковые датчики, установленные на голове робота, используются для обнаружения препятствий. Питание осуществляется либо по кабелю, либо за счет энергии батарей, расположенных в хвостовом сегменте. В полностью автоматном режиме мини-робот может работать до 30 мин.

Подводные: восьминое шагающее устройство, подобное омару, и плавающее, спроектированное по подобию миноги, позволяют проводить совместные исследования дна и толщины воды. Оба устройства обладают робастными свойствами по отношению к изменяющемуся рельефу дна и широтно-высотному управлению.

Распределенные робототехнические системы. Работы в этой области ведутся по следующим основным направлениям: уменьшение ГМХ (мини-, микро-, нанороботы); роботы с динамически изменяемой структурой; системы роботов; биоробототехнические системы; поиск новых технических методов управления роботами (новые способы связи, элементы искусственного интеллекта). Большое внимание уделяется оптимальному балансу между индивидуальными возможностями отдельного микро- или мини-робота и возможностями всей робототехнической системы в целом, между интеллектуальными способностями отдельного робота и всей системы. Распределенные РТС обладают уникальными возможностями по выполнению действий в условиях дистанционного управления, способствующих решению поставленных задач с минимальным риском для людей. Параллельная совместная работа многочисленных микро- или мини-роботов сможет значительно сократить выполнение необходимой работы. Кроме того, применение интегрированной РТС значительно дешевле использования комплексных роботов.

Одним из характерных примеров, иллюстрирующих военное приложение распределенной робототехнической системы, является проект Robart III (начат в 1992 г.), работы по которому выполняются в Центре космических и военноморских робототехнических систем в Сан-Диего, Калифорния (SSC San Diego - Robotics at Space and Naval Warfare Systems Center, San Diego, CA). По этому проекту разрабатывается перспективная роботизированная платформа малоуязвимого бойца, предназначенная для проведения разведывательных, охранных и антитеррористических спецопераций. В рамках проекта отрабатываются возможности по координации рефлексивного телеуправления и вопросы взаимодействия между основным боевым роботом типа «Robart III» и семейством вспомогательных минироботов (решающих задачи разведки и навигации) типа «Hexapod II». Технический анализ содержательной части представленных современных зарубежных программ и основных проектов в области военной микро- и миниробототехники дает основание ввести в рассмотрение комплексную размерную классификацию нового класса робототехнических систем специального назначения (см. табл. 1).

Как следует из приведенной классификации, военные мини-роботы являются логическим развитием малого класса обычных роботов (образцов тактической

Классификация современной зарубежной микро- и миниробототехники специального назначения

Параметр	Микророботы	Мини-роботы	Обычные роботы (малые)
Характерный размер	2 - 5см	10-25 см	Свыше 50 см
Потребляемая мощность	5 мВт - 1 Вт	5-100 Вт	Свыше 100 Вт
Масса	0, 1-10 г	1-10 кг	Свыше 20 кг

робототехники). За счет применения элементов технологий МЭМС разработчикам удалось снизить массогабаритные показатели прототипов. Комплексный же переход к технологиям МЭМС не только дает возможность реализовать действующие механические микророботы в размерах природных насекомых, но и порождает практическое создание биомикроробототехнических систем военного назначения. Несмотря на свои сверхмалые размеры, военные микро- и минироботы будут обладать достаточно развитым интеллектом. По мнению западных разработчиков, это класс автономных адаптивных роботов (интеллектуальных систем) третьего поколения. Исходя из поставленной внешней цели, они смогут сами планировать свою деятельность в неизвестной окружающей среде; встроенные алгоритмы обеспечат возможность самообучения. Информационная насыщенность обеспечивается за счет собственной развитой сенсорной системы. Перспективные военные микро- и минироботы являются принципиально новым классом робототехнических систем. В силу характерных для них низкой себестоимости, высокой скрытности, крайне малой энерговооруженности они планируются к применению в рамках новых специфических задач. Основой их практического использования в интересах вооруженных сил, по мнению западных военных аналитиков, должна стать концепция массированного применения большого числа однотипных интеллектуальных механических или биологических микросистем, выполняющих общую глобальную задачу в условиях тесного информационного взаимодействия как между отдельными микросистемами, так и между ними и человеком.

Развитие микроробототехники в первую очередь потребовало создания соответствующих микроприводов [3]. Для этого, наряду с традиционными принципами действия и конструкциями, созданными в рамках традиционного точного машиностроения, были разработаны совершенно новые приводы для микроперемещений, основанные на использовании управляемых гибких деформаций. Одним из таких перспективных типов микроприводов являются пьезоприводы. На рис. 1 показана схема основного элемента такого привода — пьезопреобразователя электрической энергии в энергию механического перемещения. Он представляет собой пакет из пьезокерамических шайб 1 с нанесенными на торцы серебряными электродами, на которые параллельно подается электрическое напряжение. При этом за счет обратного пьезоэлектрического эффекта происходит увеличение или уменьшение толщины шайб в зависимости от полярности приложенного напряжения. Такие преобразователи имеют больший ход, чем использующие деформацию расширение-сжатие, но худшие точностные и силовые параметры. Максимальные величины перемещения на выходе таких электромеханических преобразователей (ход) - до десятых долей миллиметра; скорость - до 1 - 2 м/с, погреш-

ность управляемого позиционирования - доли мкм, усилие - сотни Н, мощность - десятки Вт. Из таких преобразователей создаются трехступенные микроманипуляционные системы. Они часто комбинируются с обычными электромеханическими манипуляционными системами, обеспечивающими перемещение в десятки миллиметров с погрешностью, перекрываемой микроманипуляционной системой. Получается манипулятор, состоящий из последовательно соединенных систем грубого и точного позиционирования, рабочий ход которого определяется первой системой, а точность - второй. Помимо пьезоэлектрических, существуют микроприводы и других типов - пьезомагнитные, электро- и магнитострикционные, биметаллические, на эффекте памяти формы, электростатические, пневматические, гидравлические.

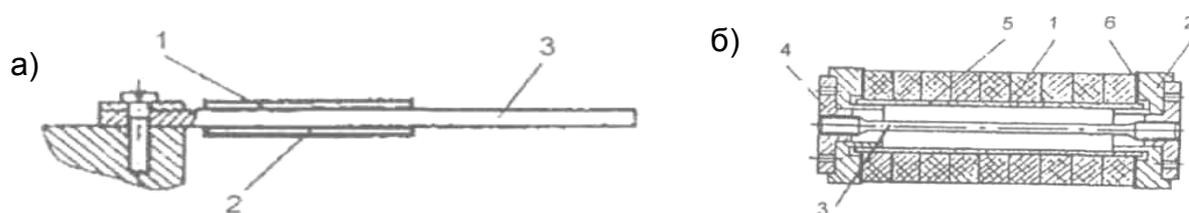


Рис. 1. Пьезоэлектрические преобразователи микроприводов.

а — с поступательной деформацией растяжение-сжатие: 1 — секция пьезокерамических шайб, 2 — фланец, 3 — шпилька, 4 — гайка, 5 — пластмассовая втулка, 6 — слюдяная шайба; б — с изгибной деформацией: 1,2 — пьезоэлектрические пластины, 3 — металлическая рессора

Из микроприводов других типов наиболее широкое распространение получили электростатические. Такие микроприводы используют энергию электрического поля для совершения движения. Электростатический привод используется в качестве микропереключателей СВЧ-сигналов, перспективных для использования в космических системах связи, построенных из пикоспутников. Эти переключатели обладают такими преимуществами, как низкие вносимые потери, высокая добротность, низкая потребляемая мощность, хорошая изоляция на высокой частоте и низкая стоимость. Возможность изготовления электромеханических переключателей на одном кристалле с микроэлектронными компонентами открывает перспективу создания систем с более высокой функциональностью. Перспективно применение микрзеркал в оптических приборах. Массивы микрзеркал, ориентация которых может управляемо изменяться, используются в качестве микроминиатюрных пространственных модуляторов света. Микрзеркала могут модулировать либо амплитуду, либо фазу падающего светового сигнала за счет изменения направления или длины оптического пути луча. Одним из эффективных способов управления положением микрзеркал, обеспечивающим минимальную массу изделия, является использование электростатического привода. Используемый в технике блочно-модульный принцип построения систем в МЭМС-исполнении будет реализовываться в виде интегрированных в единое целое параллельных и распределенных миниатюрных адаптивных и интеллектуальных ячеек типа «сенсор-процессор-актюатор». Такие ячейки с единым принципом построения должны иметь специфические особенности, обусловленные их назначением, т.е. отличаться набором сенсоров, актюаторов, а также используемыми сложными функциональными блоками (СФ-блоками) или системами на кристалле (СНК), микро-

процессорами. Использование таких унифицированных ячеек позволит существенно расширить функциональные возможности существующих изделий (космической) техники, а также создать принципиально новые типы пико- и наноспутников, планетоходов, устройств и приборов космического назначения. В настоящее время разработаны микрореактивные двигатели, имеющие размеры порядка 12x15x2,5 мм и развивающие тягу до 10 Н, пикоспутников связи массой до 250 г, нанопланетоходов массой несколько килограмм и т.д. Для мобильных микророботов, предназначенных для передвижения в узких полостях (тонкие трубопроводы, желудочно-кишечный тракт, кровеносные сосуды человека и т. п.), разработаны специальные микродвижители, реализующие способ передвижения, подобный используемому гусеницами и червями. Вариант такой системы передвижения на пьезоприводах состоит из нескольких пьезоэлектрических сегментов, соединенных центральным стержнем из того же материала. Попарно расширяющиеся за счет пьезоэффекта сегменты выполняют функции фиксаторов, а поступательное перемещение осуществляется путем удлинения центрального стержня. Частота импульсов движения - 10 - 20 МГц. Существуют аналогичные системы, основанные на пневматике. На переднем и заднем концах такого микроробота имеются пневмофиксаторы, которые попеременно закрепляются на стенках полости. При этом корпус робота также попеременно удлиняется при закреплении задним и сокращается при закреплении передним концом. Для передвижения подобных роботов используется и управляемое внешнее силовое магнитное поле. Основные области микроприводов и основанных на них микроманипуляторов и микророботов – это микрообработка, сборка, сварка, биологические и фармакологические технологии, медицина (эндоскопия, доставка лекарств к определенным органам, хирургические операции). МЭМС технологии позволяют изготавливать микроманипуляторы, расположенные над поверхностью платы. Наиболее часто в устройствах МСТ, содержащих и электронную, и механическую часть, используются гибридные конструкции, т.е. механика и электроника изготавливаются на отдельных подложках, хотя технологические процессы для получения каждой части могут быть сходными или иметь ряд одинаковых операций, а затем объединяются в общее целое с использованием процессов сварки: анодной, прямой, с промежуточным слоем [19] или селективным гальваническим осаждением и монтажом [4, 5]. Длина схватов 2700 мкм, ширина 40 мкм, толщина 200 мкм. Приводятся в действие посредством электротермического воздействия. С помощью селективного процесса монтажа контактные площадки присоединяются к площадке, но микрохваты перемещаются над подложкой свободно. Для исключения опасности коротких замыканий на корпус зазор между захватом и корпусом должен быть больше 20 мкм. Для исключения нагрева зоны схвата биметаллический толкатель вынесен в удаленную зону. Преобразование крутящего момента является важнейшим принципом механики, используемым в приводах, узлах, устройствах и системах микро- механики. Этот принцип используется и во многих механических системах с целью снижения требований к мощности двигателя источника питания.

Высшим достижением в классе двигателей с конфигурацией [6] рабочей поверхности в виде гребенок являются силы порядка 25 мкН. В большинстве практических случаев требуются значения силы на уровне единиц Н. Для решения проблемы вращение передается через редуктор с необходимым коэффициентом передачи. Зубцы шестерни на валу двигателя имеют диаметр меньше человеческого волоса, угол давления в зацеплении равен 20° . Зубчатые колеса должны иметь высо-

кую плоскостность для обеспечения последующего изготовления механизмов верхнего уровня. Типовая толщина рабочих кремниевых слоев конструкции равна 4 мкм.

К стандартным элементам кремниевой МЭМС относятся зубчатые микродвигатели, обеспечивающие прецизионные повороты (вращения) элементов устройств на заданные значения. Микродвигатели предназначены для контроля точности вращения механических элементов МЭМС и обеспечивают частоту вращения от 1 до 200 перемещений «зуба» в секунду (1 шаг в 5 мс). Миниатюрные роботы, снабженные датчиками, могут найти применение во многих отраслях промышленности, здравоохранения, науки. Так, создано значительное количество микроботов, работающих в токопроводящих жидкостях. В Линкопингском университете, Швеция, разработан микробот с размерами 670x170x240 мкм для работы в крови, моче и других средах. Электронная начинка робота защищена тонким слоем полипиролла. Детали, выполненные из полипиролла, способны сокращаться подобно мускулам при прохождении через них электрического тока, что используется в манипуляторе, который может работать даже с отдельными клетками. Оборудованный сенсорным блоком микробот превращается в микролабораторию, самостоятельно перемещающуюся и проводящую анализы внутри живого организма. Изготовлено 140 экземпляров таких роботов. Продемонстрирована их возможность перемещения микрообъектов групповыми усилиями. Роботы могут играть роль хирургического инструмента для бескровных операций – как крупных, в ходе которых целая группа будет действовать сообща, так и локальных, на клеточном уровне.

В Китае создан плавающий микробот длиной 3 мм, который в будущем будет уменьшен до 1 мм, а затем до 0,1 мм, и будет доставлять лекарственные препараты в разные части тела. Перемещается робот под действием внешнего магнитного поля, которое управляет его микроскопическими плавниками. Очень важным направлением использования МЭМС микроботов и манипуляторов является их применение в качестве устройств микропозиционирования и инструментальных средств изучения и модификации поверхности в нанотехнологических процессах [9 – 10]. Это такие устройства, как кантилеверы туннерирующих сканирующих микроскопов и атомных силовых микроскопов, матрицы зондов «миллинеде», многозондовые пуансоны в процессах нанопечатной литографии («наноимпринтинга»), сканеров и зондов в перьевой литографии с использованием сканирующих зондовых микроскопах имеется возможность получать карты распределения целого ряда физических и физико-химических характеристик поверхности, таких как топография, распределение приповерхностных электростатических, магнитных, электродинамических сил, сил трения, тепловых полей, теплопроводности, электропроводности с высоким пространственным разрешением вплоть до атомного, благодаря созданию зондов специальных типов, а также развитию аппаратных средств и программного обеспечения. Зондами в СЗМ являются острые иглы. В туннельных микроскопах – это специальным образом заточенные металлические или полупроводниковые проводящие иглы, в ближнекольной оптической микроскопии – заостренные световые волокна, в сканирующей силовой микроскопии – иглы, закрепленные на упругих балках. Так как разрешающая способность микроскопов зависит от угла заточки и радиуса скругления зонда, иглы выполняются с минимальным достижимым радиусом (3 нм).

Угол наклона балки в процессе сканирования регистрируется или пересчитывается в рельеф – при этом сила в процессе сканирования будет изменяться,

или поддерживаться постоянной вертикальным перемещением кантилевера. Такой режим измерения рельефа называется **контактным сканированием**. В процессе контактного сканирования между образцом и кончиком кантилевера с одной стороны действует ван-дер-ваальсовыи силы отталкивания, экспоненциально возрастающие с уменьшением расстояния, а с другой стороны упруго деформированной балки кантилевера – сила упругости, и в случае измерений на воздухе, капиллярные силы (как правило, это силы притяжения). Именно последними определяются минимальные силы в процессе контактного сканирования. Диапазон этих сил $1 \dots 5 \cdot 10^{-9}$ Н. В случае, если радиус кривизны кантилевера меньше 10 нм, в системе зонд-поверхность развивается давление больше $1,5 \cdot 10^8$ Па (1500 атм), что приводит к пластическим деформациям большинства органических материалов.

Существует возможность значительно (до 1000 раз) снизить давление на образец. Для этого регистрируют не изменение угла наклона балки кантилевера, а изменение амплитуды ее резонансных колебаний. Такой режим называют полуконтактным или «теппинг» (постукивание) – режимов сканирования. При этом поверхность ощупывают колеблющимся зондом в режиме малых резонансных колебаний консоли, возбуждаемых пьезоакустическим элементом 5. Амплитуду колебаний иглы устанавливают в диапазоне 1-50 нм и считывают фотодиодом 4 как сумму переменных сигналов в секциях. Высокая чувствительность сканирующих туннелирующих микроскопов достигается за счет того, что туннельный ток увеличивается на порядок и более при изменении расстояния на величину атома. Объединение группы индивидуально управляемых кантилеверов в матрицу (например, $32 \times 32 = 1024$ зондов) позволяет осуществить групповую обработку участка поверхности заготовки или записи – считывания информации на жесткие диски [8].

Кантилеверы и миллипеды изготавливаются групповыми методами. Цикл изготовления пассивных кремниевых кантилеверов включает: формирование кремниевых столбиков, из которых последующим заострением будут выполнены иглы; формирование консоли; нанесение отражающего покрытия; разделение пластины на отдельные чипы. Физически современные кантилеверы изготавливаются в виде чипов шириной $1,6 \pm 0,1$ мм, длиной 3,5 – 4 мм, толщиной 0,35 – 4 мм. Кантилеверы характеризуются жесткостью, резонансной частотой с острыми иглами на свободных концах или без них, добротностью, формой иглы, радиусом кривизны зонда. Типом покрытия поверхности иглы (магниточувствительные слои, проводящие слои, диэлектрические, твердые покрытия). Механические свойства простейшего безигольчатого кантилевера в виде параллелепипеда длиной L , толщиной h и шириной b определяют колебания под действием периодической раскочки держателя вдоль оси Z ($Z = a \cos \omega t$) и малых величинах деформации $U(x,t)$ дифференциальным уравнением второго порядка:

$$M \frac{d^2 u}{dt^2} + H \frac{du}{dt} + K[U - a \cos(\omega t)] = 0, \quad (1)$$

где M – эффективная масса кантилевера; H – затухание в среде, демпфирование, потери; K – жесткость.

Тогда, если амплитуда колебаний балки при $x = 0$ равна a , то в соответствии с (1) амплитуда колебаний свободного конца балки будет определяться выражением

$$U(\omega) = \frac{a}{\left| 1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \frac{i}{Q} \cdot \frac{\omega}{\omega_0} \right|} = \frac{a}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \frac{1}{Q^2} \cdot \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}} \quad (2)$$

где $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}}$ – первая резонансная частота балки; $Q = k / H\omega_0$ – добротность колебаний балки.

Жесткость кантилеверов k_z , и резонансная частота f_R для балки в форме параллелепипеда связаны с их геометрическими параметрами и упругими константами материала балки следующими соотношениями:

$$k_z = \frac{E \cdot h^3 \cdot w}{4 \cdot L^3} \quad (3)$$

$$f_R = 0,162 \frac{h}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (4)$$

а его торсионная жесткость

$$k_\psi = \frac{E \cdot h^3 \cdot w}{6(1+n) \cdot L \cdot l} \quad (5)$$

где h – толщина; w – ширина; L – длина кантилевера; E – модуль упругости (для кремния $E = 1,45 \cdot 10^{11}$ Н/м²); ρ – плотность материала балки (для кремния $\rho = 2330$ кг/м³); l – длина иглы; n – отношение Пуассона (0,3).

Для кантилеверов с V-образными балками

$$f_R = a \frac{h}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (6)$$

где $a = 0,194 \div 0,284$ в зависимости от конкретной геометрии балки, а силовая константа k_z^Δ при этом определяется выражением

$$k_z^\Delta = \frac{E \cdot h^3 \cdot w}{2 \cdot L^3} \quad (7)$$

Имеются многочисленные публикации о создании роботов не только в микрометровом диапазоне размеров но и в наноразмерной области, в частности, с использованием нанотрубок и ДНК – структур. С микро- и нанороботами (так называемыми ассемблерами) связываются надежды на решение вопросов одного из видов сборки наноустройств в массовом производстве [11]. Дальняя перспектива развития робототехники это создание ассемблеров, самовоспроизводящихся интеллектуальных машин, предназначенных для выполнения определенного вида сборочных работ, а также дисассемблеров, которые позволят разобрать любой объект на составляющие элементы, для живых организмов сохранить генетический код и вновь воссоздать их. Блестящие перспективы, если человеческий разум окажется сильнее зла!

Выводы

1. МСТ является динамичной, быстро развивающейся отраслью техники, Области применения роботов с учетом их миниатюризации и повышения уровня интеллекта в ближайшее десятилетие существенно расширятся. Они будут необходимы в освоении новых высокоавтоматизированных производств, в медицине, фармакологии, в нанотехнологиях, военной технике, мониторинге окружающей среды, борьбе с терроризмом, образовании, бытовой технике, ракетно-космической технике, системах телекоммуникаций и т.д.

Технологии МЭМС, нанотехнологии и микроробототехника тесно взаимосвязаны и достижения в каждой из них будут способствовать решению проблем смежных направлений, т.е они являются синергическими технологиями.

Для перехода к производству техники нового поколения необходимо использование технологической базы микроэлектронных производств и кооперация научных и производственных коллективов, а также установление международного научно-производственного сотрудничества.

Необходима также долгосрочная программа развития МЭМС и НТ на Украине, а также государственная поддержка работ как приоритетных направлений развития техники 21 века.

Литература

1. Иванов А. А., Мальцев П. П. Микросистемная техника – основа научно-технической революции в военном деле. «МСТ». 2004, №10, с. 2-6.
2. Рубцов И. В., Нестеров В.Е., Рубцов В.И. Современная зарубежная военная микро- и миниробототехника. «МСТ» 2000. №5, с. 70-79.
3. Юревич Е.Н. Основы робототехники. Уч.пос. 2-е изд.дополн. и перераб., С-Пб. «БХВ – Петербург» 2005, - 416 с.
4. Li-Wei Pan. Liwei Lin. Batch Transfer of LIGA Microstructures by Selective Electroplating and Bonding. J.MEMS, March 2001, vol. 10, №1. p. 25-32.
5. Телец В.А., Негина Ю.С., Орлов А.А. Изготовление трехмерных МЭМС методами термокомпрессионной сварки. «МСТ», 2004, №3, с. 2-6.
6. Мальцев П.П., Телец В.А., Никифоров А.Ю. Технологии и изделия микроэлектромеханики. «МСТ». 2001, №6, с. 1-13.
7. Уайтсайдс Дж., Эйглер Д., Андерс Р. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под. ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса: Пер. с англ. – М.:Мир, 2002. – 292с.
8. Кравченко С. Фантастическое сегодня. Нанотехнологии: реалии и перспективы. «Сhip компьютеры и коммуникации» Украина, 2002, №7, с. 20-23.
9. Микромеханика для сканирующей зондовой микроскопии и нанотехнологий. «Электронная промышленность». 1995, №6, с. 34-48.
10. Быков В.А., Гологанов А.Н., Салахов С.А. Зондовая микроскопия для биологии и медицины. «Наука и жизнь» 2004, №11, с. 41-46.
11. К. Эрик Дрекслер. Машина созидания. 1986, 386 с.

Приложение свойств обобщённых логических функций к синтезу многофункциональных триггерных устройств

*Белгородский государственный технологический университет, Россия
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Постановка проблемы. Общеизвестно, что одним из путей улучшения основных характеристик цифровых устройств автоматики, вычислительной техники и систем управления является использование программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) [1]. Однако здесь возникает ряд проблем, обусловленных ограниченностью отечественного рынка ПЛИС, стоимостью импортной элементной базы и пакетов систем автоматизированного проектирования (САПР).

Кроме того, доступные пакеты САПР могут по каким-то критериям не удовлетворять разработчиков аппаратуры, а несанкционированной корректировке, как правило, не поддаются.

Решение возникающих при этом проблем под силу крупным предприятиям и экономически оправдано только при серийном производстве. Кроме того, использование ПЛИС не всегда целесообразно при изготовлении экспериментальных образцов, макетов в учебных и научно-исследовательских лабораториях, а также устройств мелкосерийного и штучного производства нетиповых блоков и узлов цифровых устройств автоматики и систем управления.

Поэтому актуальны вопросы разработки новых аналитических методов логического проектирования и совершенствования существующих, поскольку такие методы могут использоваться самостоятельно, а также служить основой разработки новых пакетов САПР.

подавляющее большинство известных аналитических методов логического проектирования основано на традиционном представлении значений функций в области определения в виде логического нуля и единицы.

Наряду со многими достоинствами такого представления оно имеет и некоторые недостатки, обусловленные большим числом точек области определения, что влечёт за собой усложнение многих задач анализа и синтеза, связанное с решением объёмных комбинаторных задач.

Как было показано в [2], представление традиционных логических функций в форме обобщённых логических функций (ОЛФ) позволяет упростить процедуру минимизации, а разработанные программные средства сжатия области определения [3] дают возможность автоматизировать процесс представления этих функций в форме обобщённых с последующей их минимизацией в сжатой области.

При синтезе многофункциональных триггерных устройств, имеющих большое число управляющих сигналов, которые обеспечивают настройку на заданные режимы, возникают трудности, обусловленные большой размерностью таблицы функционирования. Более того, сложилось мнение [4] о принципиальной невозможности решения подобных задач формальным способом, основанным на табличном представлении функций при приемлемых размерах таблицы.

Анализ исследований и публикаций. Обычно в таких случаях используют метод декомпозиции [4,5], разбивая задачу на систему более простых подзадач. Поскольку задача декомпозиции не формализована, то результат её решения в подобных случаях в значительной степени зависит от опыта проектировщика.

Цель статьи – совершенствование метода синтеза многофункциональных триггерных устройств, основанного на представлении и преобразовании функций алгебры логики в обобщённой форме и обеспечивающего сокращение времени разработки и снижение её стоимости.

Метод решения. Исходной позицией формального синтеза многофункциональных триггеров являются таблицы функционирования, число наборов которых равно 2^{n+1} , где n – число управляющих сигналов (переменных), определяющих режимы настройки триггера.

При решении поставленной задачи будем ориентироваться на представление и минимизацию функций в сжатых картах с соседним кодированием [6].

Для иллюстрации приложения свойств обобщённых логических функций к синтезу многофункциональных триггеров рассмотрим два примера.

В качестве первого примера, основанного на представлении функций в форме ОЛФ с зависимыми параметрами, выполним синтез синхронного универсального триггера, имеющего пять режимов: хранения, синхронной установки в нулевое состояние, синхронной установки в единичное состояние, мультиплексной загрузки информации по заданному адресу и счёта. Условное изображение триггера показано на рис. 1.

Триггер имеет три адресных входа ($A_2A_1A_0$), семь информационных входов (D_7-D_1), вход разрешения режима счёта (T), вход синхронной установки в единичное состояние (S), вход приоритетной синхронной установки в нулевое состояние (R) и вход подачи импульсов синхронизации (C).

Режимы работы триггера:

- режим хранения ($Q^{n+1} = Q^n$), если $R = S = A_2 = A_1 = A_0 = T = 0$;
- режим синхронной приоритетной установки в нулевое состояние ($Q^{n+1} = 0$), если $R = 1$ (независимо от остальных сигналов);
- режим синхронной установки в единичное состояние ($Q^{n+1} = 1$), если $R = 0, S = 1$ (независимо от остальных сигналов);
- режим разрешения счёта ($Q^{n+1} = \bar{Q}^n$), если $R = S = A_2 = A_1 = A_0 = 0, T = 1$;
- режим мультиплексной загрузки с любого из семи информационных входов D_i ($Q^{n+1} = D_i$), номер которого задаётся значением адресного слова $A_2A_1A_0$, отличным от нуля, при $R = S = 0$.

В соответствии с общим алгоритмом проектирования цифровых автоматов с памятью [5] представляем проектируемый триггер в форме однобитового автомата, состоящего из двух частей: памяти (собственно триггера) и комбинационной части (схемы управления), как показано на рис. 2.

Проектирование сводится к классической задаче синтеза однобитового автомата с памятью, выполненного на типовом D -триггере, при определении его функции возбуждения D' :

$$D' = f(R, S, T, A_2, A_1, A_0, D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, Q^n).$$

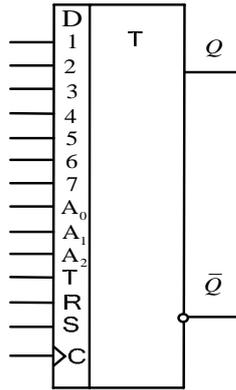


Рис. 1. Условное обозначение триггера

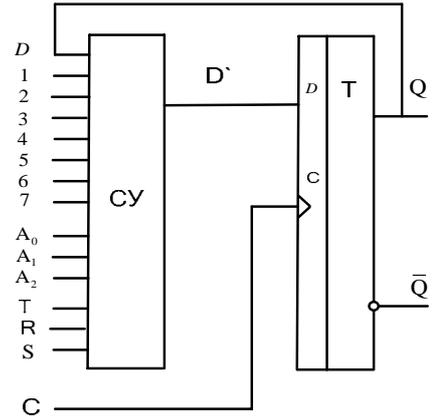


Рис. 2. Схема однобитового автомата

Попытка решить эту задачу, представляя функцию в таблице истинности, заведомо обречена на неудачу, поскольку таблица будет содержать 2^{14} наборов.

Предлагается формализованное решение данной задачи с помощью представления функции D' в форме ОЛФ с трактовкой переменных R, S, T как первичных, а остальных – как вторичных. В качестве независимых параметров выбираем D_i, Q^n, \bar{Q}^n , а в качестве зависимых – минтермы, образуемые литералами адресных переменных ($m_i = \tilde{A}_2 \tilde{A}_1 \tilde{A}_0$).

Как было отмечено выше, при $R = S = 0$ режим работы зависит от значений адресных переменных (минтермов, определяемых этими переменными): нулевые значения определяют режим хранения $Q^{n+1} = Q^n$ (при $T = 0$) и счёта $Q^{n+1} = \bar{Q}^n$ (при $T = 1$), а ненулевые – режим мультиплексной записи информации $Q^{n+1} = D_i$. Следовательно, функцию D' в режиме хранения можем представить в виде произведения $Q^n m_0$, в режиме счёта – $\bar{Q}^n m_0$, в мультиплексном режиме – $D_i m_i (i \neq 0)$.

При $R = 0, S = 1 - D' = 1$, при $R = 1 - D' = 0$. Компактное представление режимов приведено в табл. 1.

Таблица 1

Таблица режимов настройки триггера

R	S	T	D'
0	0	0	$Qm_0 \vee D_1m_1 \vee D_2m_2 \vee D_3m_3 \vee D_4m_4 \vee D_5m_5 \vee D_6m_6 \vee D_7m_7$
0	0	1	$\bar{Q}m_0 \vee D_1m_1 \vee D_2m_2 \vee D_3m_3 \vee D_4m_4 \vee D_5m_5 \vee D_6m_6 \vee D_7m_7$
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Представленные в таблице значения функции D' записываем в соответствующие клетки восьмизначной карты с соседним кодированием по переменным R, S, T , как показано на рис. 3.

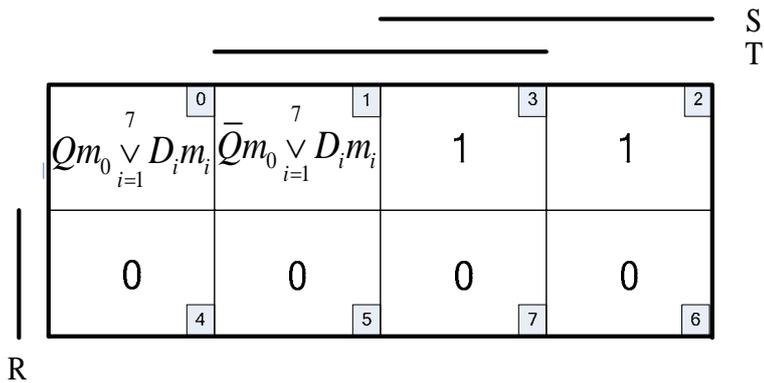


Рис. 3. Карта Карно функции возбуждения триггера

Опуская комментарий к процедуре выделения правильных конфигураций, записываем порядковые номера конфигураций, номера клеток, образующих эти конфигурации, и соответствующие им простые импликанты в виде произведения минтерма (логической суммы минтермов) на координату конфигурации [6,7]:

$$1 - \langle 0,2 \rangle: \bar{R}\bar{T}Qm_0; \quad 2 - \langle 1,3 \rangle: \bar{R}T\bar{Q}m_0; \quad 3 - \langle 0,1,2,3 \rangle: \bar{R}D_i m_i; \quad 4 - \langle 2,3 \rangle: \bar{R}S.$$

Соединяя полученные простые импликанты знаком логической суммы, записываем минимальную ДНФ функции D' , а также одну из скобочных форм:

$$D' = \bar{R}\bar{T}Qm_0 \vee \bar{R}T\bar{Q}m_0 \vee D_i m_i \bar{R} \vee \bar{R}S = \bar{R}[(Q \oplus T)m_0 \vee D_i m_i \vee S].$$

При реализации схемы на ПЛИС предпочтение следует отдать первой форме представления функции, а при реализации на микросхемах малого уровня интеграции – второй.

В качестве второго примера рассмотрим синтез многофункционального тестируемого триггера.

Вопросы тестирования особенно актуальны при построении автоматов на ПЛИС, поскольку доступ к отдельным элементам схемы ограничен.

Идея построения тестируемого цифрового автомата состоит в том, что его элементы памяти (D-триггеры) соединены в последовательную цепочку, образуя сдвигающий регистр, что даёт возможность подачи тестовой последовательности и её считывания [8].

Для построения таких автоматов требуется D-триггер, имеющий дополнительный информационный вход D_1 , как показано на рис. 4.

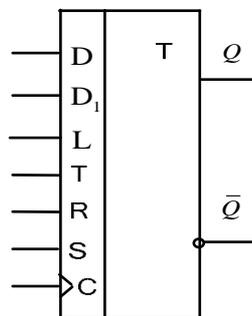


Рис. 4. Условное обозначение тестируемого триггера

Режимы работы триггера:

- режим хранения ($Q^{n+1} = Q^n$), если $R = S = L = T = 0$;

- режим синхронной установки в нулевое состояние ($Q^{n+1} = 0$), если $R = 1, S = 0$ (независимо от остальных сигналов);
- режим синхронной установки в единичное состояние ($Q^{n+1} = 1$), если $R = 0, S = 1$ (независимо от остальных сигналов);
- режим загрузки с альтернативного информационного входа D_1 (режим тестирования $Q^{n+1} = D_1$) при $R = S = 1$ (независимо от остальных сигналов);
- режим загрузки с основного информационного входа D ($Q^{n+1} = D$) при $R = S = 0, L = 1$ (значение сигнала T несущественно);
- режим разрешения счёта ($Q^{n+1} = \bar{Q}^n$), если $R = S = L = 0, T = 1$.

Представляем функцию Q^{n+1} в форме ОЛФ с независимыми параметрами, принимая за независимые переменные сигналы R, S, L , а остальные (Q^n, T, D, D_1) – за параметры (таблица сократится до восьми строк, как показано в табл. 2).

Таблица 2
Таблица режимов настройки триггера

S	R	L	$D' = Q^{n+1}$
0	0	0	$T \oplus Q^n$
0	0	1	D
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	D_1
1	1	1	D_1

Представленные в таблице значения $D' = Q^{n+1}$ записываем в клетки восьми-элементной карты с соседним кодированием по переменным R, S, L (рис. 5).

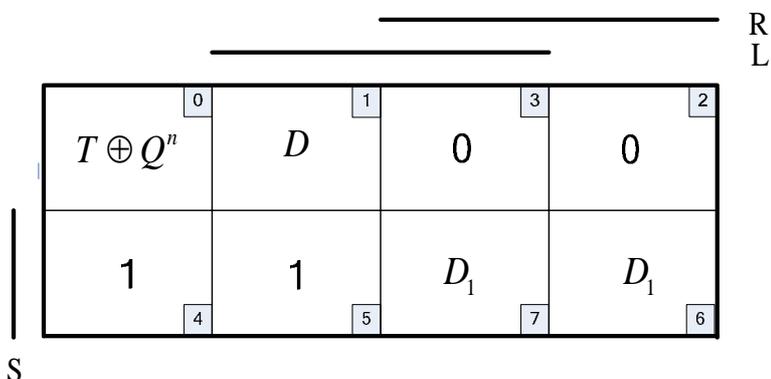


Рис. 5. Карта Карно функции возбуждения триггера

Опуская комментарий к процедуре выделения правильных конфигураций, записываем порядковые номера конфигураций, номера клеток, образующих эти конфигурации, и соответствующие им простые импликанты в виде произведения координаты этой конфигурации на значение функции в ней:

$$1- \langle 0,4 \rangle: \bar{R}\bar{L}(T \oplus Q^n); \quad 2- \langle 1,5 \rangle: \bar{R}LD; \quad 3- \langle 4,5,6,7 \rangle: SD_1; \quad 4- \langle 4,5 \rangle: S\bar{R}.$$

Соединяя полученные простые импликанты знаком логической суммы, записываем минимальную ДНФ функции D' , а также одну из скобочных форм:

$$D' = \bar{R}\bar{L}\bar{T}Q^n \vee \bar{R}\bar{L}\bar{T}\bar{Q}^n \vee \bar{R}LD \vee \bar{R}S \vee SD_1 = \bar{R}[\bar{L}(Q \oplus T) \vee LD \vee S] \vee SD_1.$$

При реализации схемы на ПЛИС предпочтение следует отдать первой форме представления функции, а при реализации на микросхемах малого уровня интеграции – второй.

Выводы

Предложен метод синтеза многофункциональных триггеров, основанный на разбиении множества всех переменных, определяющих режимы работы триггера, на два подмножества, одно из которых трактуем как первичные переменные, определяющие координаты точек новой области определения на данном разбиении, а второе – как вторичные, определяющие значения функции в точках новой области определения, с последующим представлением и минимизацией функций в сжатых картах с соседним кодированием. Предложенный метод позволил сократить число точек области определения функций возбуждения триггера, что упростило процедуру синтеза в целом.

Список литературы

1. Соловьёв В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 636 с.
2. Рубанов В.Г., Коробкова Е.Н. Разработка алгоритма сжатия области определения логических функций // Труды современного гуманитарного университета. Белгородский филиал. – Белгород: БФ СГУ. – 2000. – Вып. 18. – С. 105 -112.
3. Коробкова Е.Н., Шпак А.С. К программной реализации алгоритма сжатия области определения логических функций // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2006. – Вып. 2(51). – С. 51-61.
4. Потёмкин И.С. Функциональные узлы цифровой автоматики. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 320 с.
5. Закревский А.Д. Алгоритмы синтеза дискретных автоматов. – М.: Наука, 1971. – 512 с.
6. Коробкова Е.Н. Графоаналитический метод минимизации полностью определённых логических функций в сжатых картах // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вып. 6(22). – С. 288 - 298.
7. Рубанов В.Г., Коробкова Е.Н. Графоаналитический метод нахождения минимальных дизъюнктивных нормальных форм обобщённых логических функций // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вып. 3(19). – С. 46-53.
8. Уэйкерли Дж.Ф. Проектирование цифровых устройств. В 2-х т. – М.: Постмаркет, 2002. – Т.1 – 544 с. Т.2 – 528 с.

Имитационное моделирование автоматизированной системы программного и оптимального корректирующего управления развитием производства

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Введение

В современных условиях нестационарной экономики особую актуальность приобретают задачи развития производства, в частности задачи создания автоматизированных производственных систем, в которых имеется возможность быстрого изменения номенклатуры и, главным образом, объема производства [1]. Возникает потребность в ускоренной разработке программных изменений объема производства и соответствующих программных управляющих функций для реализации на определенном отрезке времени. Решение этой задачи является обязанностью высшего руководства предприятия. Не менее важна задача выполнения программы изменений активных производственных фондов с наименьшими отклонениями от программных функций. Ответственность за решение этой задачи лежит на операционных и финансовых менеджерах.

В настоящее время разработаны и успешно применяются на практике автоматизированные системы планирования ресурсов предприятий (ERP, MRP), построенные на основе практического опыта развития предприятий и крупных компаний. Представляется целесообразным при разработке автоматизированных систем развития производства использовать математические методы, свойственные современной теории оптимального управления динамическими объектами в условиях статистической неопределенности.

В статье [2] рассмотрены математические аспекты управления продуктом инвестиционного проекта (инвестиционной программы), динамика изменения состояния которого аппроксимируется марковским процессом первого порядка. При этом имеются в виду продукты проектов (программ), состояние которых при отсутствии управляющих воздействий уменьшаются по уровню со временем. Объекты с таким ухудшением состояния встречаются довольно часто, однако не все из них можно отнести к классу управляемых. Тем не менее, для ряда случаев, например при управлении активными производственными фондами или запасами характерны наблюдаемость и управляемость состояния такого продукта проекта (программы).

При разработке автоматизированной системы управления развитием производства особую роль играет ее имитационная модель, позволяющая изучить поведение разрабатываемой системы в различных условиях обстановки, исследовать вопросы точности и устойчивости, чувствительности к изменениям параметров модели объекта управления и системы обработки информации.

Ниже представлена имитационная модель системы управления объемом производства (объемом выпуска продукции), разработанная на основе теории управления линейными динамическими объектами в условиях неопределенности с использованием квадратичного критерия оптимальности. Такая система может

использоваться как система поддержки принятия управленческих решений для производственных, операционных и финансовых менеджеров.

Цель данной работы заключается в исследовании основных характеристик системы автоматизированного управления объемом производства на основе разработанной имитационной модели применительно к конкретным исходным данным.

1. Структура имитационной модели автоматизированной системы управления объемом производства при развитии предприятия

Структура имитационной модели показана на рис.1. Данная модель содержит несколько модулей.

Модуль расчета изменения объема производства при наличии программного управления U_{0k} использует соотношения

$$p_{0k} = p_0 \cdot e^{-\alpha_0 \Delta t \cdot k}, \quad \alpha_0 = \frac{1}{T} \ln \frac{p_0}{p_T}, \quad U_{0k} = \beta_T \cdot p_{0k}; \quad \beta_T = \alpha - \alpha_0, \quad (1)$$

где p_0, p_T , - начальное и конечное состояния объема производства;

α_0 - параметр динамики программного управления;

α - параметр динамики состояния фондов предприятия при отсутствии управления;

β_T - параметр формирования программной управляющей функции;

T - длительность интервала времени, отведенного на реализацию проекта;

U_{0k} - программная управляющая функция (программная скорость финансирования).

Модуль формирования возмущений η_k состояния фондов обеспечивает генерацию случайной последовательности с заданными статистическими характеристиками

$$\langle \eta_k \rangle = 0; \langle \eta_k^2 \rangle = \sigma_\eta^2; \langle \eta_k \cdot \eta_l \rangle = 0 \text{ при } l \neq k; \quad (2)$$

Модуль формирования управляемого процесса δp_k отклонения фактического состояния объема производства от программного реализует соотношения

$$\delta p_k = \Phi \cdot \delta p_{k-1} + B \cdot \delta U_{k-1} + \eta_k; \quad (3)$$

$$\Phi = \rho = e^{-\alpha \Delta t}; \quad B = \frac{1 - \rho}{\alpha}; \quad \delta U_{k-1} = -G_{k-1} \cdot \delta \tilde{\lambda}_{k-1}. \quad (4)$$

где Φ - переходная функция по состоянию управляемого объекта;

B - переходная функция по управлению;

δU_{k-1} - корректирующее управление в предшествующий момент времени;

G_k - усиление системы корректирующего управления;

$\delta \tilde{\lambda}_k$ - калмановская оценка фактического отклонения состояния управляемого объекта от программного значения.

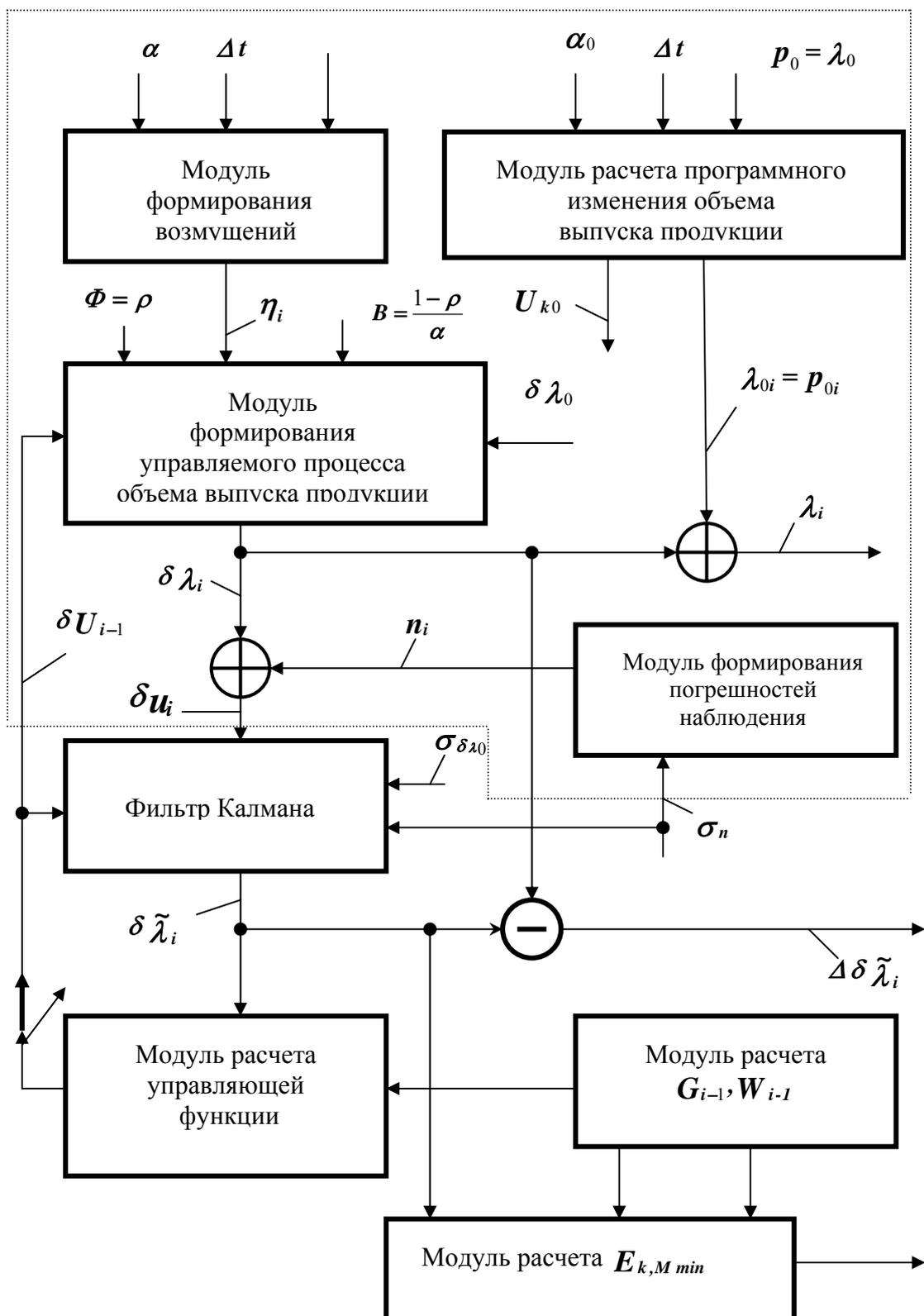


Рис.1. Структура имитационной модели автоматизированной системы управления

Модуль формирования погрешностей наблюдения с заданными статистическими характеристиками (нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ_n^2) обеспечивает генерацию случайной последовательности с такими характеристиками.

Модуль формирования погрешностей наблюдения с заданными статистическими характеристиками (нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ_n^2) обеспечивает генерацию случайной последовательности с такими характеристиками.

Суммирование процесса управляемого отклонения состояния объекта от программного значения с погрешностями наблюдения завершает модель формирования наблюдений δu_k .

Модуль фильтра Калмана (рис.1) необходим для оценки фактического отклонения состояния управляемого объекта от программного значения:

$$\begin{aligned} \delta \tilde{\lambda}_k &= \delta \lambda_k + h_k \cdot (\delta u_k - \delta \lambda_k), k = 1, 2, \dots, M, \\ \delta \lambda_k &= (\Phi - B \cdot G_{k-1}) \cdot \delta \tilde{\lambda}_{k-1}; \delta \tilde{\lambda}_0 = \delta v_0. \end{aligned} \quad (5)$$

(6)

В этих соотношениях использованы следующие обозначения:

$\delta \lambda_k^*$ - прогнозируемая оценка отклонения состояния управляемого объекта от программного значения,

$\delta \tilde{\lambda}_k$ - текущая калмановская оценка отклонения состояния управляемого объекта от программного значения,

h_k - усиление фильтра Калмана, определяемое выражением

$$h_k = \frac{\tilde{\sigma}_k^2}{\sigma_n^2}, \quad (7)$$

причем

$$\frac{1}{\tilde{\sigma}_k^2} = \frac{1}{\Phi \cdot \tilde{\sigma}_{k-1}^2 + \sigma_\eta^2} + \frac{1}{\sigma_n^2}, k = 1, 2, \dots, M; \tilde{\sigma}_{\lambda 0}^2 = \sigma_n^2. \quad (8)$$

Модуль расчета усиления G_k и вспомогательной функции W_k обеспечивает расчет этих функций в обратном времени $k = M - 1, M - 2, \dots, 0$.

Завершает структуру модели **модуль** расчета минимального значения квадратичного критерия оптимальности

$$E_{k,M \min} = \delta \tilde{p}_k^2 \cdot W_k + W_k \cdot \tilde{\sigma}_k^2 + \frac{1}{M-k} \sum_{i=k}^{M-1} W_{i+1} \cdot \sigma_\eta^2 + \frac{1}{M-k} \sum_{i=k}^{M-1} \tilde{\sigma}_i^2 \cdot G_i \cdot W_{i+1} \Phi. \quad (9)$$

Программное обеспечение в среде Delphi-6 реализует имитационную модель и имеет удобный пользовательский интерфейс. В последней версии алгоритмического и программного обеспечения предусмотрена возможность изменения параметров фильтра Калмана, системы управления в целом относительно параметров динамики управляемого процесса, статистических характеристик воз-

мущений и погрешностей наблюдения. Это позволяет изучить чувствительность системы управления к погрешностям определения фактических параметров модели наблюдений и управляемого процесса.

2. Исходные данные и результаты моделирования

Рассмотрим вариант исходных данных, когда

$$p_0 = 10, p_T = 50, \delta p = -5, \alpha = 0.01, T = 48, \Delta t = 0.5, M = \frac{T}{\Delta t} = 96.$$

Здесь длительность интервала времени, отведенного на управление, равно 48 месяцам. Данные поступают и обрабатываются с интервалом 0.5 месяца.

С использованием выражений (1) для параметра динамики программного изменения выпуска продукции получим $\alpha_0 = \frac{1}{T} \ln \frac{p_0}{p_T} = -0,03353$, $\beta_T = \alpha - \alpha_0 = 0,04353$,

$U_{k0} = 0.04353 \cdot p_{k0}$. Кроме того, положено, что $\sigma_n = 0.2$; $\sigma_\eta = 0.3$.

Ниже приведены графические данные, которые показывают поведение процессов на протяжении интервала времени управления длительностью четыре года.

В таблице приведены зависимости от времени управляющих функций (программных, корректирующих и суммарных), а также динамика изменения объема производства (программная, корректируемая и полная) в пределах первых два года реализации проекта.

Заметим, что если объем производства выражен в стоимостном эквиваленте, то управляющие функции представляют собой скорость финансирования предприятия. Они имеют размерность капиталовложений за единицу времени, так что фактически речь идет о программном и корректирующем финансировании при реализации инвестиционного проекта или программы, связанной, в частности, с задачей увеличения выпуска продукции за фиксированный интервал времени.

Следует отметить, что приведенные табличные и графические результаты соответствуют случаю, когда параметры фильтра Калмана и системы управления в полной мере соответствуют параметрам моделей наблюдаемых и управляемых процессов. Кроме того, среднеквадратическая погрешность наблюдения отклонения состояния объема производства от программного значения в относительном виде не превышала 4%. Уровень возмущений состояния объема производства (среднеквадратическое отклонение) также в относительном смысле не превышал 6%.

Выводы

Основные выводы сводятся к следующему:

1. Наличие оптимального корректирующего управления (рис.2) приводит к быстрой сходимости практически к нулю отклонений фактического состояния объема производства от программного значения (рис.3, 4). Для рассмотренного примера корректирующее управление выводит процесс изменения состояния объема производства к программным значениям уже к концу пятого месяца ($k=10$). При отсутствии корректирующего управления фактическое состояние отклонения объема производства будет соответствовать начальному состоянию этого отклонения (рис.4).

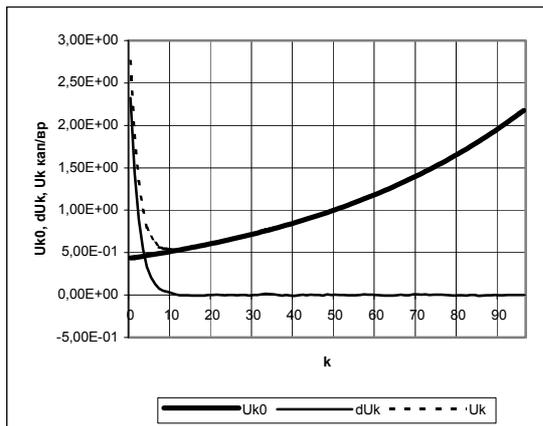


Рис. 2. Управляющие функции

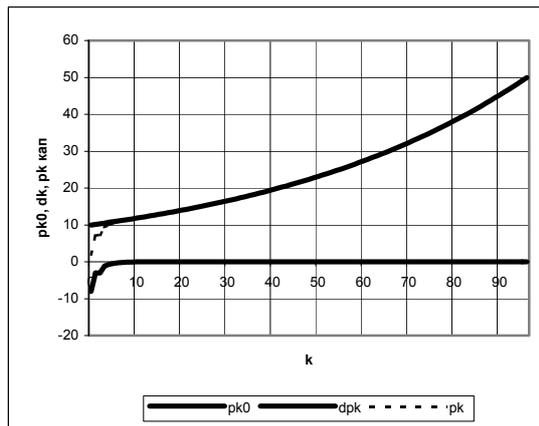


Рис. 3. Управляемое состояние объема производства

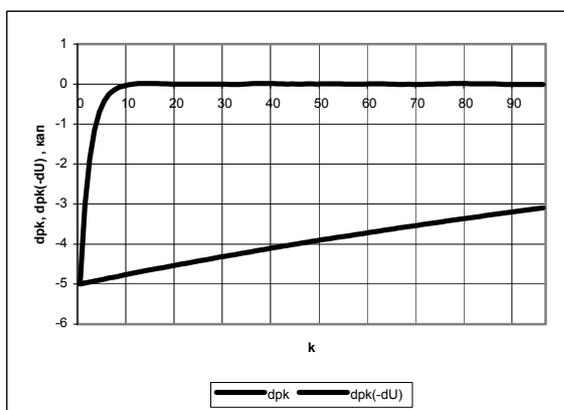


Рис. 4. Отклонения от программных значений объема производства (при наличии и отсутствии корректирующего управления)

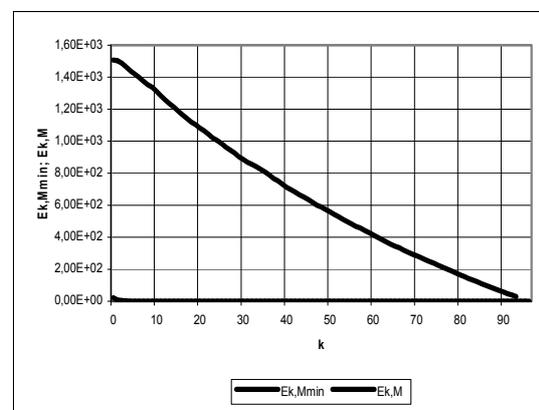


Рис. 5. Значения критерия качества системы при наличии и отсутствии корректирующего управления

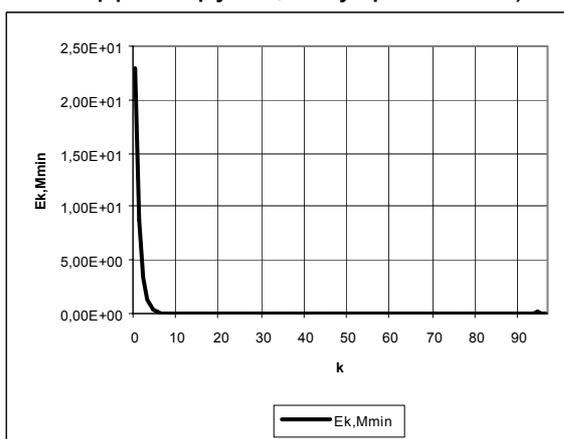


Рис.6. Минимальное значение критерия оптимальности системы корректирующего управления

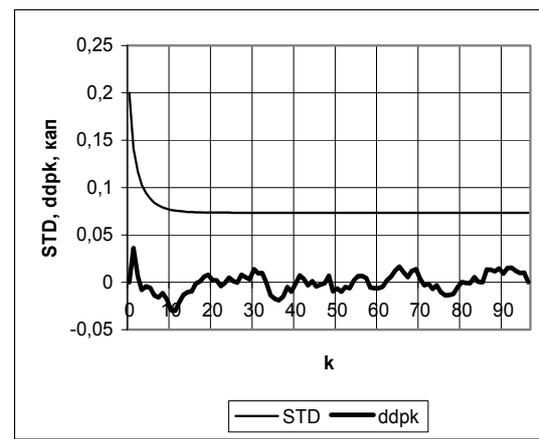


Рис.7. Точностные характеристики оценки состояния объема производства фильтром Калмана

Результаты имитационного моделирования

k	U_{ok}	δU_k	U_k	p_{ok}	δp_{ok}	p_k
1	4,35E-01	2,32E+00	2,29E+01	10	-5,00E+00	1,96
2	4,43E-01	1,44E+00	8,84E+00	10,169	-3,04E+00	7,129
3	4,50E-01	8,87E-01	3,35E+00	10,34	-1,87E+00	7,33
4	4,58E-01	5,42E-01	1,25E+00	10,515	-1,14E+00	9,375
5	4,65E-01	3,31E-01	4,65E-01	10,693	-6,97E-01	9,996
6	4,73E-01	2,07E-01	1,83E-01	10,874	-4,22E-01	10,452
7	4,81E-01	1,29E-01	7,12E-02	11,058	-2,54E-01	10,804
8	4,90E-01	7,58E-02	2,49E-02	11,245	-1,51E-01	11,094
9	4,98E-01	5,05E-02	1,13E-02	11,435	-8,67E-02	11,3483
10	5,06E-01	3,98E-02	7,23E-03	11,628	-4,73E-02	11,5807
11	5,15E-01	2,29E-02	2,76E-03	11,825	-2,20E-02	11,803
12	5,23E-01	7,22E-03	7,69E-04	12,025	2,99E-04	12,0253
13	5,32E-01	-1,65E-03	5,92E-04	12,228	1,14E-02	12,2394
14	5,41E-01	-2,99E-03	6,53E-04	12,435	1,54E-02	12,4504
15	5,50E-01	-2,15E-03	6,71E-04	12,645	1,42E-02	12,6592
16	5,60E-01	-8,15E-03	9,70E-04	12,859	1,24E-02	12,8714
17	5,69E-01	-5,74E-03	8,64E-04	13,076	1,18E-02	13,0878
18	5,79E-01	-6,74E-03	9,55E-04	13,297	6,60E-03	13,3036
19	5,89E-01	-5,35E-03	9,22E-04	13,522	2,60E-03	13,5246
20	5,99E-01	1,11E-03	8,45E-04	13,751	-1,16E-03	13,74984
21	6,09E-01	3,94E-04	8,80E-04	13,983	-3,58E-03	13,97942
22	6,19E-01	5,18E-03	1,03E-03	14,22	-2,77E-03	14,21723
23	6,29E-01	1,48E-03	9,71E-04	14,46	-2,70E-03	14,4573
24	6,40E-01	-2,70E-03	1,03E-03	14,704	-1,35E-03	14,70265

2. Минимальное значение квадратичного критерия оптимальности зависит от времени, оставшегося на управление (рис.5). При отсутствии управляющих воздействий величина критерия резко возрастает (рис. 6).

3. Оценка отклонения объема производства от программного значения фильтром Калмана практически совпадает с истинным значением при $\sigma_n = 0.2$; $\sigma_\eta = 0.3$. Среднеквадратическая и полная погрешности оценки отклонения объема производства от программного значения не превышают 2% (рис. 7).

4. Применение рассмотренной технологии оптимального управления объемом производства требует дополнительной информации о динамике активных основных фондов предприятия, о статистических характеристиках как возмущений, действующих на производство, так и погрешностей наблюдения текущего состояния объема производства. Это предполагает необходимость расширения информационной области для сотрудников аналитических отделов предприятий.

Список литературы

1. Чейз Р.Б., Эквилайн Н. Дж, Якобс Р.Ф. Производственный и операционный менеджмент.- 8-е изд.: Пер. с англ.- М.: Изд. дом «Вильямс», 2001.-704 с.

2. Хомякова Н.Э. Программное и оптимальное корректирующее финансирование при управлении инвестиционными проектами и программами развития предприятия (отрасли) // Авиационно-космическая техника и технология.- Харьков: НАКУ "ХАИ", 2007.- №2.- (в печати).

Распределение информационных потоков ERP-системы на предприятии при ее введении

Одесский национальный политехнический университет

На базе современных компьютерных технологий создано поколение автоматизированных систем управления (АСУ), именуемое ERP (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия, т. е. системы управления ресурсами). Такие системы предоставляют возможность работать на интегрированном информационном поле множеству удаленных пользователей, что обеспечивает максимальный эффект при управлении крупными производствами и корпорациями. Родоначальником рынка ERP-систем стала немецкая компания SAP AG с продуктом R/3. К числу же наиболее значительных представителей рынка можно отнести фирмы PeopleSoft, Oracle, Baan J.D.Edwards^{*)}.

Обычно ERP-системы имеют модульное строение, так, например, все финансовые и затратно-доходные приложения SAP объединены в модуль Rechnungswesen, который включает в себя подмодули Finanzwesen, Treasury, Controlling, Projektssystem и т.д. В зависимости от производственного процесса, требований предприятия, его бюджета, доступных финансовых и человеческих ресурсов в готовой бизнес-логике активируют отдельные модули и настраивают их в соответствии с требованиями предприятия. Необходимые бизнес-процессы настраиваются таким образом, чтобы они наиболее полно и точно отражали каждое действие сотрудника или определенную транзакцию в программном обеспечении. При этом активные модули обеспечивают полную интеграцию информационных потоков, создавая таким образом единую среду для автоматизации учета, контроля, анализа и планирования всех бизнес-процессов предприятия, таких, например, как финансы, сбыт, снабжение, производство и т.д. Это единое информационное пространство позволяет проводить не только анализ состояния предприятия в режиме реального времени, но и планирование и прогнозирование дальнейшего развития, обеспечивая таким образом возможность принятия правильных стратегических решений или корректировки развития предприятия.

С помощью ERP-систем возможно решение следующих задач:

- анализ состояния предприятия на настоящий момент;
- эффективное планирование и прогнозирование финансовой и хозяйственной деятельности;
- использование единой информационной базы, позволяющее снизить потери рабочего времени;
- контроль и анализ продукции предприятия на протяжении всего ее жизненного цикла;
- систематизация потоков информации внутрифирменного характера с учетом разграничений доступа к информации и внешних отношений предприятия с поставщиками, потребителями и государственными структурами.

Создаваемая таким образом максимальная прозрачность бизнеса является также положительным фактором, влияющим на доверие инвесторов.

Интеграция автоматизированных систем управления предприятием до сих

^{*)} Гнатуш А. ERP - «за» и «против» // IT Manager. - 2005. - №2. – С. 32-36.

пор является одним из наиболее рискованных шагов, на которые руководство решается в силу жизненной необходимости, требующей быстрой ориентации в сложившейся на рынке ситуации, вследствие эффективности доступа к информации.

Внедрение ERP-системы осуществляется поэтапно:

1. Формулировка целей и стратегического направления внедрения ERP-системы.
2. Анализ деятельности предприятия, включая специфику производства и отраслевую принадлежность.
3. Реинжиниринг существующих бизнес-процессов предприятия.
4. Подбор технического решения или системы в соответствии с требованиями инфраструктуры предприятия.
5. Внедрение и настройка системы.
6. Проведение обучающих курсов для пользователей.
7. Использование системы и ее поддержка.

Формулировка целей и стратегического направления внедрения ERP-системы должна отразить ожидаемый результат от внедрения, развитие внедрения по намеченным этапам во времени и наметить предполагаемые изменения технологии производства в будущем или изменения состава продукции.

Анализ деятельности предприятия в контексте внедрения ERP-системы следует рассматривать как формализацию деятельности предприятия и представления ее в виде нормированных бизнес-процессов, а также их интеграции с другими бизнес-процессами. Результатом анализа должен быть набор блок-схем бизнес-процессов и их интеграции, готовый для внедрения и настройки функциональных модулей.

В зависимости от качества и результатов анализа предыдущих фаз, а также граничных условий, таких, как бюджет, материальные и технические ресурсы и т.д., решается вопрос о том, имеет ли место внедрение и настройка готовой новой системы, доработка недостающих функций на имеющейся основе или создание нового программного обеспечения под предприятие-заказчика. Против разработки индивидуального программного обеспечения выступают следующие аргументы:

- готовые системы имеют обычно уже отлаженные типизированные процессы, реализованные в соответствии с действующим законодательством;
- консультанты этих систем имеют большой опыт внедрения, эксплуатации и поддержки на различных предприятиях;
- при реализации бизнес-решений были использованы имеющиеся технические стандарты, позволяющие в будущем упростить задачу расширения функциональности систем или взаимодействия с поставщиками и потребителями, если они тоже используют стандартное решение;
- многие технические аспекты, не касающиеся производственных процессов, таких, например, как избежание несанкционированного доступа к данным, или же концепция ограниченного доступа к данным, уже решены.

Внедрение и настройка системы должны быть четко ограничены как временными, так и функциональными рамками. При введении ERP-системы можно использовать две стратегии:

- **поэтапный переход** (помодульное введение) предполагает поэтапную настройку модулей, например, сначала бухгалтерского учета и контроллинга, затем сбыта, производства, склада и т.д. Данная стратегия является не очень затратной и рискованной, так как после настройки одного модуля имеет место его

апробация и отладка. Однако получение эффективности от внедрения системы растягивается на большой период времени, поскольку ожидаемый результат от интеграции информационных потоков и бизнес-процессов наблюдается только после настройки всех модулей;

- **моментный переход** (параллельное введение всех функций) осуществляется после настройки системы при отказе от использования старой системы и моментном переходе на новую. Этот метод является наиболее рискованным, так как вводится много модулей с большим набором функций, часто отличающихся по их использованию от старой системы. Многим работникам не до конца понятны полная интеграция процессов и их влияние на другие процессы, поэтому моментный переход вызывает в первое время после введения хаос и неоднозначность функциональной ответственности. Моментный переход может быть совершен с очень высокой степенью риска, когда начиная с определенного времени все работники работают только в новой системе, или со сниженной степенью риска, когда вводимые в новой системе данные копируются в старую систему, например бухгалтерские проводки, отгрузка продукции со склада и т.д. Естественно такая стратегия является очень затратной, так как необходимы программные решения для актуализации старой базы данных, хотя зачастую они могут быть частично реализованы в рамках перевода старых данных в новую систему.

Качественное проведение обучающих курсов для пользователей является одним из залогов успешного введения и эксплуатации системы.

Использование системы и ее поддержка являются достаточно сложными, поскольку в рамках постоянного повышения качества продукции, производственных процессов, а также изменения законодательной базы постоянно имеет место изменение настройки модулей и функций системы.

Для решения проблемы эффективного распределения информационных потоков ERP-системы на этапах ее ввода, расширения и эксплуатации в зависимости от жизненного цикла продукции на предприятии необходимо решить следующие задачи:

- формализовать описание бизнес-процессов на предприятии;
- описать модели ввода ERP-системы на предприятии;
- проанализировать влияние жизненного цикла товара на бизнес-процессы на предприятии;
- проанализировать технические критерии загрузки сети и возможности ее распределения.

На основе этих данных можно построить динамическую модель эффективного распределения информационных потоков ERP-системы.

В данной статье рассматриваются бизнес-процессы и ввод ERP-системы на предприятии.

Для формализации процессов на предприятии можно ввести следующие понятия: бизнес-задача, бизнес-процесс и бизнес-подразделение.

Бизнес-задача является наименьшей логической единицей деятельности предприятия (закупить материал х, послать счет покупателю у и т.д.).

Бизнес-процесс объединяет несколько бизнес-задач в единую последовательность, направленную на решение конкретной функциональной задачи, например произвести продукцию х, для этого необходимо рассчитать норму затрат расходных материалов, рассчитать необходимый объем рабочей силы и затрат времени, выполнить отгрузку расходных материалов, сборку или сварку и т.д.

Несколько бизнес-процессов, связанных между собой логически и

функционально, объединяются в **бизнес-подразделение** (производство, управление складом, управление финансами, отдел контроллинга и т.д.). Бизнес-подразделение обладает в отличие от бизнес-процесса большим объемом функций и отвечает за координирование процессов в общих рамках деятельности предприятия.

Совокупность процессов предприятия во времени можно представить в следующем виде (рис. 1):

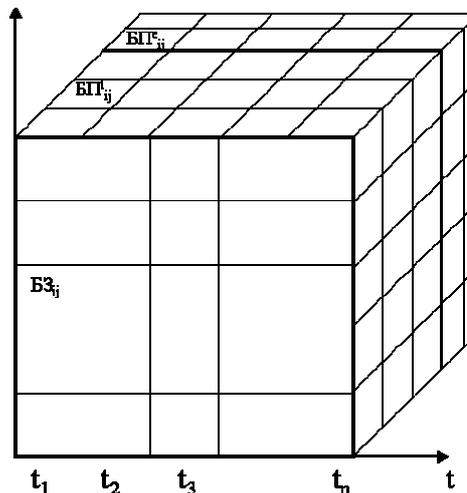


Рис. 1. Совокупность процессов предприятия во времени

Бизнес-процессы подразделены на бизнес-задачи. Бизнес-процессы могут иметь как внутренний, так и внешний характер. Под внутренним бизнес-процессом подразумевается взаимодействие подразделений или стратегических единиц внутри предприятия. Под внешним бизнес-процессом подразумевается взаимодействие с внешними факторами (поставщиками, потребителями, предприятиями, государственными структурами и т.д.).

Потоки информации между отдельными задачами, процессами и подразделениями можно выразить в матричном виде:

$$\begin{array}{cccccc}
 & БЗ_1 & БЗ_2 & БЗ_3 & \dots & БЗ_n \\
 БП_1^l & \psi_{11}^l & \psi_{12}^l & \psi_{13}^l & \dots & \psi_{1n}^l \\
 БП_2^l & \psi_{21}^l & \dots & \dots & \dots & \psi_{2n}^l \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 БП_m^l & \psi_{m1}^l & \dots & \dots & \dots & \psi_{mn}^l \\
 БП_1^e & \psi_{11}^e & \psi_{12}^e & \psi_{13}^e & \dots & \psi_{1n}^e \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 БП_m^e & \psi_{m1}^e & \psi_{m2}^e & \psi_{m3}^e & \dots & \psi_{mn}^e,
 \end{array} \tag{1}$$

где БП - бизнес-процесс;

БП^l - внутренний или локальный (local) бизнес-процесс;

БП^e - внешний (extern) бизнес-процесс;

БЗ - бизнес-задача;

ψ - информационный поток между подразделениями.

В качестве информационного потока внутренних процессов определена

передача данных по внутренней компьютерной сети предприятия.

В качестве внешних потоков определен внешний доступ (по Интернету, по виртуальной частной сети) к внутренней сети предприятия.

Модели ввода ERP-систем можно разделить на два вида:

- **помодульное** введение подразумевает параллельное использование старой и новой систем;
- **одновременное** введение всех модулей и реализацию всех критических бизнес-процессов.

Помодульное введение ERP-системы предполагает последовательную реализацию бизнес-процессов и задач отдельного модуля во времени, которую можно показать графически в следующем виде (рис. 2):

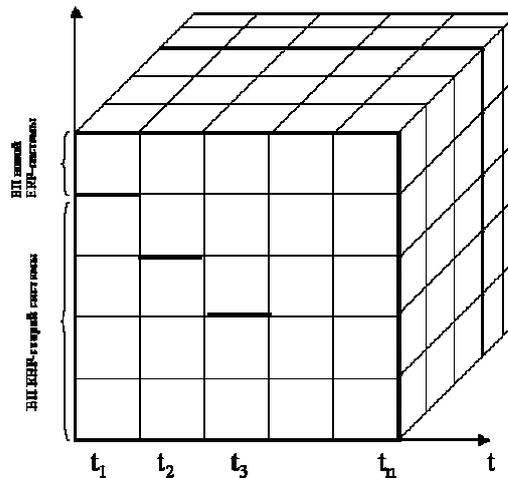


Рис. 2. Помодульное введение ERP-системы во времени

В период времени t_1 вводится и настраивается модуль, например финансов и контроллинга с полным объемом функций. Тогда при параллельной работе старой и новой систем возникает следующая ситуация, при которой определенные функции или бизнес-процессы реализованы в новой системе, а остальные - в старой. В следующий отрезок времени t_2 происходит настройка следующего модуля, например отдела заказов и сбыта продукции, и его интеграция с модулем финансов и контроллинга. Таким образом происходит последовательный переход от использования старой системы или старых систем к новой единой интегрированной корпоративной системе.

При параллельном или одновременном переходе на новую ERP-систему на первом этапе введения ERP-системы вводится только критический набор бизнес-процессов, т.е. те процессы, без которых невозможна работа предприятия, так как полный набор функций обычно является очень объемным.

К критическим бизнес-процессам можно отнести, например:

- обработка заказов покупателей;
- закупка расходных материалов для производства продукции;
- проведение оплаты материалов;
- производство заказанной продукции;
- работа склада;
- отгрузка и доставка продукции;
- выставление счета на заказанную продукцию;

- получение денег от оплаты продукции.
Это можно представить в следующем виде (рис. 3):

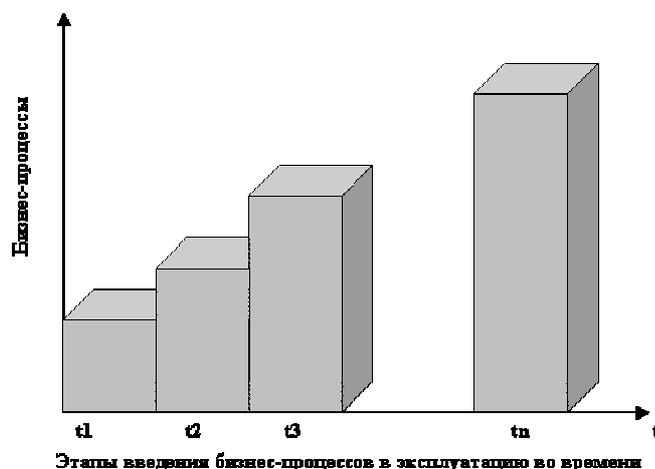


Рис. 3. Разовый переход на новую ERP-систему во времени

На последующих этапах вводятся дополнительные функции и модули, которые повышают эффективность работы предприятия, например эффективный учет оплаты доставленной продукции, в частности соблюдение и контроль сроков оплаты, или целевое использование информации о потребителях, например целевая реклама и т.д.

При наложении структуры введения модулей в форме наладки бизнес-задач, бизнес-подразделений, бизнес-процессов на жизненный цикл продукции выявляется, что на разных этапах введения имеет место различный объем потока информации.

При введении экономического фактора можно проанализировать модель экономии затрат предприятия при динамическом расширении возможностей использования потоков информации. В частности, возможен анализ, при котором на первом этапе введения t_1 средний объем информации, необходимой для обмена между различными подразделениями, можно оценить объемом X . На последующих этапах этот объем будет увеличиваться в зависимости от увеличения числа функций.

Возвращаясь к матрице информационных потоков, можно сказать, что при помодульном введении ERP-системы объем бизнес-процессов остается постоянным. Таким образом, происходит структурное смещение бизнес-процессов, реализованных в старой и новой системах. Например, если на первом этапе переводят систему снабжения со старой на новую систему, то объем функций и бизнес-процессов остается одинаковым, изменяется только реализация - в новой или в старой системе.

При разовом или параллельном введении ERP-системы объем функций варьируется, так как при разовом переходе от старой к новой ERP-системе сначала необходимо обеспечить бесперебойную работу предприятия. На практике часто применяют способ отладки функционирования критических бизнес-процессов и последовательное расширение набора функций. Поэтому объем процессов растет от этапа к этапу внедрения.

Объектно-статистический анализ информационных потоков

*Информационный центр «ЭЛВИСТИ»,
Научно-исследовательский центр по вопросам правовой информатики
Академии правовых наук Украины*

Динамика и постоянно увеличивающиеся объемы разноплановых публикаций в Интернет обуславливают проблему получения данных для информационно-аналитических исследований, как оперативных, так и ретроспективных по различным тематическим направлениям [1]. Обычными, традиционными, методами поиска и экстрагирования информации, необходимой для последующей обработки, уже не обойтись. На помощь могут прийти лишь системы контент-мониторинга, охватывающие тысячи информационных ресурсов, и позволяющие выявлять тенденции, сюжеты, объекты и их связи [2]. Вместе с тем, анализ процессов, которые имеют довольно значительные временные рамки, все еще ждет своего инструментария. Если вопросы визуализации результатов поиска информационного отображения подобных процессов освещаются в большом количестве работ [3-6], то анализу и визуализации объектного распределения отобранных информационных массивов больших объемов до сих пор не уделялось существенного внимания.

Предметной областью исследования авторов в данной работе является анализ и визуализация объектного распределения отобранных информационных массивов на примере анализа динамики публикаций в Интернет-пространстве о деятельности системы избирательных комиссий в Украине по выборам Президента Украины и народных депутатов Украины за 2004-2006 годы. Эта динамика отражает реальный интерес общественности, через электронные средства информации, к избирательным процедурам, а также процессы, происходящие в ходе избирательных кампаний.

Система контент-мониторинга InfoStream на основании анализа около 3000 источников информации в сети Интернет позволила построить зависимость суточных объемов тематических публикаций за 3 года (1096 суток, общее количество – свыше 320 тысяч). Пики на графике (рис. 1), позволяют оценить интенсивность освещения в прессе как президентской избирательной кампании 2004 г., так выборов в Верховный Совет Украины в 2006 г.

Вместе с тем, для более детального анализа процессов, общепринятыми методиками является анализ Фурье и вэйвлет-анализ [7, 8]. Технология использования вэйвлетов (маленьких волн) позволяет выявлять одиночные и нерегулярные "всплески", резкие изменения значений количественных показателей в различные периоды времени, в частности, объемов тематических публикаций в Интернет. При этом могут выявляться моменты возникновения циклов, а также когда за периодами регулярной динамики следуют хаотические колебания. Метод вэйвлет-анализа используется также для декомпозиции, выделения сигнала из "шума", изучения динамики различных процессов, в том числе экономических и социальных. На рис. 2 приведена спектограмма - результат вэйвлет-анализа временного ряда, соответствующего изучаемому процессу.

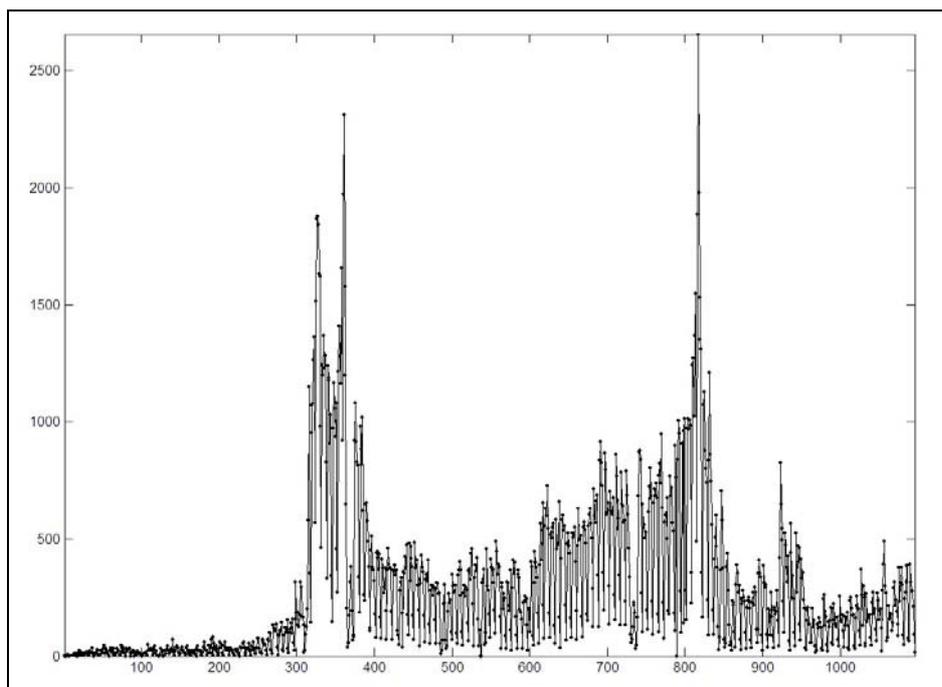


Рис.1. Количество тематических публикаций (ось Y) по дням (ось X)

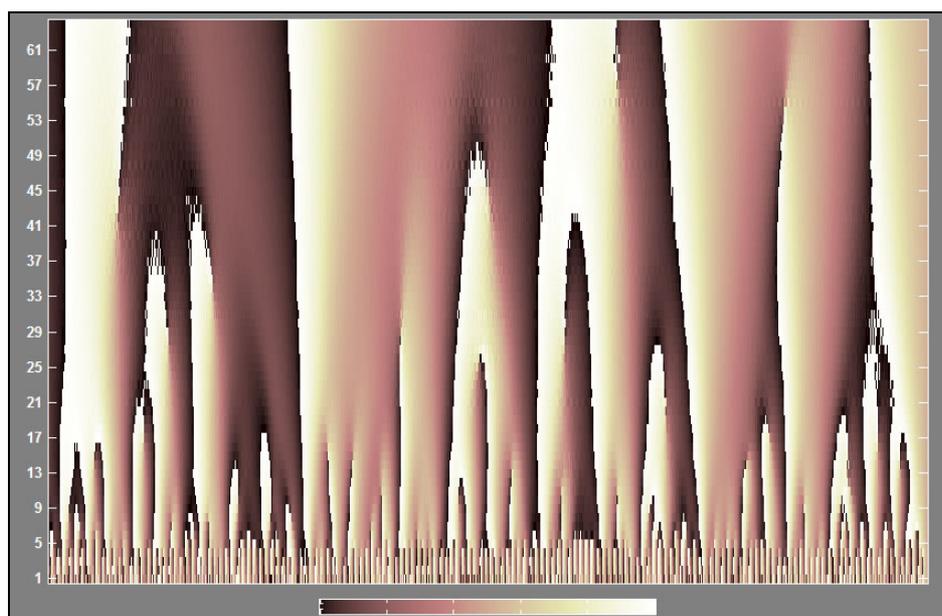


Рис. 2. Вэйвлет-спектограмма динамики тематического информационного потока (одномерное непрерывное вэйвлет преобразование, вэйвлет Гаусса), ось X – дни, ось Y – частоты

Прекрасно отражая спектральные характеристики сигналов, вэйвлет-анализ, однако, по своей природе, не может быть использован, когда информационный поток следует рассматривать с объектной точки зрения. В случае, рассматриваемом авторами, такими объектами выступали отдельные лица, определяемые в публикациях своими фамилиями, инициалами, должностями и т.п. В частности, с помощью средств экстрагирования информации

системы InfoStream из рассматриваемого потока было выявлено упоминание о более чем 40 тыс. лицах, в той или иной мере имеющих отношение к избирательному процессу. В экстрагированном виде каждая персона представлялась одним дескриптором. Для обеспечения учета и анализа распределения информационных потоков в разрезе интересующих персон был предложен оригинальный метод, так называемых вордлет-диаграмм. Эти диаграммы представляют собой форму визуального отображения информационного потока в разрезе объектов и дат, представляющая собой прямоугольную таблицу, ячейки которой заполнены значениями количества сообщений информационного потока за определенную дату, соответствующих определенному объекту. Столбцам этой таблицы соответствуют даты, а строкам – объекты, являющиеся своеобразными содержательными фильтрами исследуемого информационного потока. Объектам в рассматриваемом случае соответствуют определенные лица. Естественно, для визуального отображения из множества персон выбирается лишь несколько десятков интересующих исследователя.

Визуально вордлет-диаграмма представляет собой таблицу, ячейки которой закрашены оттенками серого цвета, в зависимости от значений объемов публикации по выбранному объекту в соответствующий день (большее значение соответствует более темному оттенку). Следует заметить, что многие строки вордлет-диаграммы обладают фрактальными свойствами, которые присущи им как количественным индикаторам тематических информационных потоков. В частности, для аналогичных временных рядов было экспериментально подтверждено наличие статистической корреляции на достаточно длительных интервалах [9-10].

Вордлет-диаграммы для относительно небольшого количества строк (несколько десятков) позволяют визуально выявлять группы наиболее связанных по датам и интенсивностям публикаций объектов. Для большего количества объектов в процессе построения Вордлет-диаграммы предлагается ее кластеризация путем перестановки строк (перегруппировки объектов) в соответствии с алгоритмом k-means [11]. При этом подразумевается, что например в случае разбиения на 2 кластера, основы кластеров i и j (центроиды), которые затем рекурсивно уточняются, выбираются для наибольших значений функции:

$$F_{ij} = \sum x_{ik} * \sum x_{jk} * R_{ij},$$

где x_{ik} – значения элементов таблицы, суммы берутся по всем датам k ; R_{ij} – «расстояние» между строками i и j , определяемое формулой:

$$R_{ij} = \sum |x_{ik} - x_{jk}|.$$

Следует отметить, что кроме названной выше тематической задачи, были получены вордлет-диаграммы, соответствующие большим информационным потокам различной тематической направленности. В качестве параметров запросов для отбора объектов выбирались такие параметры, как ключевые слова, фамилии, географические названия, названия организаций.

На рис. 3 приведена вордлет-диаграмма первого уровня (превью), позволяющая визуально выявлять аномальные корреляции. На этой диаграмме,

охватывающей информацию по 49 персонам, отчетливо видны циклы праздничных дней, а также корреляции отдельных объектов. С помощью приведенной на рис. 4 уточняющей вордлет-диаграммы можно точно указать выявленные корреляции, например, персон с номерами 10, 11 и 26, 27 за последние 20 дней.

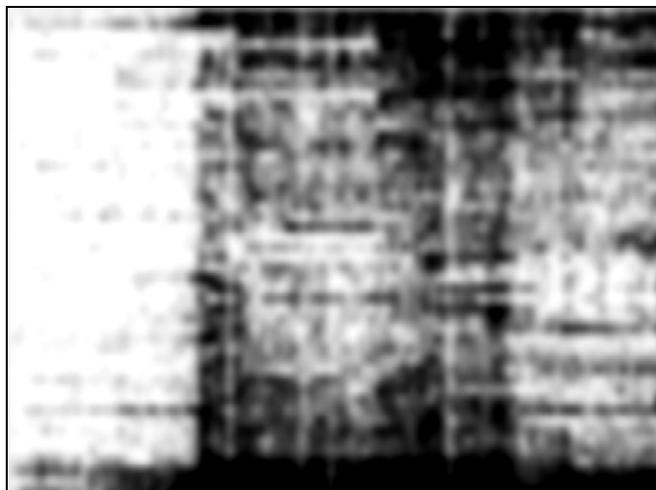


Рис. 3. Вордлет-диаграмма-превью (ось X – дни, ось Y – персоны)

В результате проведенных экспериментов, есть основания предположить, что использование таких средств визуализации, как вордлет-диаграммы, позволяет «разлагать» исходные временные ряды в соответствии с объектами, обнаруживать медиа-активность по выбранным объектам, выявлять взаимосвязи объектов в разрезе дат, определять детали медиа-активности каждого объекта или группы объектов. Вордлет-диаграммы позволяют более адекватно анализировать динамику публикаций в Интернет в разрезе интересующих объектов, предоставляя в наглядном виде важную информацию о динамике реальных процессов. Использование вордлет-диаграмм представляется важным дополнением к уже признанным методам исследований, таким как анализ Фурье, корреляционный и фрактальный анализ, а также вэйвлет-анализ.

Необходимо отметить, что представленный в подход к решению вопроса анализа и визуализации объектного распределения отобранных информационных массивов, несмотря на то, что он продемонстрирован на примере анализа динамики публикаций в Интернет-пространстве о деятельности системы избирательных комиссий в Украине по выборам Президента Украины и народных депутатов Украины, носит общий характер.

Данный подход применим для решения вопросов анализа и визуализации объектного распределения любых отобранных информационных массивов для процессов, которые интересуют исследователя и имеют довольно значительные временные рамки.

Кроме того, необходимо отметить, что представленный подход анализа информационных потоков носит объектно-статистический характер, который, в свою очередь, представляется как существенная составляющая методологической базы прогнозно-эмпирического анализа.

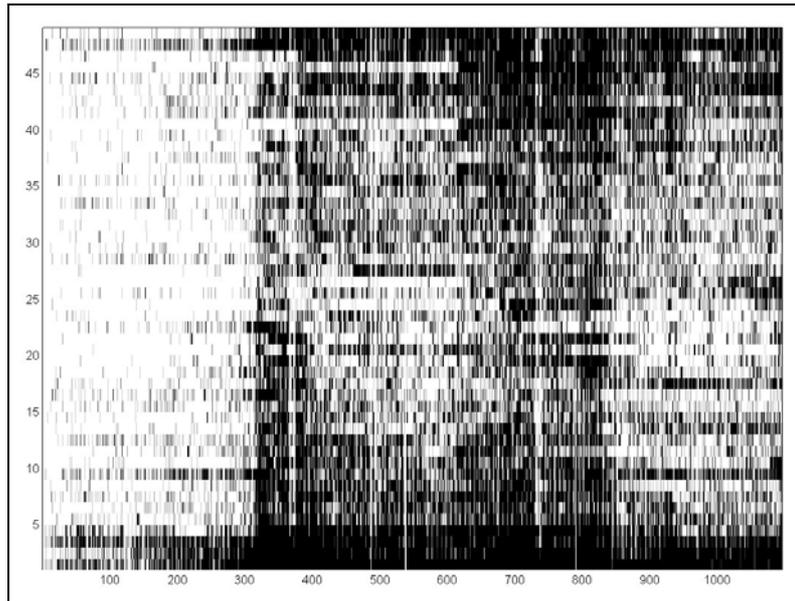


Рис. 4. Уточняющая вордлет-диаграмма (ось X – дни, ось Y – персоны)

Список литературы

1. Ландэ Д.В. Основы интеграции информационных потоков - К.: Инжиниринг, 2006. - 240 с.
2. Григорьев А.Н., Ландэ Д.В., Бороденков С.А., Мазуркевич Р.В., Пацьора В.Н. InfoStream. Мониторинг новостей из Интернет: технология, система, сервис: научно-методическое пособие. – К.: ООО «Старт-98», 2007. – 40 с.
3. M.M. Knepper, R. Killam, K.L. Fox O. Frieder. Information Retrieval and Visualization using SENTINEL / TREC 1998: 336-340
4. Григорьев А.Н., Ландэ Д.В. Адаптивный интерфейс уточнения запросов к системе контент-мониторинга InfoStream // Труды Международного семинара «Диалог'2005». – М.: Наука, 2005. – С. 109-111.
5. Григорьев А.Н. Многоуровневый классификатор-навигатор по откликам информационно-поисковой системы // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: труды международной конференции Диалог'2006 – Москва: Наука, 2006. - С. 329-331.
6. Z. Junliang, Javed M., Himansu T. Information Retrieval by Semantic Analysis and Visualization of the Concept Space of D-Lib® Magazine // D-Lib Magazine October 2002 Volume 8 Number 10.
7. Давыдов. А. А. Системная социология. –М: КомКнига, 2006. - 192 с.
8. Чуи К. Введение в вэйвлеты.М.: Мир, 2001.
9. Иванов С.А. Стохастические фракталы в Информатике // Научно-техническая информация. Сер. 2, 2002. - № 8. - С. 7-18.
10. Ландэ Д.В. Фрактальные свойства тематических информационных потоков из Интернет // Регистрация, хранение и обраб. данных. - К., 2006. - Т. 8, № 2. - С. 93 - 99.
11. J. B. MacQueen (1967): "Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability", Berkeley, University of California Press, 1:281-297.

Проблемные вопросы управления риском в проектном менеджменте

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

В мире уже давно признано, что управление проектами – особая область менеджмента, применение которой дает ощутимые результаты. Профессионалы в этой области высоко ценятся, а сама методология управления проектами стала фактическим стандартом [1]. Управление проектами дает ощутимые результаты во всех областях применения, чем и объясняется ее растущая популярность.

В Украине сейчас сфера управления проектами бурно развивается. Если еще 4 года назад этим направлением интересовались исключительно компании, связанные со строительством, то сейчас к управлению проектами все чаще стали обращаться банковские структуры. Они начинают оказывать новые услуги, и им важно уметь управлять ими. Телекоммуникационные компании также хотят эффективнее использовать имеющиеся у них ресурсы. У многих промышленных компаний помимо непосредственного выпуска продукции есть также проекты – модернизация производства, запуск новых линий, товаров или услуг. Развитие производства и строительство новых заводов – это тоже проекты [2].

Весьма существенной составляющей управления проектами является управление проектными рисками. До недавнего времени анализ рисков в управлении проектами ограничивался рассмотрением угроз нарушения сроков выполнения отдельных этапов проекта и соответствующего увеличения его стоимости. Более серьезные риски (природные и техногенные катастрофы) относили к форс-мажорным обстоятельствам и в связи с этим не анализировали, а в большинстве случаев даже не страховали [3]. Намечающееся расширение сферы применения проектного менеджмента на потенциально опасные объекты, а также наблюдаемое во всем мире резкое возрастание техногенной опасности промышленных объектов заставляют по-новому взглянуть на проблемы управления риском.

Согласно статистике риск крупных техногенных катастроф постоянно растет. Это неизбежное следствие научно-технического прогресса, интенсификации производства, роста численности и урбанизации населения. Можно ли оценить влияние внешних техногенных факторов на выполнение того или иного проекта, и как правильно управлять риском проекта с учетом этих факторов? В настоящее время решение этих вопросов осложняется рядом проблем.

Долгие годы в основе обеспечения промышленной безопасности предприятий лежала так называемая концепция «абсолютной безопасности», или «нулевого риска» – ALAPA (As Low As Practically Achievable). Эта концепция предусматривала такую организацию предприятия и производственного процесса, при которой возможность аварии должна была быть полностью исключена. Само понятие «риск» по отношению к техногенной аварии даже не применялось. Однако ряд крупных аварий в конце XX века, в том числе и Чернобыльская катастрофа, показали неправомочность такого подхода из-за невозможности достижения абсолютной безопасности. Следующей была концепция «приемлемого риска», в основе которой заложен принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Эта концепция предусматривает возможность аварии (риск) и, соответственно, меры по регулированию параметров ее возникновения и развития (управление риском). К

сожалению, это привело к множеству различных определений самого понятия «риск», многие из которых не согласуются и даже противоречат друг другу [4].

В настоящее время только в нормативно-правовых актах действующего законодательства Украины насчитывается более 50 трактований термина «риск» и связанных с ним понятий. В научно-технической литературе определений риска еще больше. Это затрудняет понимание документов и не позволяет сравнивать между собой различные виды рисков, т.е. не дает возможности управлять ими.

Впрочем, с развитием научного подхода к риску, особенно с использованием его в промышленности, экономике, торговле и банковском деле, смысл таких понятий начал постепенно детализироваться, и появилось стремление ввести меру для некоторых из них, то есть научиться измерять и сравнивать риски.

Применительно к техногенным авариям определились две основные трактовки понятия риска как количественной меры опасности: вероятностная и оценочная. В первом случае риск определяется как вероятность появления неблагоприятного события, во втором – как максимальный ущерб, который может быть нанесен событием. Кроме того, иногда под риском понимают математическое ожидание ущерба, возникающего при авариях, катастрофах и опасных природных явлениях. Последняя интерпретация находит все более широкое практическое применение. Однако определение уровня риска как вероятностной категории является более удобным и приемлемым при решении широкого круга задач научно-го и практического характера, в особенности касающихся общей оценки уровня безопасности, и поэтому используется в настоящее время наиболее часто.

Последствия использования только вероятностного подхода к анализу риска можно продемонстрировать на примере Чернобыльской катастрофы, учитывая при этом, что она по многим параметрам не является уникальной среди наиболее крупных промышленных аварий [5]. Атомная энергия – самый концентрированный на сегодня источник энергии, а вероятность тяжелой аварии на АЭС пока на много ниже общепромышленных показателей. Зато последствия серьезной аварии на АЭС могут быть достаточно тяжелыми.

В настоящее время в соответствии с нормами радиационной безопасности НРБ–99 и рекомендациями МАГАТЭ основным нормативным показателем, характеризующим безопасность АЭС, является расчетная вероятность аварии, которая не должна превышать $W = 1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ (в некоторых странах нормы еще жестче).

Доказательства безопасности энергоблока строятся на исследовании поведения модели энергоблока или его основных частей в различных «расчётных» авариях. Есть также расчётные модели особого рода, оперирующие не параметрами, а событиями, рассчитывающими не температуры и давления, а вероятности разных сложных событий. Соответственно исходными данными служат вероятности простых событий – отказов оборудования или вероятности ошибок персонала.

Специалисты по промышленной безопасности принимают вероятность появления аварий (катастроф) $W=1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ как тот уровень риска, к которому следует стремиться на промышленных предприятиях. Объясняется это тем, что вероятность аварий на конкретном промышленном объекте, равная $1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$, считается настолько малой, что ради выгоды, получаемой от эксплуатации этого объекта, общество готово пойти на такой риск [6]. Физический смысл величины $W=1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ представляет собой ожидаемое количество аварий в период наблюдения в T лет за N однотипными технологическими объектами, т.е. статистически допускается одна авария в год на одном из $N=1$ млн объектов или одна авария в столетие при $N=10$ тыс.

В настоящее время общемировой опыт эксплуатации АЭС по сообщению директора Института проблем безопасного использования ядерной энергии В.Г. Асмолова составляет около 5500 реакторолет. И за это время уже произошли две крупнейшие (по классификации МАГАТЭ) аварии с расплавлением активной зоны на АЭС «Три-Майл-Айленд» (США) в 1979 г. и на ЧАЭС в 1986 г. Кроме того, зафиксировано большое количество различных нарушений в работе АЭС. Так, только в 1994 году на 29 реакторах России произошло 140 нарушений в работе, из них 126 классифицированы Госатомнадзором России как происшествия. Большинство инцидентов не связано с работой персонала, а вызвано техническими недостатками атомных реакторов. Комиссия по ядерному регулированию США документально подтвердила 3540 проектных ошибок, о которых было сообщено в период с 1985 по 1994 гг., т.е. в США в течение десяти лет на АЭС практически каждый день обнаруживалась конструктивная ошибка [7].

Таким образом, имеющиеся вероятностные оценки рисков на АЭС являются неполными и весьма недостоверными, т.к. опираются на многочисленные нереалистичные предположения, а вычисления заведомо некорректны и противоречат фактическим данным, полученным в ходе эксплуатации АЭС. Ясно одно: вероятность аварии для каждого энергоблока заведомо выше, чем $1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹, а обязательное в соответствии с нормативными требованиями проведение количественно-вероятностных оценок безопасности ядерных объектов превратилось в формальную процедуру [8]. Впрочем, в других отраслях ситуация еще хуже. Статистический анализ данных об авариях, произошедших за 5 лет в различных отраслях промышленности России и Украины, показал, что частота аварий в этих странах составляет $\sim 10^{-3}$ год⁻¹, т.е. на три порядка больше нормируемой величины [6].

Кроме того, вероятностный анализ оценки безопасности (без исследования потенциальных последствий аварий) не является собственно оценкой риска, а лишь одной из его составляющих. По оценкам специалистов, ущерб от аварии на АЭС «Три-Майл-Айленд» составил \$1,86 млрд, а общий ущерб от аварии на ЧАЭС составил около 300 млрд рублей в ценах до 1990 г. (т.е. порядка \$500 млрд) [9]. Эта сумма сопоставима со всей прибылью от АЭС за все время их существования на тот момент и в три с лишним раза больше, чем суммарный экономический эффект, накопленный в результате работы всех советских АЭС, эксплуатировавшихся в 1954 - 1990 гг. [6]. Следствием этих аварий явилось резкое замедление темпов развития ядерной энергетики. В настоящее время некоторые страны уже объявили о желании полностью отказаться от ядерной энергетики, однако остальные, включая и Украину, продолжают развивать эту отрасль.

Таким образом, ни вероятностная, ни оценочная модели сами по себе не позволяют объективно и адекватно характеризовать риск.

Разработанные к настоящему времени концептуальные основы управления техногенной безопасностью предусматривают прежде всего комплексную оценку риска, систематизацию и классификацию рисков, а также разработку методов регулирования рисков.

На основании систематизации данных, посвященных проблеме риска, предложено классифицировать риски по следующим признакам:

- по источникам риска – *техногенные, природные, военные, социально-политические*;
- по виду источника риска по отношению к рассматриваемому объекту – *внешние, внутренние и риски, связанные с человеческим фактором*;

- по характеру наносимого ущерба – *экологические, социальные, экономические, индивидуальные, техногенные*;
- по величине ущерба – *допустимые, предельные, катастрофические*;
- по уровню опасности – *безопасные, приемлемые, неприемлемые*;
- по времени воздействия – *кратко-, средне- и долгосрочные*;
- по частоте воздействия – *постоянные, периодические, разовые*;
- по уровню воздействия – *локальные, глобальные*;
- по восприятию риска людьми – *добровольные, принудительные*.

Виды ущерба. По характеру воздействия негативных факторов на различных реципиентов различают социальный ущерб – воздействие на человека, экономический ущерб – потеря материальных ценностей и экологический ущерб – воздействие на окружающую среду. Оценка полного ущерба включает оценку прямого и косвенного ущербов. Так, прямой экологический ущерб – это загрязнение источников водоемов, загрязнение атмосферы воздуха. Косвенный экологический ущерб связан с необходимостью оценки отдаленных экологических последствий, таких как нарушение климатического баланса, ухудшение качественных характеристик природных ресурсов. Прямой социальный ущерб – людские потери (травмы, увечья, поражения и т.д.) в результате аварий на промышленных объектах. Косвенный социальный ущерб – сокращение средней ожидаемой продолжительности жизни, увеличение социальных выплат, льгот и др. [4].

Система управления риском в обществе должна основываться на четырех принципах.

1. Оправданность практической деятельности.

Никакая практическая деятельность, направленная на реализацию цели, не может быть оправдана, если выгода от нее для общества в целом не превышает вызываемого ею ущерба.

Деятельность, при которой тот или иной индивидуум подвергается чрезмерному риску, не может быть оправдана, даже если эта деятельность выгодна для общества в целом.

Члены общества, осознавая тот факт, что сама возможность жизни в развивающемся обществе является важным преимуществом, добровольно соглашались на наличие в их жизни определенного, не превышающего чрезмерного уровня, риска от той или иной деятельности, внедрение которой требуется для удовлетворения их материальных и духовных потребностей.

Должны быть предприняты все возможные меры для защиты каждой личности от чрезмерного риска.

Согласно сформулированным выше подпринципам любая практическая деятельность, подвергающая жизнь индивидуума чрезмерному риску, является недопустимой.

2. Продление среднестатистической ожидаемой продолжительности предстоящей жизни.

Тактическая цель управления риском – стремление к увеличению среднестатистической ожидаемой продолжительности предстоящей жизни в обществе, в течение которой личность может вести полноценную жизнь в состоянии физического, душевного и социального благополучия (оптимизация защиты).

3. Интегрированный подход в управлении риском.

Политика в области управления риском будет эффективной и последовательной только в том случае, если в управление риском включен весь совокупный спектр существующих в обществе опасностей и вся информация о принимаемых

решениях в этой области без каких-либо ограничений доступна самым широким слоям населения.

В современных условиях создания крупных регионов с высокой концентрацией промышленных объектов при оценке риска отдельного такого объекта необходимо учитывать риск от других промышленных предприятий, если они расположены рядом и могут представлять друг для друга дополнительный риск. Только на основе такого интегрированного подхода можно принимать решение о снижении риска на том или другом промышленном предприятии с целью обеспечения приемлемого уровня риска для населения.

4. Экологическая политика в управлении риском.

Так как целью безопасности является не только защита здоровья населения, но и защита окружающей среды, то в управление риском для населения включены и требования о защите окружающей среды. Среди этих требований в качестве императива выдвинуто требование к современному поколению о том, чтобы обеспечение безопасности человека, живущего сегодня, достигалось только с помощью таких решений, которые бы не подвергали риску способность окружающей среды обеспечить безопасность и потребности будущих поколений.

Подводя итоги, можно констатировать, что на сегодня в Украине не существует приемлемых для практического применения методик, которые позволили бы для конкретного предприятия оценить уровень его безопасности, обосновать с экономической точки зрения рекомендации, позволяющие осуществить переход от реального (чаще всего низкого) уровня безопасности к нормируемому [6]. Следовательно, для осуществления возможности реального управления риском необходимо развивать новые подходы к идентификации угроз, анализу, оценке и мониторингу рисков, а также и к другим составляющим методологии управления проектами.

Список литературы

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute Standards Committee, 2004. – 400 с.
2. Лучкин В. Управление проектами: обзор современной практики // Компьютерное обозрение. – 2006. – №43. – С.26-39.
3. Хохлов Н.В. Управление риском: Учеб. пособие. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 239 с.
4. Хурнова Л.М., Мамина Д.Х. Экологическое аудирование управления рисками: Учеб. пособие. – Пенза: ПГАСА, 2003. – 100 с.
5. Окунев А.В. Риски прогресса // Атомная стратегия. – 2006. – № 22. – С.45-50.
6. Ковалев А.П. О проблемах оценки безопасности технологических объектов топливно-энергетического комплекса Украины // Наук. праці ДонНТУ. – 2004. – № 79. – С.45-51.
7. Лохбаум Дэвид. Исследования рисков на атомных электростанциях: удручающее качество // Энергетика и Безопасность. – 2000. – № 15. – С. 23-28.
8. Шалимов В.Н. Нерешённые проблемы радиационной безопасности АЭС с реактором ВВЭР-1000 // Сборник докладов IV Междунар. радиэкологической конф.: "Утилизация плутония: проблемы и решения". – Россия: Красноярск, 2000. – С.356.
9. Феоктистов Л.П., Кузьмин И.И., Попов В.К. Энергетическое и технологическое завтра // Энергия. – 1996. – N 8. – С.35-42.

Способ построения базиса для решения краевых задач в обыкновенных производных вариационными методами

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Введение

На фоне большого многообразия силовых конструкций и их элементов количество полученных в замкнутом виде решений краевых задач, имеющиеся сегодня в арсенале инженера-расчетчика, очень мало. Достоинства этих решений бесспорны, но они не могут удовлетворить современные требования к точности расчетов конструкций и их элементов ввиду значительности погрешностей, которые вносятся гипотезами, позволяющими получить само точное решение. С другой стороны, даже несущественное усложнение задачи ведет к тому, что решение в замкнутом виде или слишком громоздко, или невозможно вовсе.

Для получения приближенных решений используются численные методы, среди которых самым распространенным на сегодня является метод конечного элемента (МКЭ). Широкое распространение МКЭ стало возможным благодаря его достоинствам: универсальность, алгоритмичность и, как следствие, наиболее развитое математическое обеспечение. Достоинства, как, впрочем, и недостатки, являются следствием использования в МКЭ как в вариационном методе Рэлея-Ритца дискретного (финитного) базиса. Финитные функции не являются в самом общем случае наилучшей аппроксимацией точного решения, они явно уступают по точности и сходимости хорошо подобранным аналитическим функциям. Сложность использования последних связана с тем, что вид и набор этих функций зависят от многих факторов: вида дифференциального оператора задачи, формы границы области, типа граничных условий и др.

Способы построения базисных систем основываются на ряде рассуждений, которые трудно свести к единому алгоритму. Ниже рассматривается универсальный способ, позволяющий построить базисную систему на основе последовательности функций, не удовлетворяющих некоторым граничным условиям. На примере показано, что предлагаемый способ построения базиса ведет к тому же результату, что и известные: умножение каждой функции базиса на некоторую специально подобранную функцию и метод множителей Лагранжа.

1. Постановка задачи

Пусть на интервале $-1 \leq x \leq 1$ краевая задача описывается дифференциальным оператором A порядка $2n$

$$Au = f \quad (1)$$

и набором краевых условий:

$$\begin{aligned} B_i^- u &= g_i^- \text{ при } x = -1; \\ B_i^+ u &= g_i^+ \text{ при } x = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь u – искомая функция, f и g_i^\mp – известные, B_i^\mp – дифференциальные операторы порядка не выше $2n-1$.

Пусть свойства дифференциальных операторов A , B_i^\mp и функций f , g_i^\mp такие, что краевая задача (1), (2) эквивалентна отысканию в энергетическом (оно гильбертово) пространстве H_A элемента, доставляющего стационарное значение функционалу [1,2] энергии

$$Fu \tag{3}$$

с дополнительными условиями (здесь порядок операторов B_i^\mp не превышает $n-1$):

$$\begin{aligned} B_i^- u &= 0 \text{ при } x = -1; \\ B_i^+ u &= 0 \text{ при } x = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \tag{4}$$

Тогда конечномерное подпространство, в котором ищется стационарная точка функционала (3), должны образовывать функции, удовлетворяющие трем требованиям [3] (базисные функции):

- а) функции должны принадлежать H_A ;
- б) функции должны быть линейно независимы;
- в) система, составленная из этих функций, должна быть полна в H_A .

Заметим, что первое требование кроме необходимой гладкости подразумевает удовлетворение каждой функцией в отдельности дополнительным условиям (4).

2. Построение базиса

Пусть имеется некоторая последовательность функций, удовлетворяющих всем требованиям, предъявляемым к базису, за исключением условий (4):

$$\varphi_0, \varphi_1, \dots \tag{5}$$

Более того, среди этих функций найдутся такие k функции, что выполнение для них условий (4) приведет к матрице ранга не ниже k , где $k \leq 2n$ – количество главных условий (4). Для сокращения записи примем в качестве этих функций первые $\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{(k-1)}$.

При определении приближенного решения задачи (1), (2) в виде

$$u_M = \sum_{m=0}^M a_m \varphi_m, \tag{6}$$

где a_m – неизвестные постоянные, потребуем выполнения условий (4). Это приведет к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$\begin{aligned} B_i^- \sum_{m=0}^M a_m \varphi_m \Big|_{x=-1} &= 0; \\ B_i^+ \sum_{m=0}^M a_m \varphi_m \Big|_{x=1} &= 0; \quad i \leq n. \end{aligned} \tag{7}$$

Выбрав в качестве неизвестных постоянные a_m при оговоренных выше функциях, получим связь k постоянных с остальными постоянными суммы (6). С учетом этой зависимости сумма (6) преобразуется в виду

$$u_M = \sum_{m=k}^M a_m \psi_m, \tag{8}$$

где ψ_m представляют собой линейную комбинацию функций φ_m :

$$\psi_m = \varphi_m + \sum_{j=0}^{k-1} b_j \varphi_j, \quad m = k, k+1, \dots, M, \quad (9)$$

здесь b_j – постоянные, определенные в результате решений системы (7).

С учетом свойств исходной системы функций (5) и проведенной процедуры система функций (9) удовлетворяет всем обязательным требованиям, предъявляемым к базису.

3. Пример

Рассмотрим краевую задачу (изгиб балки постоянного сечения распределенной по полуволне синусоиды нагрузки и изгибающим моментом при $x=1$):

$$u^{IV} = 2 \sin\left(\frac{\pi}{2}(x-1)\right); \quad (10)$$

$$u|_{x=-1} = 0; \quad u'|_{x=-1} = 0; \quad u|_{x=1} = 0; \quad u''|_{x=1} = -1.$$

Здесь штрих обозначает дифференцирование по x .

Точное решение этой задачи имеет вид

$$u(x) = \frac{(x^2 - 1)}{8\pi} \left((16 - \pi^3)x - 48 - \pi^3 \right) - \frac{32}{\pi^4} \cos \frac{\pi x}{2}. \quad (11)$$

Краевая задача (10) эквивалентна определению элемента, на котором достигает минимума функционал

$$\frac{1}{2} \int_{-1}^1 u''^2 dx - 2 \int_{-1}^1 \sin \frac{\pi(1-x)}{2} u dx + u'|_{x=1} \quad (12)$$

с дополнительными условиями

$$u(-1) = u'(-1) = u(1) = 0. \quad (13)$$

Пространство H_A состоит из функций, которые на отрезке $-1 \leq x \leq 1$:

- 1) абсолютно непрерывны;
- 2) имеют вторые производные, суммируемые с квадратом;
- 3) при $x = 1$ обращаются в нуль, а при $x = -1$ обращаются в нуль вместе с первыми производными.

Скалярное произведение и норма определяются формулами

$$(u, v)_A = \int_{-1}^1 u'' v'' dx, \quad \|u\|_A^2 = \int_{-1}^1 u''^2 dx. \quad (14)$$

Рассмотрим конечную последовательность функций $\varphi_k(x) \equiv x^k, k = 0, 1, \dots$. Эти функции удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к базису, за исключением требования а), т.е. $\varphi_k(x) \notin H_A$, причем они удовлетворяют требованиям гладкости (требования 1), 2)), но не выполняют условия (13) (требование 3)). Предполагая искать приближенное решение в виде (6), потребуем выполнения условий (13), ограничившись первыми семью функциями, что приводит к СЛАУ:

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^6 (-1)^i a_i = 0; \\ \sum_{i=1}^6 (-1)^i i a_i = 0; \\ \sum_{i=0}^6 a_i = 0. \end{cases} \quad (15)$$

Выберем в качестве неизвестных, например, a_0, a_2, a_5 . Решив относительно этих неизвестных систему трех линейных алгебраических уравнений (15) получим:

$$a_0 = 2a_1 + a_3 + a_4 + 2a_6; \quad a_2 = -2a_1 - a_3 - 2a_4 - 3a_6; \quad a_5 = -a_1 - a_3.$$

Эти зависимости приводят к новому базису:

$$\psi_1 = 2 + x - 2x^2 - x^5; \quad \psi_3 = 1 - x^2 + x^3 - x^5; \quad \psi_4 = 1 - 2x^2 + x^4; \quad \psi_6 = 2 - 3x^2 + x^6. \quad (16)$$

Нетрудно убедиться, что каждая из функций (16) теперь удовлетворяет условиям (13), т.е. $\psi_k(x) \in H_A$.

Процедура минимизации функционала (12) в пространстве, натянутом на линейную оболочку $u_6 = a_1\psi_1 + a_3\psi_3 + a_4\psi_4 + a_6\psi_6$, приводит к решению

$$a_1 = a_3 = \frac{\pi^3 - 16}{8\pi^3}; \quad a_4 = \frac{35}{\pi^7}(228\pi^2 - \pi^4 - 2160); \quad a_6 = \frac{21}{\pi^7}(\pi^4 - 180\pi^2 + 1680).$$

Окончательно приближенное решение имеет вид

$$u_6(x) = 10^{-2}(0,6121x^6 - 8,273x^4 - 6,050x^3 + 8,661x^2 + 6,050x - 0,9994). \quad (17)$$

Другой общепринятый прием снятия ограничений – это умножение каждой функции в (6) на некоторую положительную функцию. Она должна быть подобрана таким образом, чтобы выполнялись условия (13). Нетрудно убедиться, что в качестве такой может служить $\omega(x) = (1+x)^2(1-x)$. Минимизация

функционала (12) на функции $u_4(x) = \omega \sum_{m=0}^4 a_m x^m$ приводит к значению коэффициентов

$$a_0 = \frac{\pi^7 + 40\pi^4 + 3360\pi^2 - 40320}{8\pi^7}; \quad a_1 = \frac{7(720 + 60\pi^2 - \pi^4)}{\pi^7}; \quad a_2 = a_3 = \frac{21(1680 - 180\pi^2 + \pi^4)}{\pi^7}.$$

Приближенное решение в точности совпадает с решением (17).

Дополнительные ограничения (13) можно снять с помощью универсального метода множителей Лагранжа. В этом случае расширенный функционал принимает вид

$$\frac{1}{2} \int_{-1}^1 u''^2 dx - 2 \int_{-1}^1 \sin \frac{\pi(1-x)}{2} u dx + u'|_{x=1} + \lambda_1 u|_{x=-1} + \lambda_2 u'|_{x=-1} + \lambda_3 u|_{x=1},$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – множители Лагранжа.

Условие стационарности этого функционала на функции $u_6(x) = \sum_{m=0}^6 a_m x^m$ уже без всяких дополнительных требований, приводит к точному значению коэффициентов a_i :

$$a_0 = \frac{(\pi^7 + 40\pi^4 + 3360\pi^2 - 40320)}{8\pi^7}; \quad a_1 = a_3 = \frac{\pi^3 - 16}{8\pi^3}; a_5 = 0;$$

$$a_2 = \frac{(\pi^7 - 72\pi^4 + 36960\pi^2 - 362880)}{8\pi^7}; \quad a_4 = \frac{35}{\pi^7}(228\pi^2 - \pi^4 - 2160);$$

$$a_6 = \frac{21}{\pi^7}(\pi^4 - 180\pi^2 + 1680)$$

и приближенному решению (17).

Представляется интересным оценить точность полученного приближения. В данном случае известно точное решение, поэтому близость к нему приближенного решения можно оценить, составив энергетическую разность (14)

$$\|u - u_6\|_A^2 = 8,70 \cdot 10^{-8}, \text{ что составляет } \frac{\|u - u_6\|_A}{\|u\|_A} 100\% = \frac{2,950 \cdot 10^{-4}}{0,4915} 100\% = 0,060\%.$$

Из формулы (14) и неравенства Буняковского следует равномерная оценка погрешности [3]:

$$|u - u_6| \leq \|u - u_6\|_A; \quad |u - u_6| \leq 0,2950 \cdot 10^{-4}.$$

На самом деле погрешность значительно меньше. Точное значение функции (11), ее первой, второй и третьей производных совпадают с соответствующими приближенными значениями (17) с точностью до толщины линии в выбранном масштабе (рис.1).

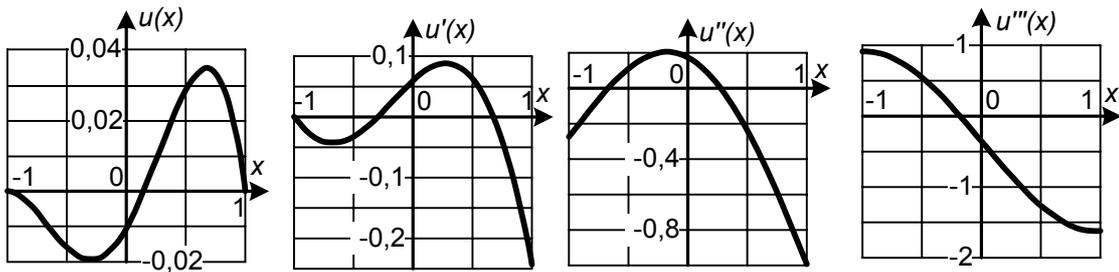


Рис.1. Значение функции, ее первой, второй и третьей производных

Погрешность приближенного решения

Метрика	Расстояние	Погрешность, %	Точка области
$\rho_{C^0}(u - u_6)$	$8,470 \cdot 10^{-6}$	0,024	0,0
$\rho_{C^1}(u - u_6)$	$5,195 \cdot 10^{-5}$	0,021	$\pm 0,23$
$\rho_{C^2}(u - u_6)$	$1,064 \cdot 10^{-3}$	0,11	± 1
$\rho_{C^3}(u - u_6)$	0,02215	1,35	± 1
$\rho_{C^4}(u - u_6)$	0,2179	10,9	± 1

В таблице приведены расстояния между функциями, определенные по формуле

$$\rho_{C^j}(u, v) = \max_{-1 \leq x \leq 1} \left| \frac{\partial^j u}{\partial x^j} - \frac{\partial^j v}{\partial x^j} \right|;$$

абсолютное значение этого расстояния; погрешность по отношению к максимальному значению функции на рассматриваемом интервале и точка интервала, в которой реализуется максимальное различие значений функций.

Различие точного значения четвертой производной (правой части

уравнения краевой задачи (10)) и четвертой производной приближенного решения (17) (невязка) существенна на границах (рис.2, таблица).

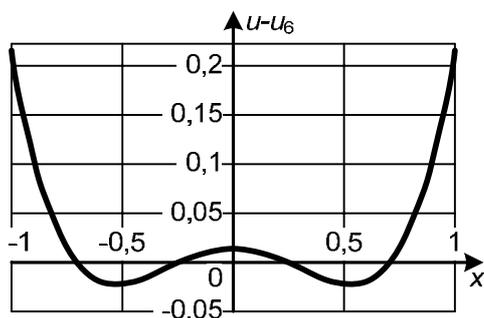


Рис.2. Невязка приближенного решения

Заключение

1. Предложен способ построения базиса на основе некоторой последовательности функций, которые не удовлетворяют главным граничным условиям краевой задачи.

2. На иллюстративном примере краевой задачи, имеющей точное решение, показано, что предлагаемый способ ведет к тому же результату,

что и известные: способ умножения каждой базисной функции на специально подобранную и метод множителей Лагранжа. В данном примере при удержании первых семи степенных функций достигнута достаточно высокая точность. Порядок разрешающих матриц в первых двух подходах составил 4, при использовании метода множителей Лагранжа – 10. Это говорит о хорошем приближении при использовании аналитического базиса.

3. При построении базиса предложенным способом имеется некоторый произвол при выборе функций и коэффициентов, с помощью которых выполняется удовлетворение краевым условиям. Этот произвол можно использовать на повышение качества базиса (ортогональность, почти ортогональность, сильная минимальность). Решение приведенного примера выполнялось без округлений, поэтому проблема численной устойчивости здесь была снята. Для практического использования численных методов на базис накладывается ряд дополнительных требований, без выполнения которых получение численного результата невозможно.

4. Выкладки приведены для одномерных областей. Распространение предложенного подхода на области большей размерности, по крайней мере, на области, топологически эквивалентные прямоугольнику, не представляет принципиальных трудностей.

В заключение автор считает своим долгом поблагодарить Халилова С.А. за ценные замечания и помощь в подготовке статьи.

Список литературы

1. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике.– М.: Гостехиздат, 1957.– 478 с.
2. Ректорис К. Вариационные методы в математической теории упругости М.: "Наука". – 1983. – 458 с.
3. Михлин С.Г. Численная реализация вариационных методов.– М.: Наука, – 1966.– 432 с.

Модель информационной системы управления проектами строительной корпорации на основе Microsoft Enterprise Project Management Solution 2003

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Предпосылки для внедрения корпоративной информационной системы управления проектами.

Глобализация и международная интеграция, ежедневно растущая конкуренция, усиленная перспективой вхождения Украины в ВТО, и появление на строительном рынке Украины иностранных инвесторов существенно повысил требования к оперативности реагирования на динамику потребностей рынка, уровню менеджмента и качеству выполняемых работ. При выполнении сложных инвестиционных и строительных проектов, когда перед компаниями стоит задача достижения намеченных стратегических целей в сжатые сроки с минимальными затратами, невозможно рассматривать методологию управления проектами в отрыве от современных информационных технологий. Кроме того, для руководства компании принципиально важно, чтобы проекты выполнялись в рамках единой методологии, соответствующей международным стандартам, и проходили определенные формальные этапы и стадии. В таких организационных структурах, как корпорация, наряду с созданием единой методологии управления проектами, формализацией и реинжинирингом бизнес-процессов [1] появилась необходимость создания информационной системы управления проектами (ИСУП), обеспечивающей управление корпоративным портфелем проектов со сквозным контролем всех входящих в него проектов, работ, а также трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

Корпоративное управление проектами представляет собой методологию организации, планирования, руководства, координации и контроля людских и материальных ресурсов всей совокупности проектов корпорации, направленную на эффективное достижение целей проектов путем применения системы современных методов, техники и технологий управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени и качеству [2].

Наибольший эффект ИСУП приносит в случае, когда она применяется в масштабах всей корпорации (характеризующаяся сложной, иерархической структурой управления [3, 4]) и входящих в ее состав компаний, где с помощью такой системы производится общее планирование и контроль за большим числом проектов и дополнительными аспектами деятельности. ИСУП позволяет моделировать сценарии «Что – Если...», определять оптимальное соотношение продолжительности проекта, объема бюджета и загрузки ресурсов, а также снять значительное число негативных моментов, связанных, прежде всего, с неэффективностью планирования, перерасходом бюджетных средств, затягиванием сроков, неоптимальным распределением ресурсов, сложностью контроля за множеством процессов и большими объемами ежедневной рутинной работы.

Реальную эффективность, приносимую внедрением ИСУП, измерить достаточно сложно [5]. Большая ее часть будет заключаться в экономии ресурсов

при достижении управленческих целей. Выполнение заранее установленных сроков является важным как с финансовой точки зрения (удается обойтись без дополнительных работ и лишних расходов), так и с маркетинговой (поддерживается положительный имидж корпорации на рынке). Сокращаются объемы рутинных работ, связанных с контролем субподрядных организаций. Оперативный доступ к важнейшей информации по проекту (сроки, объемы, затраты) позволяет быстро реагировать на возникающие ситуации и принимать адекватные решения, используя достоверные данные. Руководитель портфеля проектов в каждый момент времени может выяснить, на каком этапе находятся проекты, кто и насколько эффективно в них трудится.

Использование ИСУП, прежде всего, отражается на формализации процессов коммуникаций трудовых ресурсов, вследствие чего процесс реализации становится наиболее прозрачным для учредителей, совета директоров, руководителя портфеля проектов, руководителей проектов, что уже можно рассматривать как серьезную причину для ее внедрения. ИСУП дает возможность синхронизировать, контролировать и управлять взаимодействием сотрудников внутри компании, автоматизировать документооборот, контролировать версию документов, а также связи с внешними участниками проектного процесса. Актуальная информация достигает адресата своевременно, а не после того, когда он уже принял решение на основе "устаревших" данных.

ИСУП, при использовании в масштабе корпорации, существенно снижает нагрузку на весь управленческий персонал. Возникающие в ходе работ изменения фиксируются в едином хранилище данных и, при необходимости, учитываются в виде дополнительных соглашений. Такая возможность ИСУП, как планирование работ и прогноз различных ситуаций развития проекта, позволяет проводить анализ затрат, способов распределения финансов по различным проектам, определять наиболее оптимальные пути реализации намеченных работ.

Таким образом, необходимость внедрения ИСУП в такой сложный объект как корпорация, на сегодня является принципиальной задачей на пути к международным стандартам управления. Данная задача является очень емкой и дорогостоящей, и ее успех во многом будет зависеть от правильности определения бизнес-процессов и их формализации, стратегических задач, стоящих перед корпорацией, системной модели коммуникации участников проектного процесса.

Целью данной статьи является построение модели ИСУП строительной корпорации (СК), отвечающей международным стандартам управления и обеспечивающей максимально прозрачную коммуникацию всех участников проектного процесса при реализации проектов на всех стадиях жизненного цикла.

Портфель проектов СК характеризуется следующими свойствами:

- большое количество динамически изменяющихся проектов;
- жесткие временные и бюджетные ограничения;
- значительные объемы организационных, проектных, инжиниринговых и производственных работ;
- применение сложных технологий;
- использование уникального оборудования и специалистов;
- распределенный характер управления и принятия решений;
- необходимость привлечения к реализации проектов большого числа функциональных подразделений и внешних подрядчиков.

Пользователями ИСУП СК будут следующие элементы организационной структуры:

- совет директоров;
- директора предприятий, входящих в состав корпорации;
- руководитель портфеля проектов;
- руководители проектов
- команда проекта;
- генеральный проектировщик;
- генеральный подрядчик;
- планово-экономический департамент;
- коммерческий департамент;
- департамент материально-технического обеспечения;
- функциональные подразделения, задействованные в проектном процессе⁴
- исполнители работ и др.

После детального анализа существующих на сегодня решений по автоматизированному управлению проектами [6 – 10] и обзоров консалтинговых компаний [11] в качестве ИСУП СК было выбрано решение корпорации Microsoft™ – Microsoft Enterprise Project Management Solution 2003 (MS EPM 2003) [12,13]. Данное решение было выбрано по ряду причин, а именно:

– **управленческие:**

- возможность корпоративного управления портфелем проектов;
- возможность интеграции корпоративных стандартов по управлению проектами в виде шаблонов проектов, готовых блоков, автоматических правил обновления проектов, анализа бюджета;
- возможность предпроектного анализа проекта с целью определения необходимости включения его в состав портфеля проектов;
- создание прозрачной системы коммуникаций, документооборота, совместной работы;
- возможность динамической системы оповещений и напоминаний;
- широкие возможности для самостоятельной реализации отдельных функциональных модулей, настройки представлений в зависимости от прав доступа к информации, создания сложной системы индикаторов, сигнализирующих о проблемах и отклонениях по срокам, бюджету и др.

– **технические:**

- самый популярный продукт в мире для автоматизации процесса управления проектами;
- хорошая служба технической поддержки;
- большое количество справочной литературы;
- продуманное гибкое решение клиент-серверной технологии;
- относительная быстрота настройки серверной части;
- знакомый дружественный интерфейс и, как следствие, простота обучения участников проектного процесса работе с системой и др.

В основе данного решения – сервер Microsoft Office Project Server 2003, являющийся центром хранения и обработки проектной информации. Для развертывания ИСУП были применены такие продукты и технологии MS EPM:

- Microsoft Windows Server 2003 – в качестве серверной платформы системы;
- Microsoft Internet Information Services 6.0 – в качестве web-сервера;

- Microsoft SQL Server 2000 – в качестве СУБД;
- Microsoft Analysis Server – в качестве аналитического OLAP-сервера;
- Microsoft Office Project Server 2003 – в качестве серверного ядра системы управления проектами;
- Microsoft Office Project Professional 2003 – в качестве клиентских рабочих мест руководителя портфеля проектов и руководителей проектов;
- Microsoft Office Project Web Access – web-интерфейс, – для просмотра сведений по проектам, сохраненным в базе данных Project Server;
- Microsoft Office 2003 – для работы с документами и в качестве службы оповещения (Microsoft Outlook 2003).

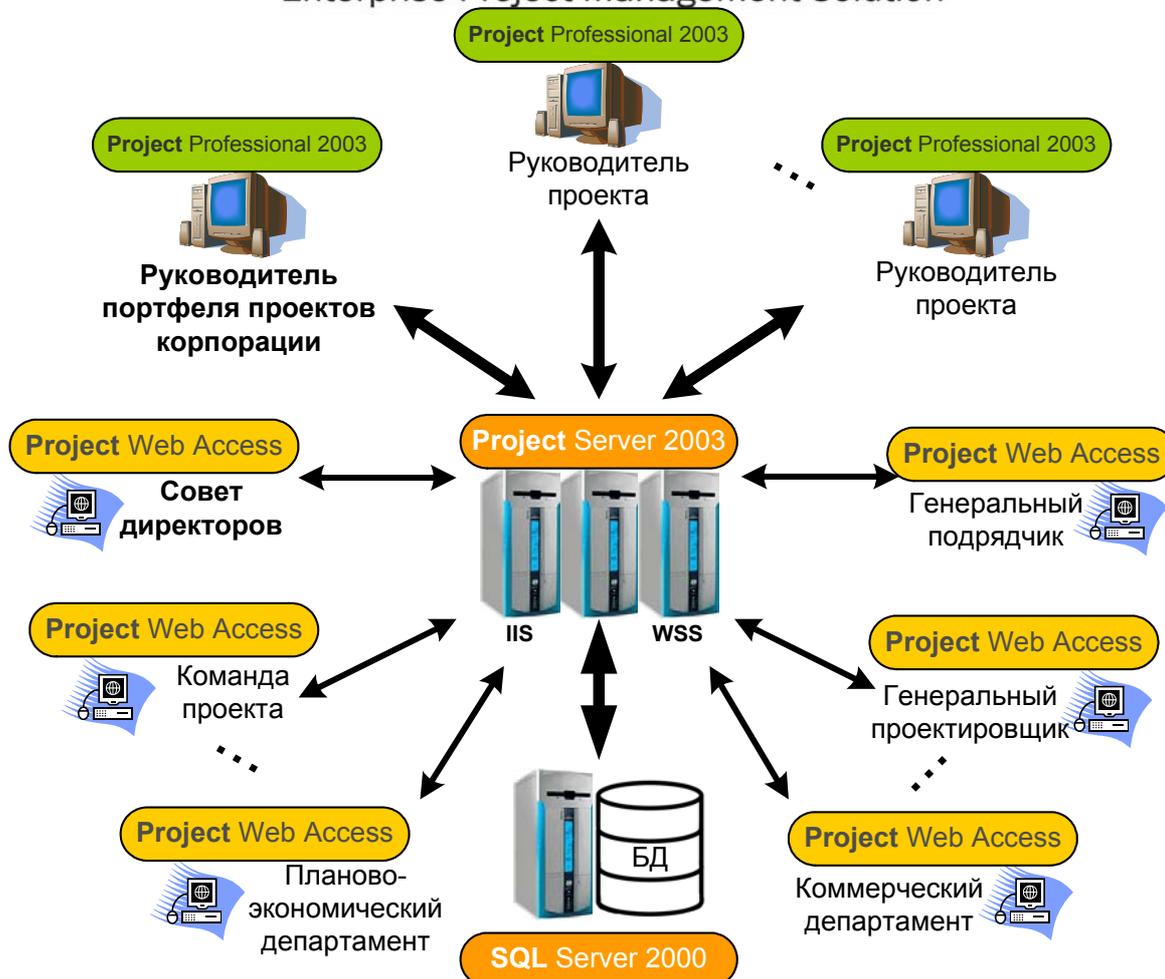
До момента внедрения ИСУП на основе MS EPM 2003 в корпорации необходимо провести формализацию существующих бизнес-процессов, которая позволяет построить системную модель корпорации как системы управления проектами. Данной системной моделью определяются цели, функции, элементы организационно-технической структуры, коммуникационное взаимодействие (подготовка и принятие решений, информационные формы и правила их заполнения, контракты, процедуры взаимодействия и отчетности и т.д.) и алгоритм функционирования системы управления. В результате анализа системной модели удается следующее:

- выявить проблемные области управления проектами корпорации;
- разработать единую нормативную документацию по выполнению и документированию проекта на всех этапах жизненного цикла, включающую в себя методики основных управленческих процедур выполнения проектов;
- определить функциональные и должностные обязанности участников проектного процесса и уровни их ответственности;
- создать сквозную систему контроля и управления проектами, позволяющую на разных уровнях производить детальный и обобщенный многовариантный анализ портфеля проектов корпорации;
- определить для системы безопасности Microsoft Project Server роли участников проектов.

В дальнейшем на основе эталонной системной модели разрабатываются корпоративные стандарты, проводится реинжиниринг бизнес-процессов, что дает возможность построить структурную модель коммуникации основных участников проектного процесса. Данная модель и ложится в основу модели ИСУП, представленной на рисунке.

Основными функциями ИСУП СК являются:

1. Разработка календарных планов инвестиционных и строительных проектов:
 - планирование сроков выполнения работ;
 - планирование потребности работ в различных видах ресурсов;
 - планирование платежей и поставок;
 - расчет стоимостей работ, базового бюджета.
2. Планирование и распределение ресурсов:
 - подбор персонала в соответствии с навыками и умениями;
 - отслеживание и устранение перегрузки ресурсов;
 - согласование использования ресурсов между руководителями проектов.



Модель ИСУП СК на основе MS EPM 2003

3. Формирование портфеля проектов:
 - агрегирование проектной информации;
 - анализ затрат и использования ресурсов по всему портфелю проектов, в том числе с использованием графических отчетов.
4. Коммуникации участников проектов, электронный документооборот.

Система обеспечивает исполнителей возможностями получения информации по персональным назначениям, позволяет использовать web-интерфейс для совместной работы. Система обеспечивает средства хранения и управления любой документацией, связанной с проектом всем участникам проекта.
5. Управление рисками.
6. Контроль выполнения работ и учет их основных фактических характеристик.

Система обеспечивает средства учета выполненных объемов, произведенных затрат ресурсов и финансовых средств, использование трудовых ресурсов и оборудования, контроль исполнения бюджета проекта, ведение агрегированной отчетности о планируемых и фактических показателях

поступлений и выбытий финансовых ресурсов на осуществление деятельности в рамках проекта, а также актуальной информацией для всех уровней управления о выполненных, текущих и перспективных объемах работ на требуемом уровне.

7. Подготовка, анализ и архивирование итоговых отчетов по проекту:

- сбор и верификация окончательных данных;
- анализ и выводы о степени достижения результатов проекта и эффективности выполненных работ;
- архивирование результатов с целью дальнейшего использования.

8. Оценка работы исполнителей.

Система обеспечивает средства учета оценок выполненных работ и расчет агрегированной оценки работы исполнителей на всех проектах.

9. Коммуникация с функциональными подразделениями.

Система обеспечивает средства предоставления проектной информации для функциональных подразделений, а именно:

- календарной информацией о всех платежах по проектам;
- календарной информацией о всех поставках по проектам.

MS ERM 2003 зарекомендовал себя в качестве устойчивой платформы для организации ИСУП. Все серверные продукты удается быстро развернуть и интегрировать. Все участники проектного процесса получают в свое распоряжение доступ с дружественным интерфейсом к корпоративным данным проектов, а руководство – прозрачную систему мониторинга хода реализации корпоративной стратегии.

Список литературы

1. Реинжиниринг бизнес-процессов. Полный курс MBA / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – М.: Эксмо, 2007. – 592 с.

2. Ковалев Д.В., Чудная Ю.В., Малхасьян Ж.А. Будущее за интегрированными CRM/СУП решениями. – <http://www.pmssoft.ru>.

3. Илюшко В.М., Некрасов И.Б. Мультипроект, как субъект управления корпорации // Радиоэлектронные компьютерные системы. – 2005. – Вып. 4(12). – С. 133 – 136.

4. Некрасов И.Б., Котов А.С., Урусский О.С. Проблеми побудови та управління корпораціями // Вісник Харк. держ. техн. ун-ту сільськ. госп-ва. – Х.: ХДТУСГ. – 2006. – Т. 2. – Вип. 43. – С. 98 – 102.

5. Некрасов И.Б. Метод оценки эффективности внедрения ERP-систем в проектно-ориентированных корпорациях // Радиоэлектронные компьютерные системы. – 2007. – Вып. 1(20). – С. 57 – 62.

6. <http://www.pmssoft.ru/doc/programms/p4.asp>

7. <http://www.pmpofy.ru/files/1143/lebedev.pdf>.

8. <http://www.projectmanagement.ru/pages.asp?pagesid=143>

9. <http://office.microsoft.com/ru-ru/products/default.aspx>

10. <http://www.welcom.com/products/mainproducts.asp?Page=Main>

11. http://www.gartner.com/it/products/research/asset_129164_2395.jsp

12. Мармел Э. Microsoft Office Project 2003. Библия пользователя. Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 784 с.

13. Гулятьев А.К. Microsoft Office. Project Server 2003. Project Professional 2003. Управление корпоративными проектами: Самоучитель. – СПб: КОРОНА принт: Бином пресс, 2005. – 256 с.

Умение продлить жизнь – в умении
не сокращать ее.

Сенека Луций Анней
(4 г. до н.э. – 65 г.н.э.)

Если какой человек видит доброе во
всяком труде своем, то это – дар Божий.

Книга Экклесиаста

Конкурентоспособная экономика как база ноосферного развития общества

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Техникум гидромелиорации и механизации сельского хозяйства Таврической
Государственной агротехнической академии*

В результате ухудшения состояния окружающей среды общий уровень здоровья населения Украины постоянно снижается: увеличивается количество сердечно-сосудистых заболеваний, бронхиальной астмы, диабета, аллергических заболеваний, заболеваний органов пищеварения, раковых заболеваний.

Нарушается течение генетических процессов, в результате чего в несколько раз увеличилось рождение детей с наследственными заболеваниями. Смертность превышает рождаемость. За последние десять лет продолжительность жизни мужчин уменьшилась с 64 до 57 лет, а женщин – с 74 до 70 лет. Статистика свидетельствует, что уровень смертности от травматизма, аварий и катастроф в Украине намного превышает аналогичные показатели развитых стран [2].

Многочисленные науки, которые пытаются познать сущность человека, описывают совершенно разные стороны его взаимодействия с окружающим миром.

Философию интересуется человек познающий. Экономическая теория допускает, что человек способен сделать рациональный выбор, адекватно воспринимая реальную обстановку, а психология утверждает, что человеческое поведение характеризуется предметно-рефлексивными отношениями, и зачастую - иррационально и непредсказуемо, что приводит к неоправданному росту цен, инфляции, панике на финансовых рынках. Историков такие детали не интересуют, для них главное, как меняется человек под влиянием культурно-исторических факторов. Для социологии человек – это личность, и важно, как она формируется под влиянием социальных факторов и какова роль личности для общества. Медицину интересуется, как все вышеперечисленное, с учетом влияния окружающей среды, тоже зависящей от исторических, социальных и экономических процессов, влияет на биологические характеристики человека. Изучая закономерности протекания жизненных процессов, науки идентифицируют элементы этих процессов, прослеживают их влияние и вырабатывают рекомендации для обеспечения условий долговременного комфортного существования человека.

Данная статья посвящена анализу многочисленных публикаций по проблематике техногенеза [3, 4, 5, 6] - целенаправленной деятельности человека в биосфере и околоземном пространстве. В техногенез в настоящее время вовлечены все химические элементы, и его активное значение превышает активность любого другого геохимического процесса и характеризует современный период эволюции жизни на Земле. В статье рассмотрены рекомендации по наиболее рациональному преобразованию техносферы как части биосферы, преобразованной людьми для ее соответствия социально-экономическим потребностям человека в ноосферу – новый современный этап эволюции органического мира. Основным понятием, идентифицирующим как техносферу, так и ноосферу, является деятельность человека, а причиной деятельности - его потребности. Множество элементов, определяющих потребности, определяет еще большее множество различных элементов деятельности, удовлетворяющих эти потребности в материальной среде и в социуме, в конечном итоге - за счет природной среды.

Кроме потребностей человеку присущи еще и амбиции, честолюбие, тщеславие, самомнение. В религиозной культуре такое обостренное самолюбие именуется гордыней и является одним из самых тяжких грехов.

Именно неразрешимое противоречие между неограниченными амбициями человека и ограниченными ресурсами, которыми может располагать человечество, составляет причину всех конфликтов и порождает конкурентную борьбу. В этой связи конфликт является нормой сосуществования людей в социуме, а виды конфликтов - экономические, политические, социальные, экологические, моральные, религиозные, идеологические и другие - служат производными различных видов человеческой деятельности, обобщающими показателями которой являются наличие ресурсов и их потребление, потому что в рыночной экономике, о чем бы ни говорили, речь всегда идет о деньгах. Но если перечислить только явно различимые элементы множества потребностей и видов деятельности для их удовлетворения, то количество потенциальных конфликтов будет представлять собой очень большую величину.

Принято с большим упрощением различать следующие типы деятельности:

1. Хозяйственная деятельность в промышленности, сельском и домашнем хозяйствах.
2. Социальная деятельность – государственная служба, армия, милиция, медицина, образование.
3. Научно-исследовательская деятельность.
4. Мировоззренческая деятельность, ценностно-познавательная, мораль, идеология.
5. Коммуникативная деятельность в рамках общественных и межличностных отношений между людьми в разного уровня коллективах - коммуникация, интеракция, перцепция.
6. Художественно-креативная - музыка, изобразительное искусство, литература, драматургия, поэзия.
7. Потребление – рынки, посредничество, магазины, биржи, маркетинг.

Если предположить, что в каждом из этих семи типов деятельности можно выделить для ровного счета не менее десяти различных видов деятельности, то, привлекая математический аппарат теории множеств, можно подсчитать число потенциальных конфликтов на почве деятельности человека.

По определению множество образуется из элементов, обладающих некоторыми свойствами и находящихся в некоторых отношениях между собой или с элементами других множеств, то есть множество типов деятельности A будет находиться в некоторых отношениях с элементами окружающей среды. Обозначим различимые элементы типов деятельности как $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$. Тогда

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\} \quad (1)$$

Принадлежность элементов к множеству (отношение принадлежности) запишем как

$$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7 \in A \quad (2)$$

Но эти элементы множества A сами являются некоторыми множествами, так как каждый из выделенных типов содержит, как мы предположили, 10 видов деятельности.

Множество, элементы которого - все подмножества множества A , будет являться множеством множеств или множеством-степенью A . Такое множество принято обозначать через $\Omega(A)$.

Считая все виды деятельности элементами конечного множества A , состоящего из $n = 7 \cdot 10 = 70$, можно утверждать, что множество подмножеств $\Omega(A)$ содержит $2^n = 2^{70} \approx 10^{22}$ элементов. Это число отражает образы или характеристики возможных сочетаний типов и видов деятельности и потенциальных конфликтов как последствий.

Ясно, что при сохранении существующих ценностных ориентаций и установок человечества, в соответствии с которыми природа рассматривается как средство достижения экономических целей, нельзя не только избежать деградации окружающей природной среды, но идентифицировать, количественно оценить и проследить возможные потенциальные риски.

Сегодня уже всерьез приходится говорить о выживании, так как от качества окружающей среды зависят трудоспособность, физическое и духовное здоровье, долголетие и материальное состояние людей. Причем здоровье – это именно состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней. Выход предложил выдающийся украинский ученый В.И. Вернадский, предсказав неизбежность перехода планеты Земля из техносферы, антропогенно измененной, трансформированной деятельностью человека природы в новую эпоху, а именно в ноосферу.

Ноосферное развитие базируется на понимании того факта, что человек является частью природы и должен подчиняться ее законам. Концепция ноосферного развития требует смены мировоззренческих и идеологических принципов, замены приоритета потребления на приоритет общего качества жизни посредством изменения образа мышления, жизни и сокращения потребления природных ресурсов. В основе этой концепции должна находиться высоконравственная природообразующая деятельность, обеспечить которую можно только при создании конкурентоспособной экологизированной экономики.

В настоящее время во всем мире все больше ощущается своеобразное экологическое давление на формы социально-экономической регуляции. Появляются новые аспекты ценности – экологическая стоимость товаров и

соответствующих технологий, то есть меняется содержание интегрального показателя полезности результата хозяйственной деятельности. Но, как известно, планы, не подкрепленные материально, являются мечтами.

Только реанимация и использование научно-производственного потенциала отечественной обрабатывающей промышленности, еще уцелевшей и существующей в основном в форме натурального капитала, используемого на треть от возможного, только возврат к собственному конкурентоспособному производству во всех отраслях реальной экономики и даст возможность материально обеспечить вхождение Украины вместе с мировой экономикой в эру ноосферного развития.

Сегодня главным арбитром конкурентов является качество. Еще Аристотель сказал («magister dixit»), что «качеством является благо, обеспечивающее счастье».

Смысловая оценка качества выявляет полезность его для каждого конкретного человека, экономики страны и общества в целом. Она показывает, что качество продукта – это результат качества труда.

Обыденным языком качество труда – это упорные, постоянные усилия каждого работающего, направленные на то, чтобы понять, удовлетворить и превзойти ожидания потребителя и получить удовлетворение от работы. Сегодня все больше становится понятным, что наилучшим результатом закончится та работа, которая выполнялась с удовольствием. Недовольный, неудовлетворенный человек не способен к качественному труду. Желанность труда – прерогатива нравственной личности. Именно желанность труда повышает качество его результата. Высокий профессионализм, в свою очередь, приводит к тому, что труд приобретает творческий характер и становится нравственной необходимостью человека.

Поэтому надо вкладывать средства в людей: в их образование, воспитание, нравственную ориентацию, здоровье, среду обитания.

В новой фазе общественного развития, которую потребует концепция ноосферы, основой успеха должно быть развитие каждого конкретного человека и его интеллекта и развитие каждой личности – гарантирует развитие совокупного интеллекта общества.

Академик АН УССР Н.И. Вавилов писал, что мы «можем временно уступить в уровне благосостояния, но единственное, в чем мы не можем уступить, – это в развитии интеллекта».

Не менее важные элементы конкурентной борьбы – это цена производства продукции и возможные пути снижения ее себестоимости, но не любой ценой, а с учетом следующих принципов рационального природопользования [8]:

1. Соответствие способов использования природных ресурсов конкретным задачам и условиям региона.

2. Предвидение и максимально возможное предотвращение негативных последствий и потенциальных рисков природопользования, целенаправленное преобразование ландшафтов.

3. Повышение интенсивности освоения природных ресурсов, уменьшение потерь при добыче обогащений, переработке.

4. Сохранение культурных и исторических ценностей.

5. Комплексный характер использования природных ресурсов в отраслях народного хозяйства при соблюдении целесообразной экономически обоснованной очередности их хозяйственного потребления.

6. Всемирная «экологизация» общественного производства, охрана среды обитания, природных ресурсов, сохранение генетического разнообразия биосферы.

Затраты, необходимые для воплощения принципов рационального природопользования, можно определить с помощью абсолютной экономической оценки, которая необходима для установления размера платы, принятия природных ресурсов на баланс предприятия, а также для представления природных ресурсов в составе национального богатства страны.

Этот вид оценки указывает на величину капитальных вложений, необходимых для замещения данного природного ресурса на основе эффекта воспроизводства продукта природопользования. Один из показателей этой оценки определяется как отношение снижения себестоимости продукции ($C_1 - C_2$) к вызвавшим эту экономию капитальным вложениям, то есть

$$\mathcal{E}_c = \frac{C_1 - C_2}{K}, \quad (3)$$

где \mathcal{E}_c - эффективность капитальных вложений;

C_1 и C_2 - себестоимость продукции до и после осуществления капитальных вложений, грн;

K - величина капитальных вложений, грн.

Величина \mathcal{E}_c должна сравниваться с нормативом общей абсолютной эффективности E_a , принятым в целом по народному хозяйству Украины, $E_a = 0,14$. Если $\mathcal{E}_c \geq E_a$, то рассматриваемые капитальные вложения можно признать эффективными. Очень важно отметить, что капитальные вложения природоэксплуатирующих отраслей нужно направить на природопользование в природохозяйственную отрасль лишь в том случае, если экономия природного ресурса $\Delta\mathcal{E}$ будет не менее эффективной, чем снижение себестоимости ΔC производимой продукции, т.е.

$$\Delta\mathcal{E} \geq \Delta C. \quad (4)$$

Таким образом, возникает необходимость независимой, объективной квалифицированной оценки результатов не только хозяйственной, но и природоохранной деятельности предприятия. Многие иностранные инвестиции в экономику Украины, особенно через Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) и Международный банк реконструкции и развития (МБРР), требуют проведения экологического аудита, чему способствует закон Украины от 24 июня 2004 г. №1862 IV «Про екологічний аудит» [1].

Поэтому конкурентоспособность товаров на национальном и мировых рынках стала определяться экологическими параметрами технологий, а также затратами на охрану окружающей среды, плюсуемыми к остальным затратам на производство и реализацию продукции.

Конкурентоспособность - показатель, характеризующий перспективы развития любой страны, ее инвестиционную привлекательность и экологическую безопасность [3].

Влияние экологического фактора на конкурентоспособность такой страны, как Украина, известной как зона экологического бедствия, особенно велико, потому

что в международную практику внедрены расчеты индекса экологической устойчивости как показателя успешности движения стран по пути экологически безопасного устойчивого развития.

Конкурентоспособность определяется через возможность увеличения дохода на душу населения, который зависит от производительности труда, доступности капитала и природных ресурсов. Именно поэтому природоресурсный капитал страны можно рассматривать как фактор формирования ее конкурентоспособности.

Современная экометодология выделяет комплекс показателей состояния окружающей среды: объемы загрязнений отдельных видов ресурсов, изменение качества природных благ, изменение экологических условий, истощение национальной экономики.

Существенную помощь в экологизации промышленного производства в целом может оказать экологический маркетинг, призванный обеспечить согласование интересов производителя, потребителя и общества [5].

Выводы

1. Человек социальный как часть социума ухудшает условия жизни человека, как части природы.
2. Созданная человеком техносфера, призванная создать комфорт и безопасность, не оправдала надежд и начинает разрушать глобальную экосистему.
3. Преобразование биосферы в качественно новое состояние – ноосферу – главная задача человечества.
4. Ресурсы, необходимые для создания ноосферы, могут быть созданы только преобразованным высоконравственным трудом человека посредством известных экономических механизмов, существенно измененных под влиянием экологического фактора.

Список литературы

1. Закон України від 24 червня 2004 р. №1862IV "Про екологічний аудит".
2. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник для студентів вищих навч. закладів/ За ред. Є.П.Желібо – К.: Каравела, 2004. – 328.
3. Веклич О. Экологический фактор формирования конкурентоспособной национальной экономики //Экономика Украины. - 2005. - №2. - С. 73.
4. Веклич О., Яхеева Т. Учет природного капитала как базового компонента экономического развития Украины. //Экономика Украины. - 2004. - №12. - С. 73.
5. Ильяшенко С., Прокопенко О. Экологический маркетинг //Экономика Украины. - 2003. - №12. - С. 50.
6. Скрипчук П. Экологическая сертификация как инструмент производства и потребления экологически чистой продукции //Экономика Украины. - 2006. - № 3. С. 55.
7. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. «Техника». 1975- 768 с.
8. Основы экологии и природопользования: Учеб. пособие / Дикань В.Л., Дейнека А.Г., Позднякова Л.А. и др. – Х: ООО «Олант», 2002. – 384с.

Актуальные проблемы организационно-методологического обеспечения информационных технологий обучения

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Актуальность темы исследования обусловлена переходом украинской образовательной системы на новую систему обучения, принятую Болонской декларацией в системе высшего образования и науки Украины, и внедрением для ее реализации новой организационно-методологической основы, базирующейся на широком использовании информационных технологий обучения.

Вхождение Украины в мировое образовательное пространство невозможно без структурного реформирования согласно требованиям Болонского процесса национальной системы высшего образования, направленной на обеспечение мобильности, конкурентоспособности специалистов с высшим образованием. Реформа высшего образования, расширяя возможности молодежи в сфере получения качественных образовательных услуг европейского уровня, вместе с тем порождает ряд проблем, связанных с управлением учебным процессом в новых условиях.

Информатизация обучения включает в себя создание компьютерных учебников, информационно-справочных систем, автоматизированных учебно-аттестационных систем по различным дисциплинам, составляющих основу электронной библиотеки; открытый доступ к информационным ресурсам через сеть Internet.

Создание электронных изданий и ресурсов (ЭИР) является одной из приоритетных задач информатизации образования.

Имеющиеся на рынке образовательные электронные издания и ресурсы «по умолчанию» предназначены в основном для самостоятельного домашнего использования. Когда же речь идет о широком внедрении электронных продуктов в организованный учебный процесс, требуется значительная научно-методическая подготовка.

Компьютер призван разрешить кризис образования, требующего постоянного увеличения количества педагогов при расширении их нетворческих функций [1].

Самостоятельная учебная работа эффективна только в активно-деятельностной форме. Принципиальное новшество, вносимое компьютером в образовательный процесс, – интерактивность, позволяющая развивать активно-деятельностные формы обучения. Именно это новое качество позволяет расширить сектор самостоятельной учебной работы.

Одной из главных задач информатизации образования является создание электронных изданий и ресурсов. Электронные учебные издания классифицируют по целевому назначению, природе основной информации, характеру взаимодействия пользователя и электронного издания, технологии распространения, входящим в них компонентам и наличию печатного эквивалента. Классификация электронных учебных изданий представлена в табл. 1.

Классификация электронных учебных изданий

<i>Признак деления</i>	<i>Виды электронных учебных изданий</i>
По целевому назначению	Учебно-теоретические
	Учебно-практические
	Учебно-методические
	Учебно-справочные
	Учебно-контролирующие
По природе основной информации	Текстовые (символьные)
	Мультимедийные
	Гипертекстовые
	Гипермедиадокументы
По характеру взаимодействия пользователя и электронного издания	Детерминированные
	Недетерминированные (интерактивные)
По технологии распространения	Локального использования
	Сетевые
	Комбинированного распространения
По составу входящих в них компонентов	Монодокументы
	Полидокументы
По наличию печатного эквивалента	Электронные аналоги печатного издания
	Самостоятельные электронные издания

Электронное издание - это сложный продукт, содержащий информацию, представленную во всех известных на сегодня видах представления: текст, речь, музыку, фото, видео, графику, анимацию, и тем сложнее определить технологию и критерии качества продукта [3].

Создание электронных учебных ресурсов влечет за собой необходимость создания методов для оценки их качества. В таких методах заинтересованы как сами разработчики, так и преподаватели, желающие использовать готовые программные средства.

Наиболее распространенной методикой является экспертная оценка качества. Оценка качества электронных учебных пособий при этом проводится по различным группам показателей с помощью экспертов. Электронные издания и ресурсы в составе информационно-образовательной среды подвергаются комплексной экспертизе, включающей в себя:

- техническую экспертизу;
- содержательную экспертизу;
- экспертизу дизайн-эргономики (см. табл. 2).

Таблица 2

Оценка качества электронных учебных ресурсов

<i>Техническая экспертиза</i>	<i>Содержательная экспертиза</i>	<i>Экспертиза дизайн-эргономики</i>
Установка/удаление продукта в системе (требуемая память, корректность автоматической установки стандартного ПО, восстановление предустановок ОС при деинсталляции, удаление собственных элементов и пр.)	Оценка объема материала и степени разработки темы (соответствие обязательному минимуму по государственным стандартам, актуальность, новизна, оригинальность и пр.)	Оценка аудиовизуальных средств и моделинга (полнота использования и гармония средств мультимедиа, оригинальность и качество мультимедиа компонентов и пр.)
Функциональное тестирование (работоспособность активных зон, всех заявленных функций, логических переходов, ресурсоемкость и пр.)	Оценка содержания в целом (прагматическая содержательность, фоновое культурное знание, формирование целостной картины и пр.)	Оценка организации интерактива (способы передачи реакций сторон, оригинальные приемы, интеграция интерактива с мультимедиа и пр.)
Качество программной реализации (поведение при провокациях, при запуске параллельных приложений, скорость отклика на запросы и пр.)	Педагогическая оценка (соответствие интересам преподавателя, обучаемого, организация материала, культурологическая составляющая и пр.)	Оценка эргономики, комфортности пользователя (интуитивная ясность, дружелюбность, удобство навигации и пр.)
	Методическая состоятельность продукта (оценка используемых методик, системы контроля и пр.)	Оценка простоты использования

Но подобная априорная экспертиза не дает 100%-ной гарантии качества учебного ресурса из-за различий в личностных характеристиках обучаемых, в манере обучения, в результатах обучения у разных обучаемых.

Поэтому другим подходом оценивания качества электронных пособий является оценка эффективности обучения путем тестирования обучаемых после прохождения курса. Считается, что эффективность обучения должна составлять не менее 68%, а разброс средних результатов обучения не должен превышать 10%.

В рассмотренных публикациях по данной тематике обнаруживается односторонность в подходах, применяемых к оцениванию электронных учебных изданий. Исследователи, как правило, либо ограничиваются априорной оценкой экспертов, либо сосредотачивают все свое внимание на апостериорной оценке, основывающейся на тестировании обучаемых после прохождения курса.

Поэтому предлагается применять комбинированный подход, при котором будет выводиться интегрированный показатель качества электронных пособий, учитывающий и экспериментальную оценку качества обучения, полученную путем тестирования студентов после прохождения курса, и экспертную оценку по ряду показателей.

Здесь возникает проблема сведения воедино количественных и качественных показателей. Таким образом, необходимо решить проблему несводимости традиционных методов оценивания электронных учебных изданий. Для ее решения качественные показатели будем оценивать с использованием вербальных шкал, балльные элементы которых соответствуют вербальным градациям лингвистических шкал. Их множеством считается отрезок $[0;1]$. Точка 0 соответствует полному отсутствию проявления качественной характеристики, точка 1 соответствует полному присутствию проявления качественной характеристики.

Поскольку арифметические операции в вербальных шкалах приводят к некорректности конечных результатов, то им в соответствие ставят нечеткие множества и дальнейшие операции проводят с их функциями принадлежности, что позволяет свести воедино качественные и количественные показатели оценки качества электронных учебных изданий и ресурсов [4]. Числовое значение рейтинговой оценки находят по методу центра тяжести.

Такой подход также будет обеспечивать дифференцированную оценку качества электронных изданий и ресурсов в составе информационно-образовательной среды как в разрезе содержания, так и в разрезе всей совокупности формальных признаков, включая форму представления и программную реализацию.

Статистическая обработка полученных данных позволит сделать научно обоснованный вывод об эффективности использования в учебном процессе электронных учебников.

Решение этих весьма актуальных вопросов призвано стать основой не только управления комплектованием электронных учебных изданий, но и их качеством на этапах проектирования и создания электронной учебной продукции.

Список литературы

1. Осетрова Н.В., Смирнов А.В., Осин А.В. Книга и электронные средства в образовании. – М.: Издательский сервис; Логос, 2002. – 114 с.
2. Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. – М.: Издательский сервис, 2004. – 320 с.
3. Андреев А.А., Лупанов К.Ю., Солдаткин В.И. Электронные учебные средства и оценка качества сетевого обучения // Телематика'2003. Труды Всероссийской научно-методической конференции. – Т.1. – СПб, 2003. – С. 129 - 131.
4. Оре О. Теория графов. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1980. – 336 с.

Построение модели управления интеллектуальной собственностью как элемента процесса управления качеством и ресурсами инновационных проектов

Харьковское государственное авиационное производственное предприятие

Символы и обозначения

ИП – инновационный проект.

ИС – интеллектуальная собственность.

ОИС – объект права интеллектуальной собственности.

АИС – автоматизированная информационная система.

ТЗ – техническое задание.

1. Введение

В данной работе исследуются процессы управления качеством инновационного проекта с учетом интеллектуальной собственности в процессе:

- технологического и конструкторского проектирования;
- изготовления продукта на основе объектов интеллектуальной собственности.

Осуществление процедур, контроль инструкций, движение документов и другие аспекты соблюдения качества проекта в современных условиях невозможны без использования какой-либо информационной компьютерной системы. Система может быть разработана для управления не только ИП, но и всем предприятием или определенным направлением, в данном случае - системой управления интеллектуальными активами предприятия.

Говоря об управлении инновационными проектами, необходимо уделить внимание вопросу распределения прав на ОИС. Важно еще до начала выполнения проекта определить, кому принадлежат права на изобретение – объект ИП, какова доля автора в распределении прибыли от выполнения проекта, как свойства ОИС влияют на качество проекта. Для того, чтобы избежать потери вложенных средств, следует поддерживать правовое равновесие между авторами, правообладателями и теми, кто использует результаты их творческой деятельности. Для решения этих задач необходимо построить метод, позволяющий учесть аспекты ИС при разработке и управлении ИП.

2. Постановка проблемы

Существующие АИС применимы к циклическим административным и производственным процессам, где прошлые задачи повторяются снова и снова, а окончательные цели - соблюдение требований качества проекта - остаются более или менее постоянными. Это, например, процесс подготовки ИП по созданию новой техники, быстро и с наименьшими затратами.

Наряду с показателями надежности, технологичности и стандартизации, к показателям качества инновационного проекта по созданию новой техники

относятся и патентно-правовые показатели, в более широком смысле - показатели наличия соблюдения прав на объекты интеллектуальной собственности. Тем не менее, в большинстве инновационных проектов отсутствует составляющая по управлению качеством и ресурсами с точки зрения интеллектуальной собственности, использованной при разработке инновационного проекта.

Тем временем идентификацию и исследование ОИС следует проводить еще на стадиях формирования требований к проекту и разработки технического задания. На всех этапах разработки и оформления ИП требуется подача результатов исследований в виде ОИС. Итак, представляется необходимым разработать систему контроля качества проекта, исходя из интеллектуальной собственности, которая лежит в его основе.

3. Анализ исследований и публикаций

Известная модель непрерывного улучшения качества в процессе ежедневной работы PDCA "Планируй - работай - проверяй - воздействуй", по Демингу, состоит из блока планирования, блока выполнения, блока контроля и блока воздействия. Данная система обеспечивает непрерывность в достижении политики поддержки качества и усовершенствования стандартов [1].

На рис.1 приведен пример прохождения этапов по схеме PDCA. Цикл PDCA обеспечивает качественный рост услуг, управления и контроля. Цикл Деминга всегда имеет не один, а несколько оборотов. Реализация этого цикла группой специалистов обеспечивает повышение качества продукции. При реализации цикла Деминга на предприятии можно ожидать наибольшей эффективности их работы при минимальных затратах.



Рис. 1. Цикл "планируй - работай - проверяй - влияй" (PDCA) по Демингу

Известна автоматизированная информационная система управления объектом, содержащая блоки ввода, вывода, автоматизированное рабочее место, программно-аппаратный комплекс, информационно-поисковую систему [2, 3]. Данная система дополнительно содержит блок управления системой, справочно-аналитический блок, блок хранения информации, блок систематизации и

коррекции данных, блок формирования баз данных, блок управления базами данных, блок хранения баз данных, блок формирования запросов, блок анализа полученной информации.

Однако недостатком этой системы является отсутствие составляющей по управлению интеллектуальной собственностью предприятия при управлении качеством проектов.

Известна также организационная структура управления качеством компании, реализующая большие инвестиционно–строительные проекты нефтегазового профиля, которая состоит: из блока разработки программы качества проекта, содержащего элемент мониторинга; блока обеспечения качества для нужд проекта, состоящего из элемента стандартизации и элемента технического контроля; блока организации выполнения контрольных мероприятий в рамках проекта; блока учета контрольных результатов [3, 4, 5].

Недостатком этой системы является низкий уровень контроля качества выполняемых проектов из-за отсутствия составляющей по управлению интеллектуальной собственностью. Это делает невозможным учет недостатков проекта на прединвестиционной фазе, т.е. на этапе, когда средства еще не вложены. Еще одним её недостатком является низкая координация внутри системы из-за отсутствия обратной связи между блоком разработки программы качества продукта и блоком учета контрольных результатов, что в конечном итоге приводит к малоэффективному управлению проектом и не позволяет усовершенствовать его на стадии выполнения.

4. Постановка задачи

Целью настоящей работы является усовершенствование процессов управления качеством в проекте на основе управления качеством инновационных проектов по созданию наукоемкой техники с учетом объектов права интеллектуальной собственности, что позволяет принимать обоснованные управленческие решения относительно дальнейшего развития инновационного проекта по созданию новой техники.

Научно-прикладной задачей в данной работе служит разработка метода и программных средств управления качеством инновационного проекта с учетом объектов права интеллектуальной собственности в целях усовершенствования процесса принятия управленческих решений относительно дальнейшего развития проекта.

В основу процесса разработки метода управления ОИС поставлена задача повышения уровня контроля качества выполняемых проектов, а также улучшения координации внутри системы.

5. Решение задачи

Поставленная задача решается тем, что разработана модель управления ИС, которая является частью системы управления качеством инновационных проектов с учетом ОИС. Модель содержит блок разработки программы качества проекта, который включает в себя: элемент мониторинга; блок обеспечения качества для нужд проекта, который состоит из элемента стандартизации и элемента технического контроля; блок организации выполнения контрольных мероприятий в рамках проекта; блок учета контрольных результатов. В состав

блока разработки программы качества проекта введен интегральный элемент управления ОИС, состоящий из сектора патентных исследований и сектора патентования ОИС, а блок учета контрольных результатов включает в себя сектор коммерциализации ОИС и сектор ре-патентования ОИС.

Блок учета контрольных результатов связан с блоком разработки программы качества проекта с помощью средства обратной связи.

Средство обратной связи может быть выполнено в виде сети передачи данных.

В качестве сети передачи данных возможно использование локальной сети предприятия.

В данной АИС обеспечивается повышение уровня контроля качества выполняемых проектов благодаря введению в блок разработки программы качества проекта интегрального элемента управления ОИС, состоящего из сектора патентных исследований и сектора патентования ОИС. Сектор патентных исследований обеспечивает передачу информации о наличии прав третьих лиц на ОИС, обнаруживает патентоспособные ОИС на предприятии, исследует патентно-лицензионную ситуацию, которая сложилась относительно ОИС. Для оценки уровня ИП в процессе управления качеством необходимо учитывать не только влияние ОИС на технический уровень продукции и прибыль от ее реализации, но и степень готовности к использованию или степень трудоспособности ОИС.

С помощью передачи полученных результатов в блок обеспечения качества обеспечивается возможность достижения заданных характеристик инновационного проекта, которые удовлетворяют установленные или предвиденные нужды, т.е. требования качества ИП. Сектор патентования ОИС позволяет проводить сравнительный анализ на предмет наличия новизны и изобретательского уровня ОИС, в результате чего отсеиваются малоперспективные технические решения, не способные удовлетворить требования качества инновационного проекта.

Задача повышения координации внутри системы решается в модели благодаря тому, что блок учета контрольных результатов состоит из сектора коммерциализации ОИС и сектора ре-патентования ОИС, что позволяет осуществлять более эффективный обмен информацией между блоками выполнения контрольных мероприятий и блоком учета контрольных результатов и снова передавать информацию внутри системы в процессе выполнения непрерывного цикла управления качеством ИП. Кроме того, блок учета контрольных результатов связан с блоком разработки программы качества с помощью обратной связи, которая разрешает передавать и получать информацию между блоками разработки программы качества и блоком учета контрольных результатов.

Информационная система состоит из блока разработки программы качества проекта 1, содержащего интегральный элемент управления ОИС 2, который состоит из сектора патентных исследований 3 и сектора патентования ОИС 4 (рис. 2). Блок обеспечения качества проекта 5 состоит из элементов технического контроля 6 и стандартизации 7. В состав информационной системы также входят блок организации выполнения контрольных мероприятий 8 и блок учета контрольных результатов 9, который состоит из сектора коммерциализации ОИС 10 и сектора ре-патентования ОИС 11, причем блок учета контрольных результатов 9 связан с блоком разработки программы качества с помощью средства обратной связи 12.

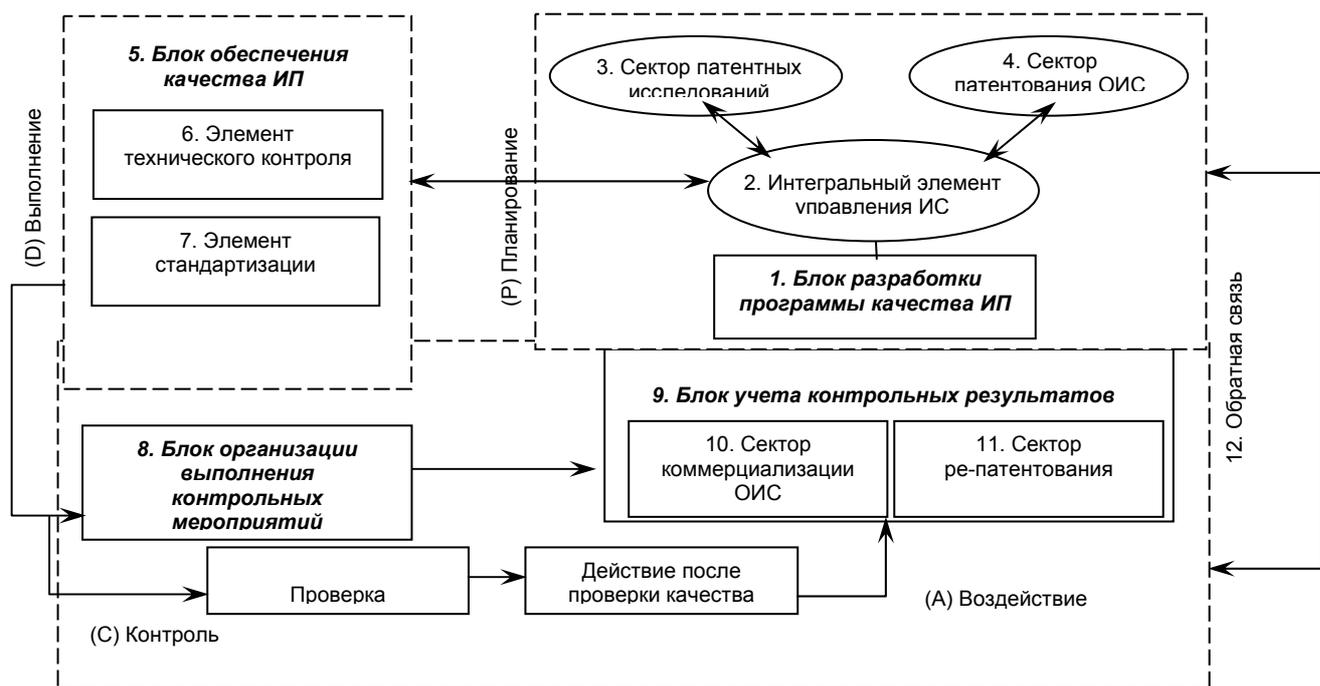


Рис. 2. Модель управления интеллектуальной собственностью как элемента процесса управления качеством инновационных проектов

Модель используется таким образом. Блок разработки программы качества инновационного проекта обеспечивает планирование целей ИП, т.е. должны быть установлены пути для усовершенствования качества ИП и намечены планы действий для их достижения. Блок обеспечения качества 1 относится к реализации плана (планирование P). Блок организации контрольных мероприятий 5 (выполнение D) определяет, привело ли внедрение системы управления качеством к запланированному улучшению (контроль C). Блок учета контрольных результатов 9 (воздействие A) обеспечивает построение и стандартизацию новых процедур, призванных предотвратить повторение первоначальной проблемы или установить цели для новых усовершенствований. Система является циклической и постоянно восстанавливается: как только происходит улучшение, результат процесса превращается в объект дальнейшего усовершенствования качества ИП. Система управления качеством ИП призвана постоянно совершенствовать процесс управления патентно-рационализаторской работой по созданию ОИС с целью обеспечения качества ИП.

Система интегрирована во внутреннюю единую информационную сеть предприятия.

В данной модели обеспечиваются повышение уровня контроля качества инновационного проекта, а также улучшение координации внутри системы.

Кроме того, данная модель гарантирует необходимое оформление результатов исследований в виде ОИС на всех этапах разработки и осуществления ИП. Эта АИС позволяет проводить идентификацию и исследование ОИС еще на стадиях формирования требований к инновационному

проекту и разработке ТЗ.

Система также разрешает обеспечить эффективное управление качеством ИП за счет развития изобретательского творчества и, как следствие, технологического обновления производства. В результате внедрения этой системы на основе использования ОИС предприятие получает возможность производить качественную конкурентоспособную продукцию.

Выводы

Предложенная модель информационной системы управления ИС относится к системам, предназначенным для управленческих целей, может быть использована для управления качеством инновационных проектов и позволяет более эффективно управлять качеством инновационных проектов с учетом объектов права интеллектуальной собственности [6].

В модели обеспечиваются повышение уровня контроля качества инновационного проекта, а также улучшение координации внутри системы.

Разработанная модель повышает оперативность и качество решений, которые принимаются в процессе реализации инновационных проектов, и может стать методологической основой для принятия решений относительно дальнейшего развития проекта с учетом объектов права интеллектуальной собственности.

Программные средства контроля качества проекта позволяют не только наглядно предоставлять информацию для принятия управленческих решений, но и являются удобным инструментом для моделирования различных ситуаций в процессе реализации проекта.

Список литературы

1. Corinne N. Johnson. The Benefits of PDCA, // Quality Progress. May, 2002.
2. Патент RU 2005130334, кл. G06Q90/00, опубл. 10.04.2007.
3. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 061100 «Менеджмент организаций»/ Под общ. ред. И.И. Мазура. – 4-е изд., стереотип. – М.: Омега-Л, 2007. - 190 с.
4. Меняев М.Ф. Управление проектами. MS Project: Учеб. пособие по специальности «Менеджмент организаций»./ - М.: Омега-Л, 2005.- 276 с.
5. Паула Мартин, Карен Тейт. Управление проектами: Карманный справочник для проектных команд/ Пер. с англ./ - К.: КПК «Системы», 2005.- 192 с.
6. Ломазов М.Е., Бесфамильная Л.В., Швандар В.А. Управление качеством машиностроительной продукции бытового назначения/ - М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.

Системная логистическая модель управления качеством

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Управление качеством является одной из актуальных задач при организации производства в приборостроении. Учитывая современное представление производства в форме логистической цепи «снабжение – производство – сбыт» управление качеством требует новых форм организации, в том числе встроенных в производство логистических звеньев качества.

Для формирования архитектуры автоматизированной системы качества (АСК) необходимо создать системную логистическую модель контроля качества (СМКК), которая должна учитывать иерархичность контроля качества, последовательность звеньев логистической производственной цепи (ЛПЦ), стратифицированный характер действий по обеспечению качества. Для иерархии управления качеством можно выделить следующие уровни: верхний корпоративный уровень управления качеством (ВКУ); управление качеством на уровне звена ЛПЦ (ЗУК); управление качеством на уровне элементов отдельного звена ЛПЦ (технологических операций) (ЭУК).

Предлагается выделить следующие страты для управления качеством с учетом производственной логистики: целевая логистическая страта (ЦЛС), Функциональная логистическая страта (ФЛС), организационная логистическая страта (ОЛС), информационная логистическая страта (ИЛС), алгоритмическая логистическая страта (АЛС), программная логистическая страта (ПЛС), логистическая страта комплекса технических средств контроля качества (ЛСКТС). Системная логистическая модель качества должна строиться как многоуровневая, иерархическая, стратифицированная модель.

Выполнение действий по управлению качеством логистической производственной цепи, связано с последовательностью действий контроля на каждом звене цепи: снабжение (СН) – производство (П) – сбыт (СБ).

Многоуровневую стратифицированную структуру мероприятий по управлению качеством представим в виде логистического системного куба контроля качества производства (рис. 1). Для формирования мероприятий по контролю качества с учетом их иерархичности, введем декомпозицию управляющих действий (YD), основанную на подчиненности уровней:

$$YD': \left\{ \bigcup_i YH_i \right\} \Rightarrow \left\{ \bigcup_{j_i} YS_{j_i} \right\} \Rightarrow \left\{ \bigcup_{k_{j_i}} YE_{k_{j_i}} \right\},$$

где YH_i - отдельное i -е управляющее действие по контролю качества верхнего уровня ЛПЦ;

YS_{j_i} - управляющее действие по контролю качества для j -го логистического звена, которое включено в i -е управляющее действие верхнего уровня;

$YE_{k_{j_i}}$ - k -е элементарное управляющее действие нижнего уровня, которое входит в состав управляющего действия для j -го звена и i -го управляющего действия верхнего уровня.

С учетом множества управляющих действий по контролю качества (КК) на каждой страте управления, получим:

$$YD'' : \{ (\bigcup_z Y_{цлс_z}), (\bigcup_f Y_{флс_f}), (\bigcup_o Y_{олс_o}), \\ (\bigcup_u Y_{илс_u}), (\bigcup_a Y_{алс_a}), (\bigcup_p Y_{рлс_p}), (\bigcup_l Y_{лсктс_l}) \}.$$

где $Y_{цлс_z}$ - отдельное z -е управляющее действие для целевой стратегии логистического управления качеством;

$Y_{флс_f}$ - отдельное f -е управляющее действие для функциональной стратегии логистического управления качеством;

$Y_{олс_o}$ - отдельное o -е управляющее действие для организационной стратегии логистического управления качеством;

$Y_{илс_u}$ - отдельное u -е управляющее действие для информационной стратегии логистического управления качеством;

$Y_{алс_a}$ - отдельное a -е управляющее действие для алгоритмической стратегии логистического управления качеством;

$Y_{рлс_p}$ - отдельное p -е управляющее действие для программной стратегии логистического управления качеством;

$Y_{лсктс_l}$ - отдельное l -е управляющее действие на страте комплекса технических средств по управлению качеством.

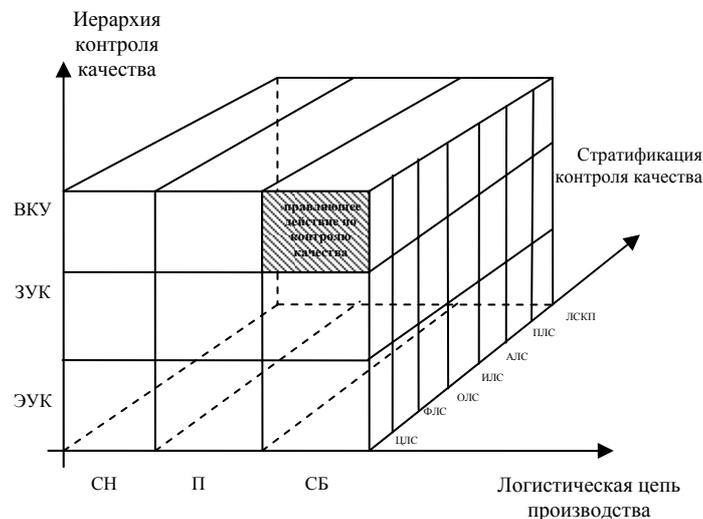


Рис. 1. Логистический системный куб управления качеством

Анализируя уровни иерархии и используя стратификацию логистического управления качеством сформируем множество управляющих действий в следующем виде:

$$\begin{aligned}
YD_i^m : & \{ (\bigcup_{z_i} Y_{\text{ЦЛС}_{z_i}}), (\bigcup_{f_i} Y_{\text{ФЛС}_{f_i}}), (\bigcup_{o_i} Y_{\text{ОЛС}_{o_i}}), \\
& (\bigcup_{u_i} Y_{\text{ИЛС}_{u_i}}), (\bigcup_{a_i} Y_{\text{АЛС}_{a_i}}), (\bigcup_{p_i} Y_{\text{РЛС}_{p_i}}), (\bigcup_{l_i} Y_{\text{ЛСКТС}_{l_i}}) \}; \\
YD_j^m : & \{ (\bigcup_{z_j} Y_{\text{ЦЛС}_{z_j}}), (\bigcup_{f_j} Y_{\text{ФЛС}_{f_j}}), (\bigcup_{o_j} Y_{\text{ОЛС}_{o_j}}), \\
& (\bigcup_{u_j} Y_{\text{ИЛС}_{u_j}}), (\bigcup_{a_j} Y_{\text{АЛС}_{a_j}}), (\bigcup_{p_j} Y_{\text{РЛС}_{p_j}}), (\bigcup_{l_j} Y_{\text{ЛСКТС}_{l_j}}) \}; \\
YD_{k_j}^m : & \{ (\bigcup_{z_{k_j}} Y_{\text{ЦЛС}_{z_{k_j}}}), (\bigcup_{f_{k_j}} Y_{\text{ФЛС}_{f_{k_j}}}), (\bigcup_{o_{k_j}} Y_{\text{ОЛС}_{o_{k_j}}}), \\
& (\bigcup_{u_{k_j}} Y_{\text{ИЛС}_{u_{k_j}}}), (\bigcup_{a_{k_j}} Y_{\text{АЛС}_{a_{k_j}}}), (\bigcup_{p_{k_j}} Y_{\text{РЛС}_{p_{k_j}}}), (\bigcup_{l_{k_j}} Y_{\text{ЛСКТС}_{l_{k_j}}}) \}.
\end{aligned}$$

Дадим теоретико-множественное описание процессов контроля качества в виде объединения следующих подмножеств:

- элементы производственного процесса;
- элементы встроенной системы качества.

Такое представление соответствует технологической зрелости предприятия, для которого система контроля является неотъемлемой компонентой производства:

$$QP = \{ (\bigcup_i QPP_i), (\bigcup_j QSK_j) \},$$

где QPP_i - i -й элемент производственной системы (оборудование, технология и т.д.);

QSK_j - j -й элемент системы контроля качества (испытательная лаборатория, входной контроль, метрологические службы и т.д.).

В свою очередь, каждый элемент производства QPP_i имеет свои составляющие, связанные с принятой технологией и специализацией оборудования:

$$\mu_{QPP_i} = \begin{bmatrix} QPP_{1_i}, \{He_{1_i}\}_{1_i} \\ \dots, \dots \\ QPP_{N_i}, \{He_{N_i}\}_{N_i} \end{bmatrix},$$

где μ_{QPP_i} - бинарное отношение между элементом производства QPP_{k_i} и подмножеством технологий $\{He_{k_i}\}_{k_i}$.

Каждый элемент контроля качества производства обладает набором технологий контроля испытаний на качество:

$$\beta_{QSK_j} = \begin{bmatrix} QSK_{1_j}, \{B_{1_j}\}_{1_j} \\ \dots, \dots \\ QSK_{M_j}, \{B_{M_j}\}_{M_j} \end{bmatrix},$$

где β_{QSK_j} - бинарное отношение между элементами системы контроля качества и подмножеством способов (технологий) контроля $\{BQ_{P_j}\}$.

На рис. 2 представлена структура производственной системы, состоящей из множества производственных элементов и элементов контроля качества.

Для формирования логистической модели управления качеством воспользуемся логико-алгебраическим представлением управляющих действий.



Рис. 2. Структура производственной системы со встроенной системой качества

Для отдельного звена логистической цепи «снабжение – производство – сбыт» сформируем следующий контур управления качеством (рис. 3):

$$YQ_j = \alpha_j \{Y_{q_{j1}} \cdot Y_{q_{j2}} \cdot \dots \cdot Y_{q_{jm}}\} \alpha_j,$$

где $Y_{q_{je}}$ - контроль качества для e -го элемента j -го звена логистической производственной цепи;

α_j - условие удовлетворения требований качества для j -го звена логистической цепи.

$$\alpha_j = \begin{cases} 1, & \text{повторение производственных операций} \\ & \text{для } j\text{-го звена цепи, в случае} \\ & \text{не удовлетворения требований качества;} \\ 0, & \text{удовлетворение требований качества.} \end{cases}$$

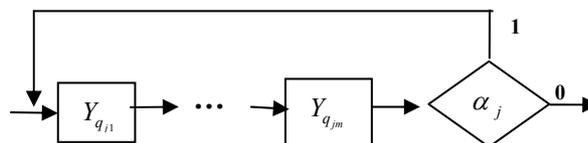


Рис. 3. Контроль качества для j -го звена логистической производственной цепи

Для логистической производственной цепи типа: снабжение – производство – сбыт получим (рис. 4):

$$YQ_{ЛЦ} = \alpha_{CH} \{Y_{q_{CH1}} \cdot Y_{q_{CH2}} \cdot \dots \cdot Y_{q_{CHN}}\} \alpha_{CH} \wedge \\ \wedge \alpha_{П} \{Y_{q_{П1}} \cdot Y_{q_{П2}} \cdot \dots \cdot Y_{q_{ПМ}}\} \alpha_{П} \wedge \alpha_{СБ} \{Y_{q_{СБ1}} \cdot Y_{q_{СБ2}} \cdot \\ \dots \cdot Y_{q_{СБf}}\} \alpha_{СБ},$$

где $Y_{q_{CHe}}$ - отдельное *e*-е контрольное действие по качеству на стадии снабжения;

$Y_{q_{Пl}}$ - отдельное *l*-е контрольное действие на стадии производства;

$Y_{q_{СБf}}$ - отдельное *f*-е контрольное действие на стадии сбыта продукции.

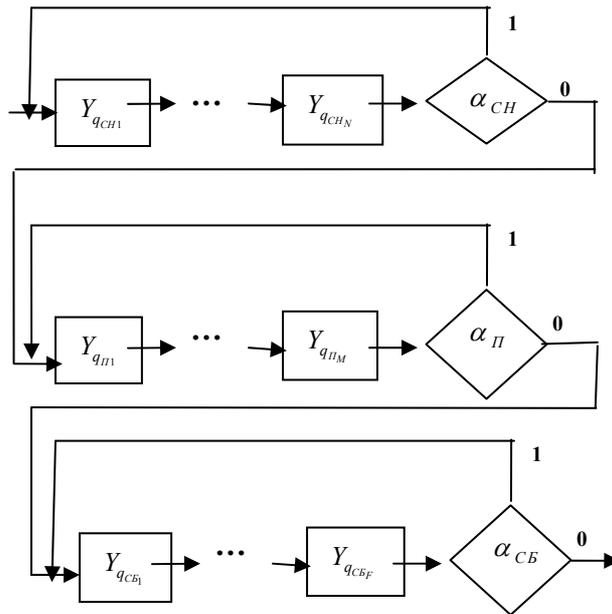


Рис. 4. Контроль качества логистической цепи «снабжение – производство – сбыт»

В работе проведено исследование современных требований по управлению качеством. Выделены основные направления совершенствования управления качеством: многоуровневое управление, стратификация по отдельным составляющим и логистический характер контроля.

Построена системная модель качества с использованием логико-алгебраического подхода.

Результаты исследования целесообразно использовать для построения архитектуры современной автоматизированной системы качества в приборостроении.

Список литературы

1. Гора Н.Н. Алгоритмический метод проектирования автоматизированных систем контроля для критических приложений // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 3(15). – С. 45 – 49.
2. Гора Н.Н. Алгебраические модели автоматизированного контроля в приборостроении // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 2(14). – С. 92 – 94.

Структурный анализ реинжиниринга территориально распределенных компаний

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Территориально-распределенные компании (ТРК) представляет собой сложные производственные системы, которые постоянно модернизируются и развиваются. Поэтому актуально решение научно-технической проблемы, связанной со структурным анализом изменяющейся архитектуры ТРК [1]. Типовые задачи реинжиниринга связаны с возникновением новых функциональных задач или модернизацией существующих. Это приводит к изменению структуры системы, появлению новых региональных объектов и модернизации существующих. Исследуем типовые архитектуры ТРК, которые наиболее часто используются в нефте-, и газо-транспортных системах, телекоммуникациях и т.д. Для задачи структурного анализа воспользуемся основными результатами теории перечисления Пойа, Де Брейна [2].

Пусть $\Gamma(G)$ - группа подстановок вершин графа G топологии ТРК, где $Z(H, x_1, x_2, \dots)$ - цикловой индекс группы подстановок H , S_p - симметрическая группа подстановок степени p , E_p - тождественная группа подстановок, D_p - диэдральная группа подстановок, $A[B]$ - композиция группы A относительно группы B , $A+B$ - сумма групп подстановок A и B .

Проведем комбинаторно-групповое исследование топологии внутренних (транспортных) связей, что позволяет перечислить в дальнейшем возможные варианты архитектуры модернизируемой ТРК.

1. Последовательная связь (рис. 1). Характеризуется наименьшим числом связей в ТРК.

Левая и правая части графа G изоморфны, поэтому можно воспользоваться композицией групп:

$$\Gamma(G) = \begin{cases} S_2[E_{p/2}], & p \text{ четно,} \\ E_1 + S_2[E_{p/2}], & p \text{ нечетно,} \end{cases} \quad (1)$$

где p — число вершин графа G .

2. Решетчатая связь. В этом случае транспортные связи в ТРК образуют двумерную решетку (рис. 2).

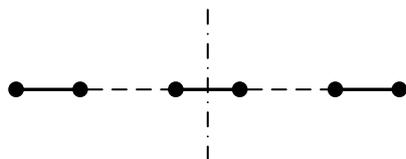


Рис. 1. Последовательная связь

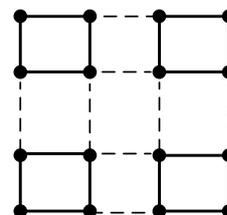


Рис. 2. Решетчатая связь

Для квадратной решетки (рис. 2) цикловой индекс группы подстановок вершин графа зависит от четного и нечетного количества вершин. При $p=(2l)^2$, $l=1,2,\dots$, где $2l$ - число вершин графа в стороне квадрата, цикловой индекс равен:

$$Z(D_4^p) = \frac{1}{2} Z(C_4^p) + \frac{1}{4} (x_2^{p/2} + x_1^{\sqrt{p}} x_2^{\sqrt{p}(\sqrt{p}-1)}). \quad (2)$$

При $p = (2l+1)^2$, $l = 1, 2, \dots$, где $2l+1$ - число вершин в стороне квадрата, цикловой индекс решетки равен:

$$Z(D_4^p) = \frac{1}{2} Z(C_4^p) + \frac{1}{2} x_1^{\sqrt{p}} x_2^{\sqrt{p}(\sqrt{p}-1)/2}, \quad (3)$$

3. Радиальная связь в ТРК. Представим радиальную структуру в виде графа (рис. 3). Известно, что для корневого дерева [3] $\Gamma(G)=E_1+S_{p-1}$. Если в вершине дерева находится, например, база снабжения (склад) ТРК, то корневую вершину можно считать фиктивной, и допускаются подстановки только висячих вершин, поэтому $\Gamma(G)=S_p$.

4. Полносвязная структура ТРК. В такой структуре каждый модуль ТРК связан со всеми остальными. Так как граф является полным, то его группа $\Gamma(G)=S_p$.

5. Древоидная связь в ТРК. Граф G представляет собой дерево (рис. 4).

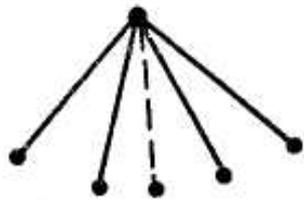


Рис. 3. Радиальная связь

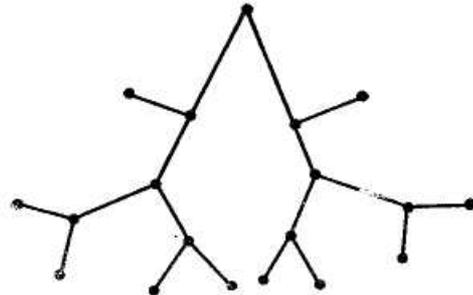


Рис. 4. Древоидная связь

Для изоморфных ветвей в графе G необходимо воспользоваться композицией групп. Для примера на рис. 4 получим:

$$\Gamma(G) = E_1 + S_2[E_3 + S_2[E_1 + S_2]]. \quad (4)$$

6. Кольцевая и радиально-кольцевая связи в ТРК. Для кольцевой связи группа графа диэдральная: $\Gamma(G)=D_p$. Для радиально-кольцевой ТРК к каждой центральной системе подсоединены вспомогательные модули (рис. 5). Группа графа G образуется путем использования диэдральной группы D_p и композиций групп $\Gamma(G) = D_p[S_1 + S_{p''}]$, где p' - число основных (региональных) систем (в кольце); p'' - число вспомогательных (районных) подсистем.

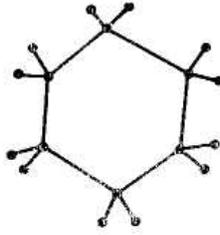


Рис. 5. Радиально-кольцевая связь

Используя формульные представления структуры графа G и учитывая тип топологии ТРК с их цикловыми индексами, можно подсчитать число всевозможных вариантов структур ТРК по следующим зависимостям из теории перечисления [2]:

$$K_1 = Z(\Gamma(G); \frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots) Z(H; 1 + z_1, 1 + 2z_2, \dots), \quad (5)$$

при условии $z_1 = z_2 = \dots = 0, l > p$;

$$K_2 = Z(\Gamma(G); \frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots) Z(H; z_1, 2z_2, \dots), \quad (6)$$

при условии $z_1 = z_2 = \dots = 0, l = p$. Здесь $\Gamma(G)$ - группа подстановок вершин графа рассматриваемой топологии ТРК; H - группа подстановок исходного множества технологических узлов, используемых для построения ТРК; l - общее число технологических узлов.

Рассмотрим пример реинжиниринга телекоммуникационной компании. Пусть топология ТРК относится к радиально-кольцевой (рис. 5).

Основные системы (узлы регионов) соединены в кольцо, а вспомогательные (районные) связаны с основными с помощью радиальной связи. Рассмотрим случай четырех регионов (Донецк, Харьков, Днепропетровск, Запорожье). Для иллюстрации метода, пусть в каждом регионе имеется по две районных системы. Реинжиниринг ТРК осуществляется на уровне модернизации основных и районных узлов. Для районных узлов принята стратегия одновременной модернизации всех узлов, присоединенных к основному узлу. Для кольцевой системы, включающей четыре основных узла ТРК: $\Gamma(G_k) = D_4$.

Используя выражение (5) получим $K_k = 6$. На рис. 6 представлены все варианты кольцевой системы для основных узлов ТРК. Где «черный» узел означает проведение модернизации, «белый» - отсутствие изменений.

Для каждого из полученных вариантов был проведен структурный анализ районных подсистем. Для группы графа радиально-кольцевой ТРК:

$$\Gamma(G) = D_{p_1}[S_1 + S_{p_2}] = D_4 [S_1 + S_2],$$

где $p_1 = 4, p_2 = 2$.

На рис. 7 представлены варианты реинжиниринга радиально-кольцевой ТРК для второго варианта кольцевой структуры (рис. 6), для которого $K_2 = 6$ (получено с использованием выражения 5). Общее количество вариантов реинжиниринга ТРК:

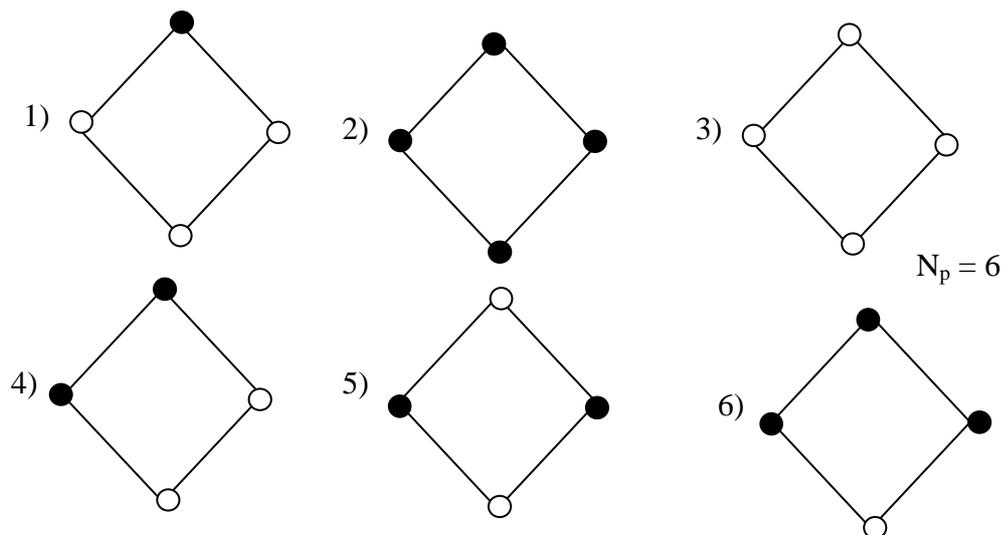


Рис. 6. Множество вариантов кольцевой системы

$$N = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 = 13 + 6 + 6 + 10 + 8 + 13 = 56.$$

Предложенный метод позволяет пересчитать все варианты модернизируемой ТРК, которые в дальнейшем необходимо исследовать и оценить с учетом заданных критериев и ограничений реинжиниринга.

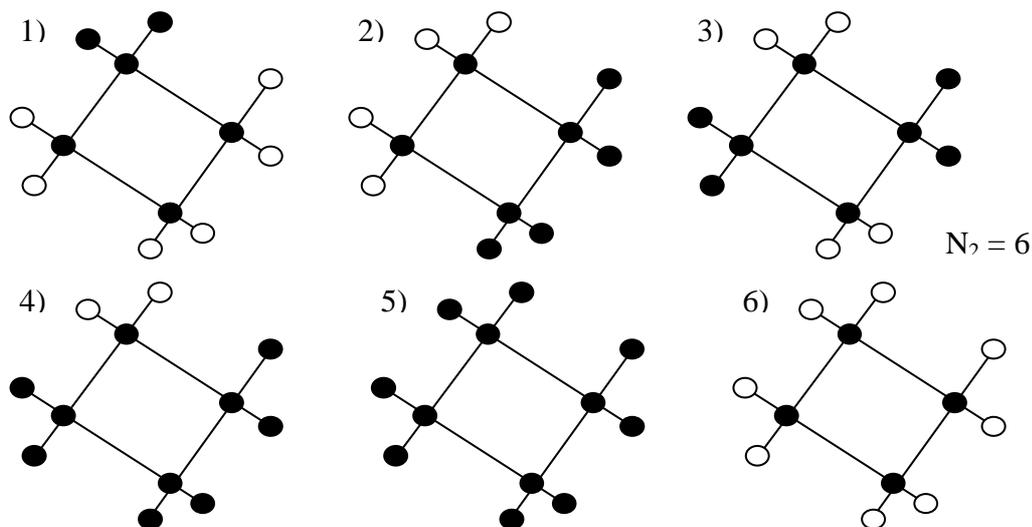


Рис. 7. Множество вариантов радиально-кольцевой ТРК

Список литературы

1. Петров Э.Г., Чайников С.И., Овезгельдыев А.О. Методология структурного системного анализа и проектирования крупномасштабных ИУС. – Харьков: Рубикон, 1997. – 140с.
2. Прикладная комбинаторная математика / Под ред. Э. Беккенбаха. – М.: Мир, 1988. – 360с.

Обоснование актуальности исследования методов оценки рыночной стоимости предприятий

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Развитие рыночной экономики в Украине привело к возникновению различных форм собственности. Появилась особенность по своему усмотрению распоряжаться принадлежащим собственнику имуществом.

У каждого, кто решает реализовать свои права собственника, возникает множество проблем и вопросов. Одним из основных является вопрос о стоимости собственности. С этой проблемой сталкиваются предприятия, фирмы, акционерные общества, финансовые институты. Акционирование предприятий, развитие ипотечного кредитования, фондового рынка и системы страхования также формирует потребность в новой услуге – оценке стоимости объектов и прав собственности.

В производственно-экономической практике экономических субъектов появляется множество случаев, когда возникает необходимость оценить рыночную стоимость предприятий. Оценочная деятельность является основной частью процесса реформирования экономики и создания правового государства. Впервые с проблемой оценки в Украине столкнулись в связи с проведением приватизации.

Продолжающийся в нашей стране процесс инфляции активно обуславливает необходимость проведения периодической переоценки основных фондов организациями всех форм собственности, что помогает приводить их балансовую стоимость в соответствие с действующими ценами и условиями воспроизводства.

Процесс приватизации, возникновение фондового рынка, развитие системы страхования, переход коммерческих банков к выдаче кредитов под залог имущества также обуславливают потребность в оценке стоимости предприятия (бизнеса), определении рыночной стоимости его капитала.

Капитал предприятия – товар уникальный и сложный по составу, его природе в значительной степени определяют конкретные факторы [1]. Поэтому необходима комплексная оценка капитала с учетом всех соответствующих внутренних и внешних условий его развития. Потребность в определении рыночной стоимости предприятия не исчерпывается операциями купли - продажи. Возрастает потребность в оценке бизнеса предприятий при многочисленных и сложных вариантах реализации стоимости имущественных прав – при выпуске дополнительных акций, страховании имущества, получении кредита под залог имущества, исчислении налогов, использовании прав наследования и т.д.

Определение рыночной стоимости предприятия необходимо при решении всех вопросов, связанных с государственными и местными налогами, в случаях, когда в сделку полностью или частично вовлекаются государственные объекты:

- при определении стоимости предприятия, принадлежащего государству, в целях их приватизации, передачи в доверительное управление либо передачи в аренду;
- при использовании предприятия, принадлежащего государству, в качестве предмета залога;
- при продаже или ином отчуждении предприятия, принадлежащего государству;
- при переуступке долговых обязательств, связанных с предприятием, которое принадлежит государству;

- при выкупе предприятия у собственников для государственных нужд;
- при проведении оценки предприятия в целях контроля за правильностью уплаты налогов, в случаях возникновения спора об исчислении налогооблагаемой базы.

По мере того, как в нашей стране появляются независимые собственники предприятий и фирм, все острее становится потребность в определении рыночной стоимости их капитала. Государство, продавая экономические объекты по минимальным ценам, теряет право присвоения будущих доходов, причем зачастую эти права теряют и действительные собственники предприятий – их работники. Следовательно, не учитывать будущие доходы от собственности при ее продаже неправомерно.

Поэтому оценка бизнеса с каждым годом становится более актуальной, т.к. в условиях рынка невозможно эффективно руководить любой компанией без реальной оценки бизнеса. Оценка стоимости предприятия выступает универсальным показателем эффективности любых управленческих стратегий.

Бизнес – это предпринимательская деятельность, направленная на производство и реализацию товаров, услуг, ценных бумаг, денег или других видов разрешенной законом деятельности с целью получения прибыли [2]. Для достижения такой цели должно быть создано предприятие. В процессе оценки бизнеса выявляют альтернативные подходы к управлению предприятием и определяют, какой из них обеспечит предприятию максимальную эффективность, а следовательно, и более высокую рыночную цену.

Как всякий товар, бизнес обладает полезностью для покупателя. Прежде всего, он должен соответствовать потребности в получении доходов. Как и у любого другого товара, полезность бизнеса осуществляется в пользовании. Следовательно, если бизнес не приносит дохода собственнику, он теряет для него свою полезность и подлежит продаже. И если кто-то другой видит новые способы его использования, иные возможности получения дохода, то бизнес становится товаром. Все это справедливо и для предприятия, и для фирмы. Бизнес, предприятие и фирма обладают всеми признаками товара и могут быть объектом купли - продажи. Но это товары особого рода, - и их особенности предполагают принципы, модели, подходы и методы оценки.

Рыночная стоимость бизнеса - наиболее вероятная цена, по которой он может быть отчужден на открытом рынке в условиях конкуренции, когда стороны сделки действуют разумно, располагая всей необходимой информацией, а на величине цены сделки не отражаются какие-либо чрезвычайные обстоятельства.

Основной принцип определения рыночной стоимости – это принцип предполагаемого, наиболее эффективного и наилучшего использования, объекта оценки. Стоимость бизнеса при таком подходе является усредненной рыночной стоимостью, которой бизнес может обладать при наиболее эффективном и наилучшем использовании.

Предприятие или фирма представляют собой организационно-экономическую форму существования бизнеса. Поэтому названные особенности бизнеса как товара присущи и им. Но вместе с этим у предприятия есть и свои ограничительные черты.

Предприятие - объект гражданских прав и рассматривается как имущественный комплекс, используемый для осуществления предпринимательской деятельности [3].

Предприятие как имущественный комплекс включает в себя все виды имущества, предназначенного для его деятельности: земельные участки, здания, со-

оружения, машины и оборудование, сырье и продукцию, нематериальные активы, имущественные обязательства.

В современной динамично меняющейся экономике прогрессивные изменения в технологическом развитии определяются главным образом темпом создания и распространения нововведений и наращиванием потенциала сложных, высокотехнологичных производств, которые, будучи наиболее интегрированными в общую структуру экономики, являются основной движущей силой ее роста за счет интенсивных и ресурсосберегающих факторов [4].

В сложившихся экономических условиях перед многими предприятиями стоит проблема увеличения до оптимальных пропорций (темпов) инвестиционной и инновационной активности, привлечения внешних инвестиций.

Масштаб и состояние современных украинских технологий и промышленности таковы, что бюджетное финансирование не в состоянии решить эту экономическую проблему даже для государственных предприятий (большинство предприятий промышленности приватизировано и рассчитывать на государственную финансовую поддержку не может). Для обеспечения эффективного функционирования и устойчивого развития предприятия заинтересованы в многоканальности источников инвестиционных поступлений, привлечении для этих целей собственных и заемных средств. Для этого им необходимы оценка собственного потенциала и соизмерение его возможностей с потребностями рынка.

Важно, чтобы выбранный методический подход к получению оценки рыночной стоимости того или иного предприятия полностью соответствовал физическому и экономическому состоянию оцениваемого предприятия, целям и планам последующего использования результатов проводимой оценки. При покупке - продаже имущества, оценке интеллектуальной собственности, переоценке основных фондов, осуществлении амортизационной политики, а также многих других рыночных действиях реальная оценка объективно необходима.

Существующие программы образования в области оценочной деятельности и, в частности, в вопросах оценивания предприятий и бизнеса, слабы, во многом устарели и требуют доработки, введения всего нового, прогрессивного, разработанного в последнее время.

В связи с вышеизложенным актуальность вызванной темы не вызывает сомнения.

Для проведения адекватной оценки стоимости предприятий необходимо решить следующую научную задачу: синтезировать эффективные модели и методы оценки стоимости предприятий, которые будут учитывать современные условия неопределенности рыночных отношений и позволят сократить временные и денежные затраты на проведение оценки за счет использования компьютерной информационной технологии.

Список литературы

1. Петренко В.А., Шалаев В.Н. Международная практика оценки стоимости бизнеса компании. - К.: АртЭк, 2006. - 141 с.
2. Симионова Н.Е., Симионов Р.Ю. Оценка стоимости предприятия (бизнеса). - М.: МарТ, 2004. - 463 с.
3. Сычева Г.И., Колбачев Е.Б., Сычев В.А. Оценка стоимости предприятия (бизнеса). - Ростов н/Д: Феникс, 2003. - 378 с.
4. Феррис К., Пешеро Б.П. Оценка стоимости компании: Как избежать ошибок при приобретении [Пер. с англ.]. - М.: Вильямс, 2003. - 255 с.

Інформаційна технологія прогнозування основних параметрів зони можливого ураження ймовірної пожежі внаслідок впливу теплового випромінювання

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Вступ

Унаслідок впливу уражальних чинників (УЧП) 45000...60000 пожеж, які щорічно виникають в Україні, гинуть і отримують тяжкі ураження близько 6000 осіб, знищується вогнем понад 20000 будівель і споруд, більше 2500 одиниць техніки, а тільки прямі збитки сягають 500 млн гривень [1]. При цьому чи не найбільшим у цю сумну статистику є «внесок» впливу уражального чинника – теплового випромінювання пожежі. Такі тяжкі наслідки пожеж зумовлюються передусім запізненням введення в дію угруповання пожежних підрозділів, кількісний і якісний склад сил і засобів якого був би достатнім для забезпечення гарантованого рятування людей та ефективної локалізації та ліквідації кожної з конкретних пожеж.

1. Формулювання проблеми

Указане запізнення виникає через відсутність (на момент надходження оповіщення про виникнення чергової конкретної пожежі) інформації, конче необхідної для своєчасного створення і направлення на місце пожежі адекватного за складом і чисельністю угруповання пожежних підрозділів. Зокрема, повністю відсутня інформація щодо форми, геометричних розмірів, просторового розташування та інших параметрів зони можливого ураження цієї пожежі внаслідок впливу її теплового випромінювання. Така інформація необхідна для проведення завчасного визначення потрібної кількості (за типами і моделями) основних і спеціальних пожежних машин і позицій їхнього бойового розгортання, потрібної кількості рятувальників, номенклатури їхнього оснащення тощо. Цю інформацію в наш час здобувають [1, 2, 3] проведенням пожежної розвідки в процесі локалізації та гасіння конкретної пожежі, що призводить до суттєвого запізнення введення в дію необхідних сил і засобів пожежогасіння, а отже, й до зростання людських і матеріальних втрат.

Але її можна здобути завчасно шляхом прогнозування можливих екологічних і соціально-економічних наслідків імовірних пожеж. Тому розробка інформаційної технології прогнозування основних параметрів зони можливого ураження ймовірної пожежі внаслідок впливу її теплового випромінювання ($ЗМУ_{\text{тепл}}$) є ще не вирішеною і дуже актуальною задачею.

2. Вирішення проблеми

2.1. Модель зони можливого ураження пожежі внаслідок впливу її теплового випромінювання

Зона можливого ураження $ЗМУ_{\text{тепл}}$ утворюється в оточуючому середовищі

(ОС) навколо зони горіння (ЗГ) будь-якої з пожеж унаслідок впливу її уражального чинника (УЧП) – теплового випромінювання (тобто випромінювання електромагнітних хвиль в інфрачервоному, видимому і ультрафіолетовому діапазонах). Основним джерелом указанного УЧП є розігріті молекули та інші мікрочастинки (далі - мікрочастинки), які переміщуються в межах підфакельного простору, «об'єданого факела» полум'я і висхідної гілки «димових газів» - єдиного замкненого газового потоку ЗМУ пожежі. На рис. 1 зображено: 1 – «запаси» горючого матеріалу; 2 – підфакельний простір; 3 – «об'єднаний факел» полум'я; 4 – висхідна гілка «димових газів»; 5 – низхідні гілки ЗМУ пожежі; 6 – зовнішні межі ЗМУ пожежі; 7 – атмосферне повітря оточуючого середовища.

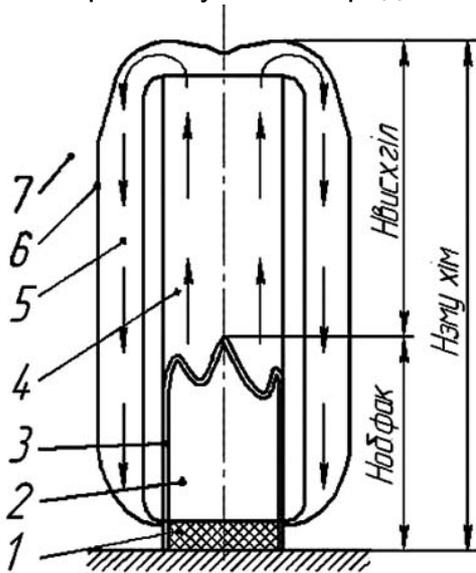


Рис. 1. Структура ЗМУ пожежі

Саме у підфакельному просторі 2 кожна мить утворюється множина $\{M_1\}$ мікрочастинок горючих газів - ГГ (пари та аерозолів горючих рідин (Грід) чи твердих горючих матеріалів (ТГМ)) і мікрочастинок насиченого киснем атмосферного повітря (яке надходить із середовища, що оточує ЗГ, і тим спричинює виникнення низхідних гілок 5). Вказані мікрочастинки «підігріваються» у підфакельному просторі та надходять до «об'єданого факела» полум'я у вигляді хімічно однорідної горючої суміші (ХОГС). При цьому величина власної температури кожної конкретної з таких мікрочастинок ($t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$) змінюється в межах від значення температури випаровування конкретного горючого матеріалу ($t_{\text{вип.Гмконкр}}$) до значення температури його факелу полум'я ($t_{\text{фак.Гмконкр}}$).

У тонкостінній оболонці «об'єданого факела» полум'я пожежі відбувається екзотермічна реакція перетворення мікрочастинок ХОГС у множину $\{M_2\}$ мікрочастинок продуктів повного і неповного згорання, власна температура кожної з яких має значення $t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} \approx t_{\text{фак.Гмконкр}}$.

Зазначені мікрочастинки під впливом архімедової піднімальної сили виходять за межі «об'єданого факела» полум'я і утворюють (разом з мікрочастинками продуктів повного і неповного згорання, які виникли в «об'єданому факелі» у попередні моменти) множину $\{M_3\}$ мікрочастинок висхідної гілки «димових газів». У процесі руху вздовж висхідної гілки мікрочастинки «димових газів» охолоджуються. При цьому величина їхньої власної температури змінюється в межах від значення $t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} = t_{\text{фак.Гмконкр}}$ до значення $t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} = t_{\text{ОС}}$ (де $t_{\text{ОС}}$ – температура оточуючого середовища).

Відомо [4], що при нагріванні матеріальних тіл (зокрема, мікрочастинок множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$ і $\{M_3\}$) частина (55...60%) теплової енергії трансформується у «теплове випромінювання» у інфрачервоному, видимому і ультрафіолетовому діапазонах електромагнітних хвиль. Отже, кожна з конкретних мікрочастинок множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$ і $\{M_3\}$ є своєрідним «елементарним генератором» електромагнітних коливань, довжина хвилі власного максимального теплового випромінювання якого згідно із законом Віна визначається співвідношенням

$$\lambda_{\text{max.влас.конкр}} = \frac{2880 \cdot 10^{-6}}{(t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} + 273)}, \quad (1)$$

де $\lambda_{\text{макс.влас.конкр}}$ – довжина хвилі власного максимального теплового випромінювання конкретної нагрітої мікрочастинки, м;

$t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$ - власна температура конкретної нагрітої мікрочастинки, °С.

У свою чергу, частоту електромагнітних коливань максимального теплового випромінювання кожного конкретного з таких «елементарних генераторів» можна визначити за формулою

$$f_{\text{макс.влас.конкр}} = 1,042 \cdot 10^{11} \cdot (t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} + 273), \quad (2)$$

де $f_{\text{макс.влас.конкр}}$ – частота електромагнітних коливань власного максимального теплового випромінювання конкретної нагрітої мікрочастинки, Гц;

$t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$ - власна температура конкретної нагрітої мікрочастинки, °С.

Кожна конкретна з нагрітих мікрочастинок множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$ і $\{M_3\}$ народжується і функціонує протягом певного терміну як конкретний «елементарний генератор» незалежно від умов «народження і функціонування» інших мікрочастинок. Крім того (при будь-якому законі розподілення), ймовірність одночасного виникнення двох, трьох і т.д. нагрітих мікрочастинок, які мають однакові величини $t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$, на два і більше порядків менша від імовірності одночасного виникнення нагрітих мікрочастинок, величини власних температур яких (хоч і не дуже суттєво) відрізняються одна від іншої. Тому електромагнітні коливання, що випромінюються абсолютно більшістю вказаних «елементарних генераторів», є некогерентними і розрізняються за значенням їхніх частот.

Згідно із законом Стефана – Больцмана інтенсивність теплового випромінювання кожної з нагрітих мікрочастинок (у місці її розташування) прямо пропорційна четвертому степеню її абсолютної температури:

$$I_{\text{мікрочаст.конкр}} = \epsilon_{\text{мікрочаст}} \cdot \sigma \cdot (t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} + 273)^4, \quad (3)$$

де $I_{\text{мікрочаст.конкр}}$ – інтенсивність теплового випромінювання (на частоті $f_{\text{макс.влас.конкр}}$) у місці розташування конкретної нагрітої мікрочастинки (тобто потужність електромагнітних коливань, що випромінюються з одиниці поверхні вказаної мікрочастинки), Вт/м²;

$\epsilon_{\text{мікрочаст}}$ - коефіцієнт «чорноти» нагрітої мікрочастинки;

σ - стала Стефана – Больцмана ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²);

$t_{\text{влас.мікроч.конкр}}$ - власна температура конкретної нагрітої мікрочастинки, °С.

Оскільки лінійні розміри кожної з нагрітих мікрочастинок (наприклад, для молекул газів вони не перевищують значення $10^{-8} \dots 10^{-9}$ м) значно менші, ніж довжина хвилі, що ними випромінюється ($\lambda_{\text{макс.влас.конкр}} = 10^{-4} \dots 10^{-6}$ м), то діаграму спрямованості кожного з таких «елементарних генераторів» можна вважати сфероподібною. Тому теплове випромінювання кожного з таких «елементарних генераторів» розповсюджується в оточуючому середовищі рівномірно у всіх напрямках (відносно місця розташування конкретної нагрітої мікрочастинки) у межах сфери із швидкістю, близькою до значення $3 \cdot 10^8$ м/с. При цьому потужність електромагнітних коливань вказаного «елементарного генератора» визначається формулою

$$\begin{aligned} P_{\text{тепл.випр.ел.ген}} &= I_{\text{мікрочаст.конкр}} \cdot S_{\text{пов.мікрочаст.конкр}} = \\ &= \epsilon_{\text{мікрочаст}} \cdot \sigma \cdot (t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} + 273) \cdot \pi \cdot d_{\text{мікрочаст}}^2, \end{aligned} \quad (4)$$

де $P_{\text{тепл.випр.ел.ген}}$ - потужність електромагнітних коливань теплового випромінювання елементарного генератора, Вт;

$I_{\text{мікрочаст.конкр}}$ - інтенсивність теплового випромінювання конкретної нагрітої мікрочастинки, Вт/м²;

$S_{\text{пов.мікрочаст.конкр}}$ - площа поверхні конкретної нагрітої мікрочастинки, м²;

$\epsilon_{\text{мікрочаст}}$ - коефіцієнт “чорноти” нагрітої мікрочастинки ($\epsilon_{\text{мікрочаст}} \approx 1$);

σ - стала Стефана – Больцмана;

$t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$ - власна температура конкретної нагрітої мікрочастинки, °С;

$d_{\text{мікрочаст}}$ - діаметр розігрітої мікрочастинки, м.

У процесі такого розповсюдження інтенсивність первинного електромагнітного поля, що випромінюється конкретною нагрітою мікрочастинкою (тобто поверхнева густина потужності теплового потоку (ПГППП_{мікрочаст.конкр})), зменшується згідно з виразом

$$\text{ПГППП}_{\text{мікрочаст.конкр}}(r) = \frac{P_{\text{тепл.випр.ел.ген}}}{4\pi r^2} \approx \frac{\sigma}{4r^2} (t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} + 273)^4 \cdot d_{\text{мікрочаст}}^2, \quad (5)$$

де $\text{ПГППП}_{\text{мікрочаст.конкр}}(r)$ – величина поверхневої густини потужності теплового потоку залежно від відстані r до конкретної нагрітої мікрочастинки, Вт/м²;

$P_{\text{тепл.випр.ел.ген}}$ - потужність електромагнітних коливань “теплового випромінювання” елементарного генератора, Вт;

σ - стала Стефана – Больцмана;

$t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$ - особиста температура конкретної нагрітої мікрочастинки, °С;

$d_{\text{мікрочаст}}$ - діаметр розігрітої мікрочастинки, м;

r – відстань від конкретної нагрітої мікрочастинки, м.

Указане первинне електромагнітне поле при досягненні будь-якого з конкретних матеріальних об’єктів (який розташований в оточуючому середовищі та має температуру – $t_{\text{об’єкт.конкр}} = t_{\text{OC}}$) наводить у ньому струми електропровідності i (або) струми електрозміщення. У результаті виникнення цих струмів:

- частина енергії первинного електромагнітного поля (поглинута цим матеріальним об’єктом) перетворюється у теплову енергію, яка нагріває об’єкт, унаслідок чого підвищується його температура ($t_{\text{об’єкт.конкр}} > t_{\text{OC}}$);

- інша частина поглинутої цим об’єктом енергії витрачається на створення вторинного поля теплового випромінювання нагрітого описаним способом об’єкта, що сприяє його охолодженню.

Зазначене вторинне електромагнітне поле поширюється, як правило, і в напрямку конкретного «елементарного генератора», який створює первинне електромагнітне поле, що призводить до зниження ефективності нагріву конкретного матеріального об’єкта тепловим випромінюванням конкретної нагрітої мікрочастинки згідно із співвідношенням

$$\text{ПГППП}_{\text{мікрочаст.конкр}}(r_{\text{об’єкт.конкр}}) = \frac{\sigma \cdot d_{\text{мікрочаст}}^2}{4r_{\text{об’єкт.конкр}}^2} (t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}^4 - t_{\text{об’єкт.конкр}}^4), \quad (6)$$

де $\text{ПГППП}_{\text{мікрочаст.конкр}}(r_{\text{об’єкт.конкр}})$ – величина поверхневої густини потужності теплового потоку, що створюється в оточуючому середовищі тепловим випромінюванням конкретної нагрітої мікрочастинки на відстані $r_{\text{об’єкт.конкр}}$ від неї, яка ефективно використовується для нагріву конкретного матеріального об’єкта, Вт/м²;

σ - стала Стефана – Больцмана;

$d_{\text{мікрочаст}}$ - діаметр розігрітої мікрочастинки, м;

$t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$ - власна температура конкретної нагрітої мікрочастинки, °С;

$t_{\text{об'єкт.конкр}}$ - температура конкретного матеріального об'єкта, що опромінюється тепловим випромінюванням нагрітої мікрочастинки, °С;

$r_{\text{об'єкт.конкр}}$ - відстань від конкретної нагрітої мікрочастинки до конкретного опромінюваного матеріального об'єкта, м.

Згідно з виразом (6) конкретна нагріта мікрочастинка може продовжувати нагрівати своїм тепловим випромінюванням матеріальний об'єкт, що опромінюється нею, тільки за умови $t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}} > t_{\text{об'єкт.конкр}}$, а величина енергії, яка витрачається на здійснення такого нагріву цього матеріального об'єкта, визначається співвідношенням

$$E_{\text{нагр.об'єкт.конкр}} = \frac{T_{\text{нагр.мікрочаст.конкр}} \cdot \sigma \cdot d_{\text{мікрочаст}}^2}{4r_{\text{об'єкт.конкр}}^2} (t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}^4 - t_{\text{об'єкт.конкр}}^4), \quad (7)$$

де $E_{\text{нагр.об'єкт.конкр}}$ - величина енергії теплового випромінювання конкретної розігрітої мікрочастинки, яка витрачається на нагрівання конкретного об'єкта, розташованого на відстані $r_{\text{об'єкт.конкр}}$ від указаної мікрочастинки, Дж;

$T_{\text{нагр.мікрочаст.конкр}}$ - термін «нагрівання» тепловим випромінюванням конкретної розігрітої мікрочастинки конкретного матеріального об'єкта, с;

σ - стала Стефана – Больцмана;

$d_{\text{мікрочаст}}$ - діаметр розігрітої мікрочастинки, м;

$t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$ - власна температура конкретної нагрітої мікрочастинки, °С;

$t_{\text{об'єкт.конкр}}$ - температура конкретного матеріального об'єкта, що опромінюється тепловим випромінюванням нагрітої мікрочастинки, °С;

$r_{\text{об'єкт.конкр}}$ - відстань від конкретної нагрітої мікрочастинки до конкретного опромінюваного матеріального об'єкта, м.

Енергію природного охолодження зазначеного конкретного матеріального об'єкта можна оцінити з використанням співвідношення

$$E_{\text{охол.об'єкт.конкр}} = T_{\text{охол}} \cdot \sigma \cdot (t_{\text{об'єкт.конкр}}^4 - t_{\text{OC}}^4), \quad (8)$$

де $E_{\text{охол.об'єкт.конкр}}$ - величина енергії «природного охолодження» конкретного матеріального об'єкта, Дж;

$T_{\text{охол}}$ - термін охолодження конкретного матеріального об'єкта, с;

$t_{\text{об'єкт.конкр}}$ - температура конкретного матеріального об'єкта, що опромінюється тепловим випромінюванням, °С;

t_{OC} - температура оточуючого середовища, °С.

Якщо протягом терміну $T_{\text{нагр.мікрочаст.конкр}} = T_{\text{охол}}$ величина енергії «нагріву» конкретного матеріального об'єкта ($E_{\text{нагр.об'єкт.конкр}}$) перевищує величину енергії його «природного охолодження» ($E_{\text{охол.об'єкт.конкр}}$), то температура поверхні цього об'єкта ($t_{\text{об'єкт.конкр}}$) зростає. Зростання величини $t_{\text{об'єкт.конкр}}$ припиняється в момент, коли виконується співвідношення $E_{\text{нагр.об'єкт.конкр}} = E_{\text{охол.об'єкт.конкр}}$.

Описані вище процеси впливу теплового випромінювання на матеріальні об'єкти (розташовані в ОС навколо ЗГ первинної пожежі) характерні для будь-якої з нагрітих мікрочастинок, що входять до складу множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$ чи $\{M_3\}$. Враховуючи, що кожна з абсолютної більшості нагрітих мікрочастинок випромінює неко-

герентні з іншими електромагнітні коливання на своїй власній частоті $f_{\text{max.влас.конкр}}$ (величина якої відрізняється від величин частот випромінювання всіх інших розігрітих мікрочастинок), можна вважати, що величина енергії нагріву конкретного матеріального об'єкта $E_{\text{нагр.об'єкт.конкр}\{M_1, \{M_2\} \text{ і } \{M_3\}}$ від одночасного впливу теплового випромінювання кожної з нагрітих мікрочастинок множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$ і $\{M_3\}$ пропорційна сумі величин поверхневої густини потужності теплових потоків усіх розігрітих мікрочастинок зазначених множин $(\sum \text{ПГПТП}_{\text{мікрочаст.конкр.і}\{M_1\}} + \sum \text{ПГПТП}_{\text{мікрочаст.конкр.і}\{M_2\}} + \sum \text{ПГПТП}_{\text{мікрочаст.конкр.і}\{M_3\}})$. Тому з моменту виникнення первинної пожежі і аж до початку фази «стале горіння» у нагріванні конкретних матеріальних об'єктів (розташованих в ОС навколо ЗГ) беруть участь всі «елементарні генератори» (тобто всі розігріті мікрочастинки), що переміщуються в межах підфакельного простору, «об'єданого факела» полум'я і висхідної гілки «димових газів».

З плином часу через зростання величини температури $t_{\text{об'єкт.конкр}}$ кожного з опромінюваних матеріальних об'єктів з процесу їх нагрівання поступово усуваються ті з нагрітих мікрочастинок, у яких величина температури $t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$ стає меншою, ніж значення величини температури конкретних об'єктів $t_{\text{об'єкт.конкр}}$. Таким чином, вже на початку фази пожежі «стале горіння» з процесу нагрівання конкретних матеріальних об'єктів (розташованих в ОС навколо ЗГ) усуваються все більше і більше нагрітих мікрочастинок множини $\{M_3\}$, а згодом – все більше і більше мікрочастинок множини $\{M_1\}$. Отже, впродовж майже всього терміну тривалості фази «стале горіння» у процесі нагрівання конкретних матеріальних об'єктів продовжують брати участь тільки нагріті мікрочастинки «об'єданого факела» полум'я, які утворюють множину $\{M_2\}$.

Описане нагрівання матеріальних об'єктів свідчить про наявність в оточуючому середовищі (навколо ЗГ первинної пожежі) зони можливого ураження (ЗМУ_{тепл}), яка утворюється внаслідок впливу первинного уражального чинника – теплового випромінювання пожежі. Через сфероподібність діаграми спрямованості кожного з «елементарних генераторів» ця ЗМУ_{тепл} являє собою просторову об'ємну геометричну фігуру, яка «охоплює» просторову об'ємну фігуру зони горіння первинної пожежі. Існуючий практичний досвід свідчить, що в межах цієї ЗМУ_{тепл} (саме внаслідок впливу «теплового випромінювання» пожежі) люди можуть отримати опіки відкритих ділянок шкірних покривів і слизових оболонок, а будівлі, споруди, інші матеріальні об'єкти можуть зазнати термічного пошкодження і навіть загорітися у разі виконання співвідношення

$$t_{\text{об'єкт.конкр}} \geq t_{\text{спалахГМконкр}}, \quad (9)$$

де $t_{\text{об'єкт.конкр}}$ – температура «нагріву» конкретного матеріального об'єкта, °С;

$t_{\text{спалахГМконкр}}$ – температура спалахування конкретного горючого матеріалу (ГМ_{конкр}), який входить до складу цього об'єкта, °С.

Виникнення вторинної пожежі на конкретній (що опромінюється тепловим випромінюванням первинної пожежі) будівлі (споруді і т.ін.) стає можливим при виконанні співвідношення

$$\text{ПГПСТП}_{\text{об'єкт.конкр}} \geq \text{КПГПТП}_{\text{конкр.ГМ}}, \quad (10)$$

де $\text{ПГПСТП}_{\text{об'єкт.конкр}}$ – величина поверхневої густини потужності сумарного (від випромінювання всіх розігрітих мікрочастинок множини $\{M_2\}$) теплового потоку у місці розташування конкретного матеріального об'єкта, кВт/м² (як показано

вище, впродовж фази «стале горіння» первинної пожежі $\text{ПГПСТП}_{\text{об'єкт.конкр}} = \sum \text{ПГПТП}_{\text{мікрочаст.конкр.і}\{M2\}}$;

$\text{КПГПТП}_{\text{конкр.ГМ}}$ - величина критичного (мінімального) значення поверхневої густини потужності теплового потоку, за якої виникає стале горіння конкретного горючого матеріалу, що входить до складу опромінюваної будівлі (споруди і т.ін.), кВт/м^2 .

Державним стандартом України ДСТУ Б.В.1.1-2-97 встановлено такі групи займистості будівельних і оздоблювальних ГМ залежно від величини їхньої КПГПТП: В1 (при $\text{КПГПТП} \geq 35 \text{ кВт/м}^2$); В2 (при $20 \text{ кВт/м}^2 \leq \text{КПГПТП} < 35 \text{ кВт/м}^2$); В3 (при $\text{КПГПТП} < 20 \text{ кВт/м}^2$). У роботі [5] наведено значення $\text{КПГПТП}_{\text{конкр.ГМ}}$ для різних горючих матеріалів залежно від часу їх опромінювання $T_{\text{опр}}$ (180 с, 300 с і 900 с відповідно). Абсолютна більшість з відомих будівельних і оздоблювальних горючих матеріалів займається при $10 \text{ кВт/м}^2 \leq \text{ПГПСТП}_{\text{об'єкт.конкр}} \leq 30 \text{ кВт/м}^2$ (за умови $T_{\text{опр}} \geq 900 \text{ с}$). Водночас люди майже миттєво ($T_{\text{опр}} \leq 15 \text{ с}$) отримують опіки: першого ступеня – при $\text{ПГПСТП} = 30 \dots 60 \text{ кВт/м}^2$; другого ступеня – при $\text{ПГПСТП} = 60 \dots 150 \text{ кВт/м}^2$; третього ступеня – при $\text{ПГПСТП} = 150 \dots 220 \text{ кВт/м}^2$; четвертого ступеня – при $\text{ПГПСТП} > 220 \text{ кВт/м}^2$.

Враховуючи викладене, зоною можливого ураження «тепловим випромінюванням» первинної пожежі є частина простору навколо зони горіння, в межах якої величина ПГПСТП перевищує значення 10 кВт/м^2 . Зовнішньою межею $\text{ЗМУ}_{\text{тепл}}$ (за відсутності вітру) є поверхня просторової об'ємної геометричної фігури:

- яка «охоплює» просторову геометричну фігуру ЗГ первинної пожежі та має з нею спільну вертикальну вісь симетрії, що проходить через геометричний центр горизонтальної проекції зони горіння первинної пожежі;

- в кожній точці якої величина ПГПСТП дорівнює 10 кВт/м^2 .

Горизонтальною проекцією зовнішньої межі $\text{ЗМУ}_{\text{тепл}}$ є замкнена лінія, в кожній точці якої $\text{ПГПСТП} = 10 \text{ кВт/м}^2$. Тому горизонтальною проекцією $\text{ЗМУ}_{\text{тепл}}$ є ділянка території пожежонебезпечного об'єкта (навколо горизонтальної проекції ЗГ первинної пожежі), в межах якої можуть виникнути вторинні пожежі на розташованих там будівлях (спорудах і т.ін.), а також загальні та санітарні втрати людей внаслідок впливу теплового випромінювання первинної пожежі. При цьому в кожній точці горизонтальної проекції зовнішньої межі $\text{ЗМУ}_{\text{тепл}}$ виконується співвідношення

$$10 \text{ кВт/м}^2 = \frac{\sigma \cdot (t_{\text{об.фак.конкр}} + 273)^4 \cdot d_{\text{мікрочаст}}^2}{4} \left(\frac{1}{r_{1-КТ10}^2} + \frac{1}{r_{2-КТ10}^2} + \dots + \frac{1}{r_{m2-КТ10}^2} \right), \quad (11)$$

де σ – стала Стефана – Больцмана;

$t_{\text{об.фак.конкр}}$ – температура «об'єднаного факела» полум'я, $^{\circ}\text{C}$;

$d_{\text{мікрочаст}}$ - діаметр розігрітої мікрочастинки, м;

$r_{1-КТ10}$, $r_{2-КТ10}$, ..., $r_{m2-КТ10}$ – значення величин відстаней від будь-якої з конкретних точок (КТ10) на зовнішній межі горизонтальної проекції $\text{ЗМУ}_{\text{тепл}}$ до першої, другої, ..., m_2 -ї розігрітих мікрочастинок «об'єднаного факела» полум'я первинної пожежі, м.

На думку авторів, для визначення форми, геометричних розмірів і просторового розташування зовнішньої межі горизонтальної проекції $\text{ЗМУ}_{\text{тепл}}$ конкретної первинної пожежі (за даними про форму, геометричні розміри і просторове розташування горизонтальної проекції зони горіння цієї пожежі) найпродуктивнішим є застосування чисельно-графічних методів розв'язання співвідношення (11) з викори-

станням ПЕОМ. При цьому з метою запобігання втратам інформації (через недостатню коректність вибору «кроків подрібнення») доцільно замінити множник виразу (10) $\frac{\sigma \cdot (t_{об.фак.конкр} + 273)^4 \cdot d_{мікрочаст}^2}{4}$ на:

- множник $\frac{0,6 \cdot m_{зап.ГМконкр} \cdot H_{Тконкр.ГМ}}{4 \cdot \pi \cdot T_{виг} \cdot m_2}$ – у разі первинної пожежі з горінням

розгерметизованих «запасів» горючих газів, горючих рідин чи складованих твердих горючих матеріалів (де $m_{зап.ГМконкр}$ – маса «запасів» конкретного виду ГМ, кг; $H_{Тконкр.ГМ}$ – теплотворна здатність конкретного виду ГМ, Дж/кг; $T_{виг}$ – час вигорання вказаних «запасів» ГМ, с; m_2 – кількість «кроків подрібнення» ЗГ (тобто кількість розігрітих умовних мікрочастинок у складі «об'єданого факела» полум'я первинної пожежі), одиниць);

- множник $\frac{K}{4 \cdot \pi \cdot m_2} (S_{буд.ел1} \cdot \beta_{буд.ел1} + S_{буд.ел2} \cdot \beta_{буд.ел2} + \dots + S_{буд.елn} \cdot \beta_{буд.елn})$ – у разі

пожежі на будівлях (спорудах і т.ін.), будівельні й оздоблювальні елементи яких виготовлені з використанням ГМ (де K – значення величини «питомого теплового навантаження» (тобто величина ПГПСТП, що випромінюється в ОС з 1 м² площі будівельного елемента, Вт/м², для ТГМ з $H_T \leq 21 \cdot 10^6$ Дж/кг $K = 233000$ Вт/м²); $S_{буд.ел1}, S_{буд.ел2}, \dots, S_{буд.елn}$ – величини можливої площі горіння першого, другого, ... n-го будівельних елементів; $\beta_{буд.ел1}, \beta_{буд.ел2}, \dots, \beta_{буд.елn}$ – величини коефіцієнтів «доступності для вигорання» першого, другого, n-го будівельних елементів ($0 \leq \beta_{буд.ел} \leq 1$); m_2 – кількість «кроків подрібнення» ЗГ, одиниць).

Процеси визначення і відображення горизонтальної проекції зовнішньої межі ЗМУ_{тепл} на плані пожежонебезпечного об'єкта (ПНО) показано на рис. 2, 3 і 4.

На рис. 2 відображено аксонометричні проекції зон горіння різних видів первинних пожеж: пожежі на будівлі (довжиною $D_{буд}$ і шириною $Ш_{буд}$) – рис. 2,а; пожежі з горінням горючої рідини (розлитої на горизонтальну підстиляючу поверхню в «калюжу» у формі круга з діаметром $d_{кал}$) – рис. 2,б; пожежі при аварійній розгерметизації газопроводу (з основою витoku горючого газу у формі круга з діаметром $d_{осн} = 5d_{тр}$) – рис. 2,с.

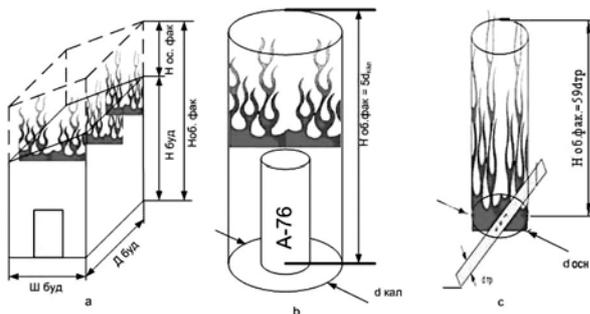


Рис. 2. Види пожеж

На рис. 3 відображено горизонтальні проекції зон горіння вказаних первинних пожеж, форма, лінійні розміри і просторове розташування яких збігаються з відповідними параметрами горизонтальних проекцій ділянок розташування «запасів» ГМ: на рис. 3,а – у формі прямокутника із сторонами $D_{буд}$ і $Ш_{буд}$; на рис. 3,б – у формі круга з діаметром $d_{кал}$; на рис. 3,с – у формі круга з діаметром $d_{осн}$. Зазначені горизонтальні проекції

відображають на плані ПНО за допомогою тактичного знака «зона горіння» («ЗГ»), зовнішню межу якого виконують у вигляді замкненої штрихової лінії відповідної форми і лінійних розмірів червоного кольору, а внутрішнє поле цього знака заштриховують нахиленими паралельними прямими червоного кольору (див. позиції 2 на рис. 3,а, б, с і рис. 4,а, б, с). У геометричному центрі цих тактичних знаків відображають тактичний знак «Центр займання» («ЦЗ») у вигляді круга червоного кольору діаметром п'ять міліметрів (див. позиції 1 на рис. 3,а, б, с і рис. 4,а, б, с).

Форму, лінійні розміри і просторове розташування горизонтальної проекції зовнішньої межі ЗМУ_{тепл} кожного з видів пожеж визначають (за даними про такі ж параметри ЗГ цих пожеж, а також за даними про величини температури «об'єднаного факела» полум'я цих пожеж $t_{об.фак.конкр}$) шляхом розв'язання співвідношення (11) чисельно-графічними методами. Отримані результати відображають на плані ПНО за допомогою тактичного знака «Зовнішня межа ЗМУ_{тепл}» (див. позиції 3 на рис. 4, а, б, с) у вигляді замкненої суцільної лінії червоного кольору (відповідної форми і лінійних розмірів), яка «охоплює» ЗГ первинної пожежі та у розриві якої чорним кольором виконують пояснювальний напис «10» (тобто 10 кВт/м²).

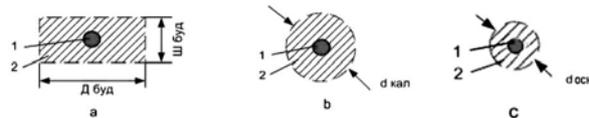


Рис. 3. Відображення зон горіння пожеж

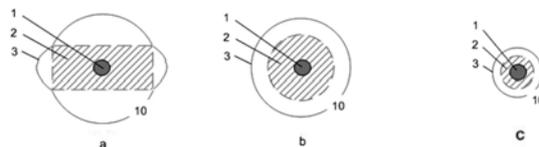


Рис. 4. Відображення ЗМУ_{тепл}

Наочне відображення форми, лінійних розмірів і просторового розташування горизонтальної проекції зовнішньої межі ЗМУ_{тепл} дозволяє спрогнозувати можливі місця виникнення вторинних пожеж і можливі величини загальних і санітарних втрат людей внаслідок впливу теплового випромінювання.

На будівлях, спорудах, інших матеріальних об'єктах з вмістом ГМ, які за прогнозом опиняються в межах ЗМУ_{тепл} первинної пожежі, під впливом її теплового випромінювання можуть виникнути вторинні пожежі. Результати такого прогнозу відображають на плані ПНО за допомогою тактичного знака «Вторинна пожежа» червоного кольору у вигляді круга діаметром три міліметра з трьома «язиками полум'я». Цей тактичний знак наносять поряд з умовними зображеннями вказаних будівель (споруд і т.ін.) на плані ПНО.

У свою чергу, особи виробничого персоналу найбільшої працюючої зміни (населення), робочі місця (місця перебування) яких за прогнозом опиняються в межах ЗМУ_{тепл}, можуть загинути або отримати тяжкі ураження внаслідок впливу теплового випромінювання первинної та вторинних пожеж. При цьому можливу величину загальних і санітарних втрат людей рекомендується визначати з використанням формул

$$M_{заг.тепл} = N_{НПЗ.ЗМУ_{тепл}} \text{ (або } N_{нас.ЗМУ_{тепл}} \text{)}, \quad (12)$$

$$M_{сан.тепл} = 0,95 \cdot M_{заг.тепл}, \quad (13)$$

де $M_{заг.тепл}$ – величина загальних втрат людей внаслідок впливу теплового випромінювання первинної та вторинних пожеж, осіб;

$N_{НПЗ.ЗМУ_{тепл}}$ – кількість виробничого персоналу найбільшої працюючої зміни, робочі місця якого за прогнозом опиняються в межах ЗМУ_{тепл}, осіб;

$N_{нас.ЗМУ_{тепл}}$ – кількість населення, місця перебування якого за прогнозом опиня-

ються в межах $ЗМУ_{\text{тепл}}$, осіб;

$M_{\text{сан.тепл}}$ – величина санітарних втрат людей внаслідок впливу теплового випромінювання первинної та вторинних пожеж, осіб.

2.2. Розробка інформаційної технології

Викладене у підрозд. 2.1 дозволяє встановити такі основні закономірності.

1. Теплове випромінювання із зони горіння первинної пожежі в оточуюче середовище є одним з її найпотужніших уражальних чинників, вплив якого призводить (може призвести) до загибелі і (або) тяжкого ураження людей (тварин, рослин), значних матеріальних збитків, суттєвого погіршення стану навколишнього природного середовища.

2. Джерелами цього уражального чинника впродовж першої фази конкретної пожежі є розігріті мікрочастинки: множини $\{M_1\}$ (які переміщуються у підфакельному просторі ЗГ); множини $\{M_2\}$ (що переміщуються в межах «об'єданого факела» полум'я); множини $\{M_3\}$ (що переміщуються у висхідній гілці «димових газів»). Упродовж фази «стале горіння» і до ліквідування пожежі основним джерелом УЧП теплове випромінювання пожежі є множина $\{M_2\}$ розігрітих мікрочастинок «об'єданого факела» полум'я, що мають власну температуру $t_{\text{влас.мікрочаст}\{M_2\}}$, величина якої лежить в межах діапазону температур $t_{\text{об.фак.конкр ГМ}} (1 \pm 10^{-2})$.

3. Абсолютна більшість з нагрітих мікрочастинок множини $\{M_2\}$ має свою (відмінну від інших) власну температуру $t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$. Тому вони являють собою «елементарні генератори» електромагнітних коливань, кожен з яких має «свою» (відмінну від інших) довжину хвилі максимального теплового випромінювання $\lambda_{\text{мах.влас.мікрочаст.конкр}} = 2880 \cdot 10^{-6} / t_{\text{влас.мікрочаст.конкр}}$.

4. Через малі (порівняно з величиною $\lambda_{\text{мах.влас.мікрочаст.конкр}}$) розміри нагрітих мікрочастинок діаграму спрямованості теплового випромінювання кожного з таких «елементарних генераторів» можна вважати сфероподібною.

5. З цієї причини (а також через відмінність значень величин власної частоти максимального теплового випромінювання $f_{\text{мах.влас.мікрочаст.конкр}}$ кожного з таких «елементарних генераторів») поверхнева густина сумарної потужності теплового потоку ПГСППП_{конкр.пож.і}, що випромінюється із зони горіння конкретної первинної пожежі, у будь-якій і-й точці оточуючого середовища є сумою величин поверхневої густини потужності теплових потоків кожної з конкретних нагрітих мікрочастинок множини $\{M_2\}$ - ПГСППП_{конкр.пож.і} = $\sum \text{ПГСППП}_{\text{мікрочаст.конкр}}$.

6. Вплив сумарного теплового випромінювання із ЗГ первинної пожежі призводить до нагріву розташованих навколо неї матеріальних об'єктів, коефіцієнт чорноти яких (ϵ) задовольняє співвідношення $0 < \epsilon \leq 1$. Внаслідок такого впливу:

- мікрочастинки атмосферного повітря ОС практично не нагріваються (бо $\epsilon_{\text{пов}} \approx 0$);

- будівлі, споруди, інші матеріальні об'єкти з вмістом ГМ ($0 < \epsilon_{\text{буд}} \leq 1$) отримують термічні пошкодження і можуть навіть загорітися (при ПГСППП_{конкр.пож} \geq КПППП_{об'єкт.конкр}}), в результаті чого виникають вторинні пожежі;

- люди можуть отримати опіки відкритих ділянок шкірних покривів і слизових оболонок, а їх одяг може загорітися (бо $\epsilon_{\text{люд}} \approx 1$).

7. Ділянка території ПНО навколо ЗГ конкретної первинної пожежі, де внаслідок впливу її теплового випромінювання можуть виникнути вторинні пожежі, а також загальні та санітарні втрати людей, є $ЗМУ_{\text{тепл}}$ цієї пожежі.

8. Форму, лінійні розміри і просторове розташування горизонтальної проекції зовнішньої межі ЗМУ_{тепл} первинної пожежі визначають (за даними про такі ж параметри її ЗГ, а також про величину температури «об'єднаного факела» полум'я $t_{об.фак}$) шляхом розв'язання чисельно-графічними методами співвідношення (11). Вказану горизонтальну проекцію відображають на плані ПНО за допомогою тактичного знака «Зовнішня межа ЗМУ_{тепл}».

9. Вторинні пожежі, ініційовані тепловим випромінюванням первинної пожежі, можуть виникнути на тих будівлях, спорудах, інших матеріальних об'єктах з вмістом ГМ, які за прогнозом «опиняються» в межах ЗМУ_{тепл}. Можливі місця виникнення вторинних пожеж відображають на плані ПНО за допомогою тактичного знака «Вторинна пожежа».

10. Можливі величини загальних і санітарних втрат людей внаслідок впливу теплового випромінювання первинної та ініційованих нею вторинних пожеж рекомендується визначати з використанням формул (12) і (13).

Враховуючи викладене, розроблювана інформаційна технологія ІТ_{III} щодо визначення і відображення основних параметрів зони можливого ураження тепловим випромінюванням імовірної пожежі передбачає завчасне створення «Характеристики досліджуваного пожежонебезпечного об'єкта (ХДО)», а також електронних копій «Карток очікуваної пожежної обстановки...» (ЕК «Картки...») і електронних копій документа «Прогнозовані параметри зони можливого ураження внаслідок впливу теплового випромінювання» (ЕК «ПП ЗМУ_{тепл}») (за числом будівель, споруд, технологічних систем і т.ін., розташованих на території ПНО) та почергове виконання операцій інформаційних моделей (ІМ_{III1}, ІМ_{III2}, ІМ_{III3}) згідно з алгоритмом, відображеним на рис. 5.

«Характеристика досліджуваного пожежонебезпечного об'єкта (ХДО)» складається за результатами обстеження і вимірювання кожного із фактично існуючих (після проведення останньої реконструкції, ремонту, добудови і т.ін.) будівельно-конструктивних елементів кожної з будівель (споруд, технологічних систем та ін.), розташованих на території цього ПНО. Вона повинна містити опис основних відомостей щодо форми, геометричних розмірів і просторового розташування кожного з таких елементів з вмістом «запасів» ГМ, виду, агрегатного стану, маси (теплового навантаження) та інших теплофізичних характеристик указаних ГМ, а також необхідні таблиці та довідкові матеріали.

Кожна з електронних копій «Картки очікуваної пожежної обстановки...» (ЕК «Картки...») являє собою:

- електронний варіант заголовку бланка «Картка очікуваної пожежної обстановки, що може виникнути на території (назва досліджуваного ПНО) у результаті пожежі на (номер і назва конкретного елемента ПНО)»;
- розміщений на тому ж бланку (під указаним заголовком) електронний варіант Плану досліджуваного ПНО;
- «прив'язану» до зазначеного Плану електронну координатну мережу (з метою подальшого використання цієї мережі для визначення координат кожної з конкретних будівель (споруд і т.ін.) ДПНО, а також відображення на Плані відповідних тактичних знаків і пояснювальних написів).

Кожна з електронних копій документа «Прогнозовані параметри зони можливого ураження тепловим випромінюванням» (ЕК «ПП ЗМУ_{тепл}») являє собою:

- електронний варіант заголовку бланка «Прогнозовані параметри зони можливого ураження внаслідок впливу теплового випромінювання ймовірної пожежі на (номер і назва конкретного елемента ПНО)»;

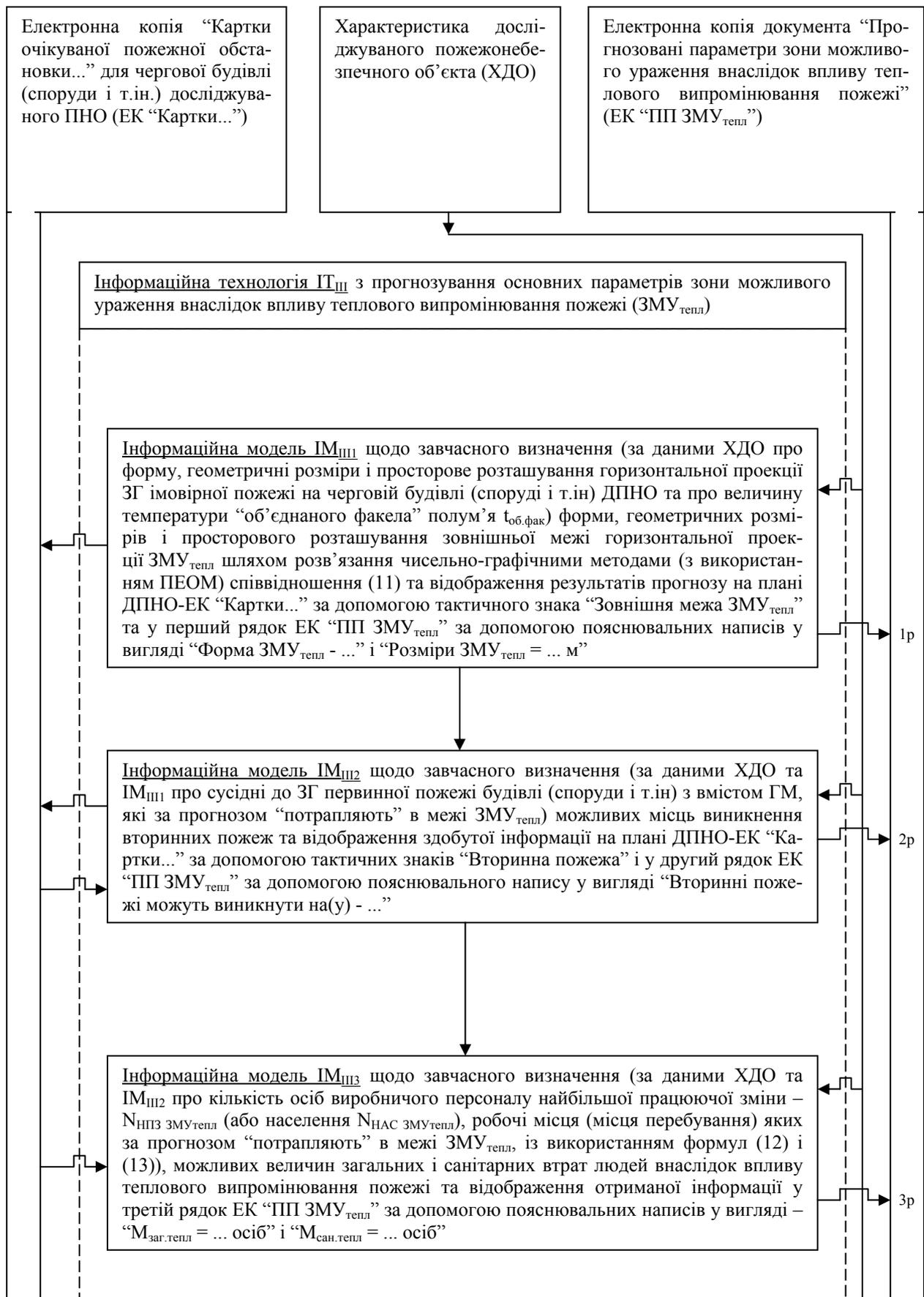


Рис. 5. Алгоритм реалізації інформаційної технології ІТ_{III}

- розміщений на тому ж бланку (під указаним заголовком) електронний варіант тестової таблиці.

Прогнозовані параметри ЗМУ_{тепл}

Номери рядків	Тестові завдання	Результати тестування
1	Визначення можливих форми, геометричних розмірів і просторового розташування зовнішньої межі горизонтальної проекції ЗМУ _{тепл}	«Форма ЗМУ _{тепл} - ...» «Розміри ЗМУ _{тепл} = ...м»
2	Визначення можливих місць виникнення вторинних пожеж	«Вторинні пожежі можуть виникнути на (у)...»
3	Визначення можливих величин загальних і санітарних втрат людей у ЗМУ _{тепл}	«М _{заг.тепл} = ...осіб» «М _{сан.тепл} = ...осіб»

Роздруківки ЕК «Картки...» і ЕК «ПП ЗМУ_{тепл}» стають основою для створення «Оперативного плану гасіння пожежі» у разі її виникнення на конкретній будівлі (споруді і т.ін.) ДПНО, який є основним документом керівника гасіння пожежі (КГП) з організації бойових дій підпорядкованих йому сил і засобів угруповання пожежних підрозділів.

Заключні положення

Інформаційна технологія ІТ_{III}, розроблена на основі запропонованої авторами моделі процесів теплообміну між зоною горіння пожежі та навколишнім природним середовищем, дозволяє завчасно виявляти значення основних параметрів зони можливого ураження внаслідок теплового випромінювання (ЗМУ_{тепл}) цієї пожежі.

Здобута таким способом інформація дозволяє спрогнозувати і наочно відобразити на плані території досліджуваного ПНО форму, геометричні розміри і просторове розташування зовнішньої межі горизонтальної проекції ЗМУ_{тепл} первинної пожежі, а також можливі місця виникнення вторинних пожеж і можливі величини загальних (М_{заг.тепл}) і санітарних (М_{сан.тепл}) втрат людей внаслідок впливу теплового випромінювання. Тому впровадження такої інформаційної технології сприятиме підвищенню пожежної безпеки ПНО.

Список літератури

1. Буравльов Є.П., Клеєвська В.Л. Екологічні та соціально–економічні наслідки пожеж // Екологія і ресурси. - 2006. – Вип. 15. - С. 128 – 131.
2. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 289 с.
3. Пожежна тактика: Підручник / П.П. Ключ, В.Г. Палюх, В.Г. Пустовий та ін. – Х.: Основа, 1998. – 592 с.
4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973. – 320 с.
5. Яковлев Л.Б., Кобрин В.М., Клеєвська В.Л. Техногенна безпека. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2002. – 85 с.

Экспериментальное исследование весоизмерительной системы непрерывного действия

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Постановка проблемы. Процесс дозирования материалов является неотъемлемой частью технологических процессов на большинстве предприятий горнодобывающей, химической и пищевой промышленности. Точность дозирования компонентов во многом влияет на качество выпускаемой предприятием продукции. Оборудование отечественных предприятий морально устарело, физически изношено и нуждается в замене или модернизации. Поэтому проблема повышения точности дозирования является актуальной в связи с постоянно растущими требованиями к качеству продукции.

Анализ последних достижений и публикаций. В состав весодозирующих систем, применяемых на предприятиях для дозирования сыпучих материалов, в качестве взвешивающего элемента часто входят весоизмерительные лотки или пластины [1, 3]. Весоизмерительный лоток представляет собой наклонную плоскость с системой силовых рычагов, установленную на неподвижном основании с помощью шарниров или призм. Сыпучий материал, двигаясь по поверхности лотка, воздействует на тензометрические датчики силы, входящие в состав силовых рычагов.

Цель статьи. Для повышения точности дозирования весодозирующих систем, в состав которых входят весоизмерительные лотки, необходимо:

- для нахождения оптимальной формы лотка экспериментальным путем определить зависимость скорости движения и слоя сыпучего материала от формы лотка;
- определить оптимальный способ крепления лотка к тензодатчикам для уменьшения зоны нечувствительности;
- для повышения точности измерения уменьшить влияние пиковых нагрузок на датчики за счет внесения изменений в конструкцию крепления тензодатчиков;
- изучить степень влияния налипшего на лотке сыпучего материала на результаты измерений.

Основные материалы исследования. Для проведения экспериментальных исследований был построен макет весоизмерительной системы, в состав которого входят: бункер вместимостью до 100 кг; направляющий лоток, жестко прикрепленный к бункеру; весоизмерительный лоток, закрепленный под направляющим лотком на трех тензометрических датчиках силы; блок измерений, включающий в себя три измерительных канала.

Тензометрические датчики силы связаны с весоизмерительным лотком шарнирными соединениями. Шарнирное крепление обоих узлов позволяет освободиться от поперечных сил и моментов, возникающих в результате температурных воздействий и деформаций отдельных деталей и узлов сборки.

В состав каждого измерительного канала входят тензометрический датчик силы, вторичный измерительный преобразователь, преобразующий входной аналоговый сигнал с датчика в цифровой код. Предел основной приведенной погрешности преобразования входного аналогового сигнала в цифровой код не

превышает 0.2 %. Тензометрические датчики силы были откалиброваны с помощью образцовых мер веса. Каждый тензометрический датчик силы последовательно нагружался от 0 до 8 кг с шагом в 2 кг. Результаты калибровки тензометрических датчиков силы приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты калибровки тензометрических датчиков силы

Значение нагрузки в исследуемой точке, кг	Значение сигнала на выходе тензометрического датчика силы, мВ					
	Тензометрический датчик 2 силы		Тензометрический датчик 3 силы		Тензометрический датчик 5 силы	
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход
0	-0,024	-0,33	0,032	0,028	0,063	0,064
2	0,130	0,162	0,12	0,117	0,32	0,31
4	0,323	0,325	0,269	0,275	0,55	0,55
6	0,504	0,502	0,435	0,463	0,78	0,78
8	0,670	0,670	0,655	0,631	1,03	1,01

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке.

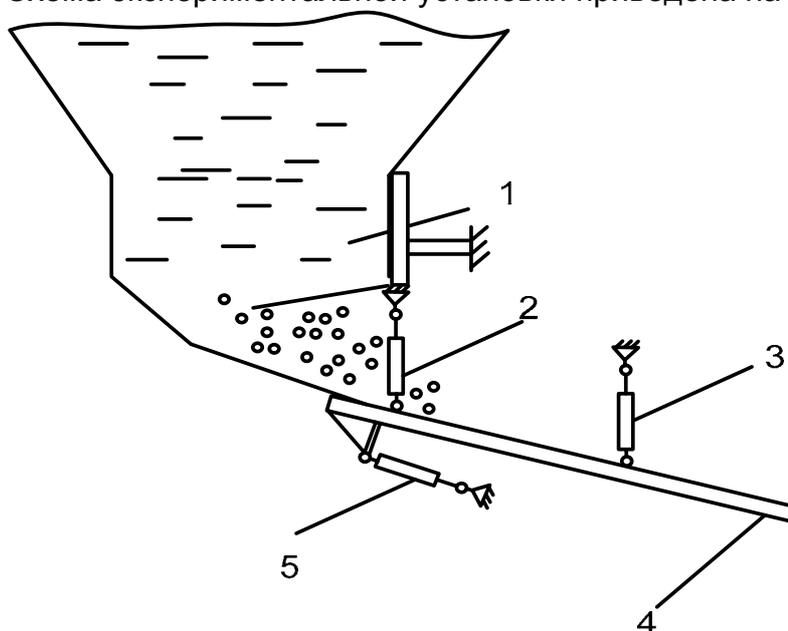


Схема экспериментальной установки: 1 - бункер; 2, 3, 5 – тензометрические датчики силы; 4 – весоизмерительный лоток

Информационные функции, реализуемые блоком измерений, включают в себя сбор информации о текущем значении веса с каждого датчика и передачу этой информации (в виде цифрового кода) на ПЭВМ. В вычислительной машине создается база данных по информации получаемой, с тензометрических датчиков силы. По информации, хранящейся в базе данных, вычислительная машина рассчитывает значения мгновенного и суммарного расходов сыпучего материала.

Проведенные ранее исследования системы показали, что место крепления и угол наклона лотка оказывают существенное влияние на движение сыпучего материала по его поверхности, что непосредственно влияет на точность дозирования сыпучего материала [1]. Многочисленные экспериментальные исследования движения различных хорошо сыпучих сред обнаружили эффекты скольжения частиц на стенках, а также то, что имеет место частичное скольжение гранул на стенке среды, так как обычно трение между частицами существенно больше по сравнению с трением частиц о твердую поверхность [2].

Был изготовлен плоский весоизмерительный лоток длиной 1 метр. При движении сыпучего материала по наклонной плоскости возникает сила трения, оказывающая существенное влияние на результат измерения. Для уменьшения влияния силы трения внутренняя поверхность весоизмерительного лотка была отполирована.

В начале экспериментов весоизмерительный лоток был закреплен под углом 45° к горизонтальной плоскости. Затем в ходе проведения экспериментов с помощью тендерных тяг угол наклона весоизмерительного лотка менялся от 35 до 60° с шагом в 5° .

В ходе экспериментальных исследований в качестве сыпучего материала применялся песок различной влажности. Масса просыпаемого песка в ходе одного эксперимента изменялась от 25 до 55 кг. Опрос с каждого датчика производился с периодичностью не реже чем $0,5$ мс.

При просыпании сухого песка, независимо от угла наклона весоизмерительного лотка, наблюдалось его движение с постоянной скоростью без накопления. Масса песка, находящегося на поверхности весоизмерительного лотка, оставалась неизменной. Толщина слоя песка, движущегося по поверхности весоизмерительного лотка, оставалась постоянной, разброс в толщине слоя при различных экспериментах составлял не более 1 сантиметра. Нестабильность потока песка наблюдалась только в периоды начала и окончания просыпания.

При просыпании более влажного песка при тех же углах наблюдался нестационарный поток, с увеличением влажности песка происходило скопление его в нижней части весоизмерительного лотка. Налипание песка увеличивалось при меньших углах наклона весоизмерительного лотка и оказывало существенное влияние на результат измерения. Для уменьшения налипания песка угол наклона весоизмерительного лотка увеличивался до 55° .

Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась по следующим формулам: по формуле (1) вычислялась мгновенная масса расхода, общий расход материала определялся по формуле (2):

$$M = (A + B) \sqrt{\frac{F}{6 \cdot g \cdot L \cdot A}}, \quad (1)$$

где M – мгновенная масса расхода; A – сила, воздействующая на датчик 3; B – сила, воздействующая на датчик 2; F – сила, воздействующая на датчик 5; L – длина измерительного лотка; g – ускорение силы тяжести.

$$M_{\text{сумм}} = K \cdot \left(\sum_{i=1}^n M_i \right) \quad (2)$$

где $M_{\text{сумм}}$ – общий расход материала; K – коэффициент, определяемый экспериментальным путем; M_i – мгновенная масса расхода.

Использование формулы (1) при расчете расхода сыпучего материала позволяет не учитывать скорость движения частиц сыпучего материала по наклонной плоскости [4]. Это важное преимущество, так как измерение скорости движения частиц сыпучего материала является очень сложным и трудоемким процессом.

Значения коэффициентов и данные, полученные в ходе трех экспериментов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты полученные после обработки данных экспериментов

№ п/п	Масса просыпанного песка, кг	$M_{\text{сумм}}$, кг	Длительность эксперимента, с	Коэффициент К
1	26	25,98	5,2	0,0135
2	30	29,99	8,5	0,0140
3	37	36,96	9,8	0,0133

Выводы. В результате проведенных экспериментов были подтверждены работоспособность макета весоизмерительной системы, содержащей наклонный измерительный лоток, а также его адекватность реальному промышленному образцу. Найден оптимальный способ крепления весоизмерительного лотка оптимальной формы к тензодатчикам.

Список литературы

1 Калашников Е.Е., Кошевой Н.Д., Черепашук Г.А. Вагодозувальна система для дозування сипких матеріалів // Тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. „Інтегровані комп’ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2006”:- Х.: Нац. аерокосм. ун-т „Харківський авіац. ін-т”, 2006. – С. 126.

2 Шваб А.В., Асадчая Е.В. Моделирование трехмерного движения плотного слоя гранулированных материалов на основе кинематической модели.// Сиб. физ.-техн. журн., 1991.- Вып. 3. - С. 82 - 87.

3 Патент RU2138783 С1, G 01 F 11/00 Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов / Першин В. Ф., Барышникова С. В. Бюл. № 27, 27.09.99.

4 Патент RU 2110775, G 01 F 11/04 Устройство для взвешивания непрерывно текущего гранулированного или порошкообразного материала / Генри Тофтдахль Олесен БВ № 92, 12.02.92.

Сучасні фінансові методи управління інвестиційними проектами на підприємствах

*Одеський національний політехнічний університет,
Одеський державний економічний університет*

Постановка проблеми в загальному вигляді. З переходом до ринкових форм господарювання в Україні особливого значення набуває управління інвестиційними проектами на підприємствах, а також їхнє забезпечення відповідною теоретичною базою і методичними рекомендаціями, які б дозволили здійснювати оцінку інвестиційних можливостей і розробляти шляхи ефективної реалізації інвестиційної стратегії в сучасних умовах.

Специфіка підприємства як соціально-економічної системи мікрорівня, його зовнішнього оточення, проблем життєдіяльності, динамічність процесів, що відбуваються, – все це вимагає формування системи управління інвестиційними проектами, постійного нарощування й інтеграції зусиль усіх її підсистем та елементів. Система управління інвестиційними проектами багатопланова, в її складі головне місце займають фінансові методи.

Фінансові методи управління інвестиційними проектами, що використовують на промислових підприємствах останнім часом, мають серйозні недоліки, які зменшують їх потенційні можливості, а отже, і цілеспрямованість та ефективність впровадження.

В умовах прискорення економічних процесів, трансформації економічних відносин особливої актуальності набуває удосконалення фінансових методів управління інвестиційними проектами на промислових підприємствах. Ця проблема містить ще багато дискусійного і невирішеного як щодо обґрунтування загального концептуального підходу до оцінювання ефективності, так і в аспекті вироблення конкретних методичних рекомендацій, що визначають механізм реалізації інвестиційного проекту.

Аналіз досліджень і публікацій останніх років. Світова економічна наука має великий досвід вивчення проблем інвестування, дослідження їхньої економічної природи, місця і ролі в ринковій економіці. Розробкою питань управління інвестиціями й фінансового аналізу інвестиційних проектів займалися такі зарубіжні автори, як В. Беренс, П. Хавранек, Г. Бірман, В. Шарп, Кліффорд Ф. Грей, Ерік У. Ларсон та інші.

Підвищена зацікавленість учених і практиків України й країн СНД до визначення ефективності інвестиційних проектів зумовлює формування різних підходів щодо цих проблем. Широко відомі роботи вітчизняних авторів і російських учених, які розкривають різносторонні фінансові аспекти управління інвестиційними проектами: В. А. Верби, О. А. Загородніх, А. Ф. Гойка, І. А. Бланка, А. А. Пересади, В. П. Савчука, М. П. Денисенка, З. І. Абрамова, Р. В. Грачової, В.В. Царьова, І. Г. Волкова, В. В. Ковальова та інших.

Виділення невирішених раніше питань загальної проблеми. Незважаючи на глибоку розробленість інвестиційної теорії, багато питань, пов'язаних зі здійсненням капітальних вкладень промисловими підприємствами в період трансформації економіки, залишаються невирішеними. До їх кола належать питання щодо сутності інвестиційного проекту, управління інвестиційними

проектами, фінансового аналізу інвестиційної привабливості проектів у сучасних умовах господарювання. Цей факт зумовлює необхідність проведення подальших теоретико-методологічних і прикладних досліджень з управління інвестиційними проектами на підприємствах у просторі часу, фінансових методів оцінки інвестиційних проектів. Актуальність, теоретична новизна та практична значущість дослідження цих проблем визначили вибір теми дослідження.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є розробка теоретико-методологічних основ і методичних й науково-практичних рекомендацій щодо управління інвестиційними проектами за допомогою фінансових методів з урахуванням фактора часу. Об'єктом дослідження є процес реалізації інвестиційних проектів на підприємствах. Предметом дослідження є фінансові методи управління інвестиційними проектами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективне, науково обґрунтоване управління інвестиційною діяльністю підприємства вимагає розробки нових методичних основ і елементів теорії управління інвестиційними проектами з урахуванням особливостей трансформаційних процесів в економіці.

Проведені дослідження виявили, що трансформаційні умови розвитку економіки висувають якісно нові вимоги до інвестиційних проектів підприємств. До системи вимог входять: аналіз галузі, її масштаби, показники маркетингу, виробничої та фінансової діяльності, аналіз сировинного, технічного й кадрового забезпечення, обсяги необхідних інвестицій і терміни їх повернення, ризики, пов'язані з реалізацією проекту, та інші показники [1, с. 205].

На основі розробленого концептуального підходу до організації інвестиційної діяльності промислових підприємств нами пропонується таке визначення: *інвестиційний проект* – це комплекс взаємозв'язаних організаційно-правових, розрахунково-фінансових, конструктивно-технологічних заходів, який забезпечує окремі напрямки стратегічного розвитку підприємства, обґрунтовує потребу в інвестиційних ресурсах у різних їх формах і включає в себе систему відповідних управлінських рішень із забезпеченням найефективніших форм реалізації включених у нього інвестиційних цілей в умовах обмеженості ресурсів і часу.

Управління відбувається в системі певних координат, однією з яких є час. У системі цих координат задається траєкторія руху об'єкта управління – інвестиційного проекту, а метою управління є вироблення таких дій, при яких кожне миттєве значення параметрів об'єкта у вигляді певних значень координат було б якомога ближчим до координат заданої траєкторії в цей конкретний момент часу.

Вирішальна роль у процесі управління інвестиційними проектами належить фінансовим методам. Під фінансовими методами управління інвестиційними проектами слід розуміти діалектичний спосіб підходу до вивчення й аналізу процесів реалізації інвестиційних проектів у їх становленні й розвитку, націлений на ухвалення управлінських рішень. Характерними особливостями фінансових методів управління є: використання системи показників, що всебічно характеризують інвестиційні проекти, вивчення причин зміни цих показників, виявлення і вимірювання їх взаємозв'язку з метою підвищення економічної ефективності.

Фінансові методи, а саме: методи оцінки ефективності інвестиційних проектів, є інструментом, який забезпечує інвесторів, замовників та інших зацікавлених осіб інформацією, необхідною для ухвалення управлінських рішень.

Методи й критерії оцінки ефективності інвестиційних проектів, а також урахування ролі фактора часу при їх реалізації є найважливішими аспектами управління інвестиційними проектами на промислових підприємствах.

Особливості інвестиційних проектів визначають специфіку процесу управління, в основі якого лежать такі принципи: цілеспрямованість, системність, комплексність, пріоритетність, забезпеченість фінансовими, інформаційними, матеріальними й трудовими ресурсами, узгодженість інвестиційних програм різних рівнів, своєчасність досягнення необхідного кінцевого результату [2, с. 407].

Дослідження показують, що залежно від того, який критерій ефективності інвестиційних проектів вибраний за основу, можуть бути зроблені діаметрально протилежні висновки. Навіть щодо одиничного інвестиційного проекту рішення про його ухвалення не завжди очевидні, оскільки вибір потрібного критерію за певних умов може допомогти обґрунтувати те або інше рішення. Ситуація різко ускладнюється, якщо доводиться оцінювати декілька інвестиційних проектів, причому таких, які знаходяться в різних відносинах взаємозалежності. Отже, для оцінки й вибору інвестиційних проектів необхідний комплексний підхід, що враховує особливості їх реалізації.

У рамках розгляду моделей і методів інвестиційного проектування слід окремо зупинитися на задачах ранжування і відбору проектів (варіантів проекту), що виникають як на попередньому, так і на завершальному етапах фінансово-економічного аналізу. Встановлено, що у багатьох методах і моделях відсутня часова складова і врахування інвестиційних лагів при реалізації інвестиційних проектів [3, с. 332].

Для вибору найкращого проекту пропонується використовувати комплексний показник економічної ефективності E за критерієм терміну окупності T , який визначається потенційним інвестором:

$$\begin{cases} E_i = \sum_{j=1}^T (m_0 Z_{NPV_{ij}} + m_1 Z_{PI_{ij}} + m_2 Z_{IRR_{ij}}); \\ T = optimum. \end{cases} \quad (1)$$

де $Z_{NPV_{ij}}$ — стандартизована матриця чистої теперішньої вартості проекту;

$Z_{PI_{ij}}$ — стандартизована матриця індексу прибутковості;

$Z_{IRR_{ij}}$ — стандартизована матриця внутрішньої норми рентабельності;

T — розрахунковий час введення в експлуатацію інвестиційного проекту;

m_0, m_1, m_2 — вагові коефіцієнти.

Проведені дослідження показали, що за допомогою вагових коефіцієнтів m_0, m_1 і m_2 не тільки варіюється ступінь важливості показника, але і враховується вплив ризику.

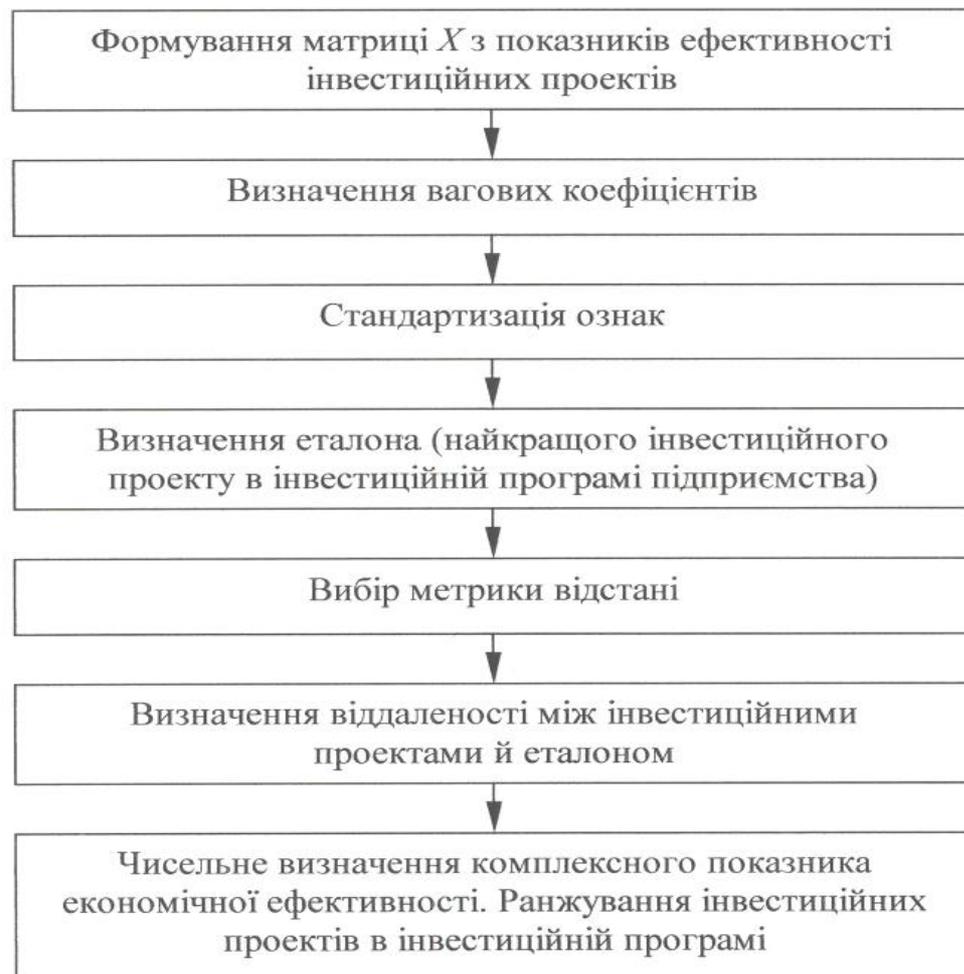
Основний напрямок робіт з інвестиційного проектування на даний момент - дослідження проблем ефективності окремих інвестиційних проектів. У той же час необхідність розробок з економічного обґрунтування сукупності інвестиційних проектів стає все більш актуальною в різних сферах і на різних рівнях господарювання. Не випадково питання формування і фінансово-економічного аналізу інвестиційних програм фахівці відносять до невирішених задач і вважають

одним із найважливіших напрямків подальших досліджень [4, с.265; 5, с.56].

Формування інвестиційної програми підприємства нами пропонується проводити шляхом оптимізації черговості впровадження проектів з урахуванням фактора ризику кожного з них і часових лагів в отриманні інвестиційної віддачі.

Всі головні складові, на основі яких здійснюється формування інвестиційної діяльності підприємства і реалізація інвестиційних проектів, ґрунтуються на базових компонентах, які можна охарактеризувати кількісно, що робить можливою формалізацію процесу формування стратегічних інвестиційних альтернатив і спрощує їх вибір. Такими базовими складовими для інвестиційної привабливості є внутрішні особливості об'єкта капіталовкладень на мікроекономічному рівні, що характеризує його в економічному аспекті; для прийнятливості — це готовність підприємства до впровадження пропозицій інвестиційного проекту, що відображає об'єкт капіталовкладень в організаційно-управлінському аспекті; для економічної ефективності — це внутрішня підприємницька ефективність, яка є визначальною для інвестора.

На основі багатовимірного аналізу в наших дослідженнях використано комплексний показник економічної ефективності для оцінки інвестиційних проектів з виробництва пресових автоматів у рамках інвестиційної програми ВАТ "Пресмаш". Запропоновано алгоритм розрахунків за комплексним показником економічної ефективності, який показано на рисунку.



Алгоритм розрахунків за комплексним показником економічної ефективності

Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що в рамках інвестиційної програми одного підприємства комплексний показник економічної ефективності дає можливість відібрати перспективніші інвестиційні проекти з прогнозуванням їх економічної ефективності, а також можливості реінвестування. Більше того, використання цього показника дозволяє провести оцінку інвестиційних проектів для різних підприємств однієї галузі.

Запропонований комплексний підхід дає можливість всебічно охарактеризувати інвестиційні проекти в інвестиційній програмі, що розробляється. Комплексний показник дозволить також інвесторам, власникам і менеджерам підприємства отримати об'єктивну інформацію щодо ефективності проектів.

Ефективність проектів, які впроваджуються на підприємствах Одеського регіону (ВАТ «Мікрон», ВАТ «Одескабель», ВАТ «Пресмаш»), свідчить про те, що запізнювання першої фази життєвого циклу проекту збільшує витрати і зменшує зворотні грошові потоки. Це, у свою чергу, впливає в цілому на ефективність інвестиційного проекту, і за деякими параметрами вона зменшується на інших фазах життєвого циклу. Для підвищення ефективності інвестиційних проектів необхідно, щоб вони сприймалися як керована система, результати діяльності якої визначаються одержаним прибутком. Для цього цілком можливо встановлювати різний час дослідження ефективності, наприклад, на різних етапах циклу здійснення проекту або ж при виникненні нестандартних ситуацій.

В управлінні проектом час також є величиною, яка визначає його успіх. У практиці функціонування підприємства дуже важливо відстежувати ситуації, що приводять до зміни ключових показників ефективності інвестиційних проектів, тобто проводити моніторинг. З цією метою нами пропонується використовувати динамічний комплексний показник економічної ефективності, що дозволяє врахувати запізнювання грошових потоків [6, с. 379; 7, с. 75].

Для остаточного ухвалення рішення про фінансування інвестиційних проектів слід керуватися як статичним, так і динамічним показником ефективності, мінімізуючи запізнювання фінансування. Моніторинг поетапного фінансування дозволяє ухвалювати відповідні рішення, що враховують перерозподіл фінансових потоків у рамках встановленого ранжування проектів.

Урахування часових лагів інвестиційних проектів показує, що в процесі їхньої реалізації можуть бути зроблені певні кроки щодо управління часом. Для пояснення ідеї використовують такі аргументи: традиційно початок проекту визначений, а термін його завершення має певну ймовірність, тому за допомогою розрахунку термінів можна провести відповідні обчислення зі зведення до мінімуму терміну здійснення проекту або відхилення від запланованого. Таким чином, планування термінів і ходу робіт гарантує встановлення терміну початку і закінчення проекту, а також встановлення часових резервів щодо окремих процесів. Планування термінів - це не тільки важлива попередня задача для проекту і його учасників, а також і підстава для подальшого планування всієї роботи за проектом, наприклад для планування потужностей, додаткового придбання послуг і т. д.

Висновки даного дослідження і перспективи подальших розробок. Результати дослідження показали, що при ухваленні управлінських рішень щодо реалізації інвестиційних проектів і програм, а також їх ефективності необхідно використовувати комплексний підхід, певну систему показників, яка має:

- характеризувати результати інвестування з внутрішніх і зовнішніх позицій: внутрішні передбачають урахування інтересів підприємства, на якому реалізується

інвестиційний проект, та інвестора, тобто осіб, які беруть безпосередню участь у процесі капіталовкладення; зовнішні мають враховувати ступінь досяжності очікуваних результатів з боку суспільства, а саме: органів влади, територіального суспільства і ринкового бізнес-середовища;

- визначати показники за допомогою динамічних моделей з урахуванням фактора часу;

- визначати прямі збитки від невчасної здачі проекту в експлуатацію внаслідок запізнювання грошових потоків;

- у практиці функціонування підприємства дуже важливо відстежувати ситуації, що призводять до зміни ключових показників ефективності інвестиційних проектів, тобто проводити моніторинг;

- використовувати комплексний показник економічної ефективності за критерієм терміну окупності, який визначається потенційним інвестором. Комплексний показник економічної ефективності дозволяє оцінити ефективність інвестиційних проектів, а також провести ранжування в інвестиційній програмі підприємства.

Запропоновані рекомендації щодо використання фінансових методів управління інвестиційними проектами дозволять підприємствам своєчасно реагувати на зміни параметрів інвестиційних проектів у процесі їхньої реалізації, а також ухвалювати науково обґрунтовані управлінські рішення.

Список літератури

1. Економіка й організація інноваційної діяльності: Підручник / За ред О.І. Волкова, М.П. Денисенка. – К.: ВД «Професіонал», 2004. – 960 с.
2. Пинто Дж. К. Управление проектами / Пер. с англ. под ред. В.Н. Фунтова – СПб: Питер, 2004. – 464 с.
3. Гончаренко Е.Н. Исследование временного лага капитальных вложений при реализации инвестиционных проектов // Труды Одесского политехнического университета: Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – Одесса, 2004. – Вып. 2 (22). – С. 331 – 336.
4. Васина А.А. Финансовая диагностика и оценка проектов. – СПб: Питер, 2004. – 448 с.
5. Янковой А.Г. Многомерный анализ в системе STATISTIKA. — Одесса: Оптимум, 2001. — 216 с.
6. Усов А.В., Гончаренко Е.Н. Влияние запаздывания возврата денежных потоков на эффективность инвестиционного проекта и управление им // Міжнародна науково-технічна конференція “Інтегровані комп’ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2005”: Тези доповідей. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т “Харківський авіаційний інститут”, 2005. – С. 379 – 380.
7. Гончаренко Е.Н. Управление эффективностью и продолжительностью инвестиционного проекта // Вісник Технологічного університету Поділля (Хмельницький національний університет). – Хмельницький, 2004. – №6(64). – С. 74 – 79.

Информационная система мониторинга качества образовательного процесса вуза

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Разработка комплексной модели мониторинга качества образования – **актуальная задача** на современном этапе развития образовательной системы. Качество и эффективность предоставляемых образовательных услуг подтверждаются проведением мониторинговых исследований, результаты которых позволяют сделать выводы о необходимости внесения изменений в содержание программ и в систему их сопровождения, совершенствовать используемые педагогические, информационные технологии в целях достижения оптимальных результатов, определенных целями обучения. В настоящее время в вузах Украины ведется разработка концепций, моделей, принципов построения и функционирования систем оценки качества образования. Применение информационных технологий открывает неограниченный простор для модернизации имеющихся и внедрения новых технологий контроля качества.

Ориентируясь на ИСО 9001 («Системы менеджмента качества. Требования») и EFQM (Европейский фонд по менеджменту качества), выделим следующие *критерии качества* образовательного процесса:

– показатели качества условий (качество содержания образовательной программы, педагогических кадров, материально-технической базы, учебно-методических материалов, используемых в учебном процессе, качество технологической поддержки и пр.);

– показатели качества процессов (качество образовательного и управленческого процессов);

– показатели качества результатов (повышение уровня знаний по данным предметам, интеллект, общая культура, ценностные ориентации, самосознание, удовлетворённость всех участников образовательного процесса и т.д.) [1].

В настоящее время качественная и количественная интерпретация значений тех или иных показателей с точки зрения качества или достигнутого уровня затруднена в связи с отсутствием норм по большинству используемых показателей, недостаточно разработанной методологии интерпретации показателей качества обучения в вузе (в том числе – трудноформализуемых и неформализуемых). Качество образования – интегральная характеристика, имеющая отношение ко всем циклам деятельности вуза, включающим в себя проектирование, реализацию и контроль образовательного процесса, инфраструктурное обеспечение, а также самооценку вуза [2].

Типовая модель системы качества образования вуза представляет собой упорядоченную совокупность рекомендаций, которые могут применяться для общего руководства для гарантии качества и его повышения в высшем образовании (рис.1).

Система мониторинга качества высшего образования создается в целях оперативного и качественного информирования руководящего состава и других заинтересованных пользователей о состоянии системы образования высшего учебного заведения.

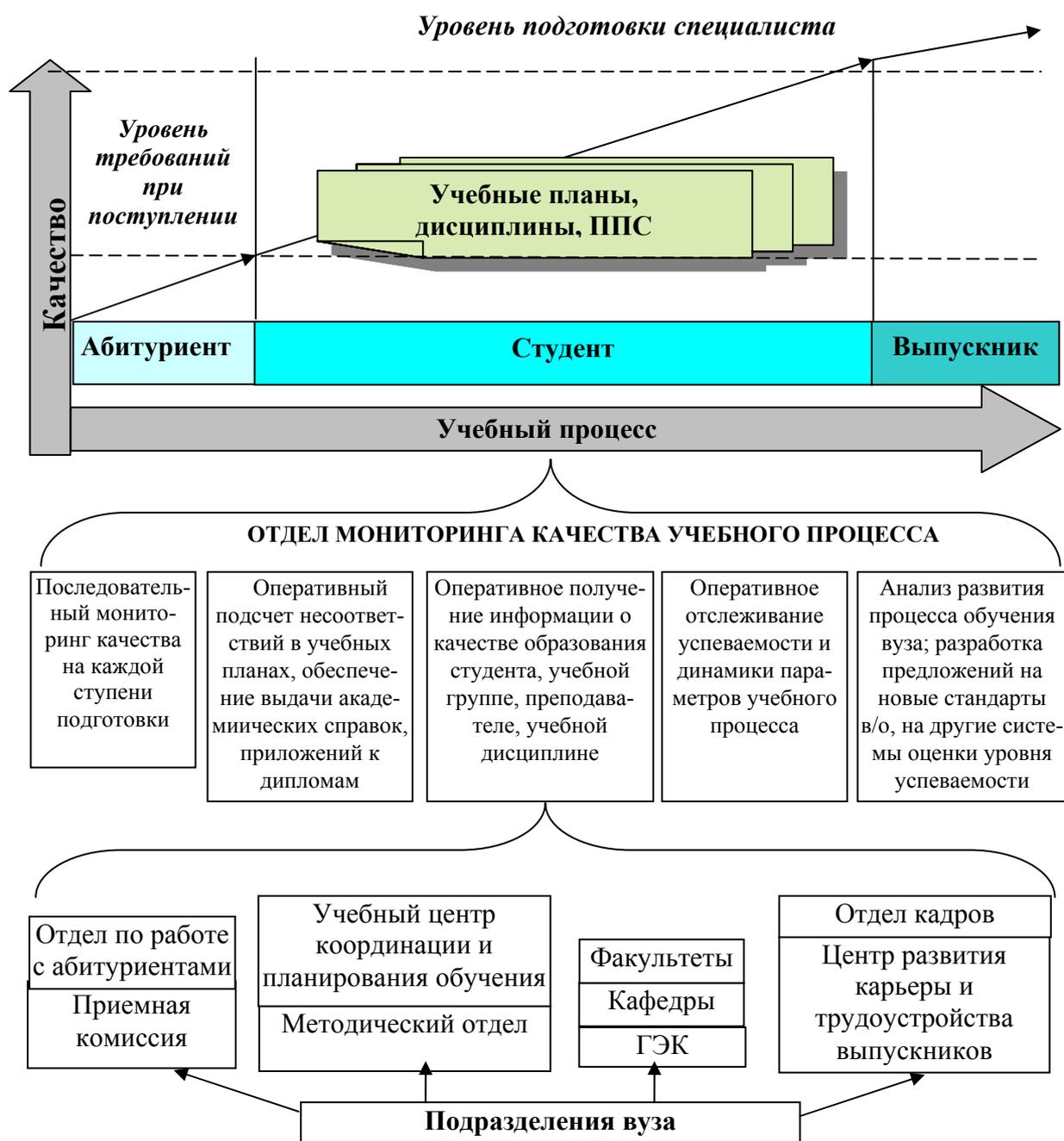


Рис. 1. Взаимодействие системы мониторинга качества учебного процесса с подразделениями вуза

Целью данных исследований является повышение качества образовательного процесса вуза за счет создания комплексных моделей, методов и средств его мониторинга путем оперативной коррекции и индивидуализации учебного процесса. Одним из средств достижения данной цели является создание единой многофункциональной и надежно работающей информационной системы.

Главное требование при организации системы управления вузом заключается в том, что в течение всего своего жизненного цикла информационная

система должна быть изменяемой, приспособляемой ко всем новым условиям деятельности, она должна вписываться в существующую ИТ-инфраструктуру вуза.

Постановка задачи. Представим модель деятельности вуза с описанием предметной области и всех процессов, связанных исключительно с образовательной деятельностью, а также существующую ИТ-инфраструктуру. На уровне модели анализируют эффективность действующей ИТ-инфраструктуры и уровень информационной поддержки деятельности вуза. Далее создают модель новой информационно-технологической среды, акцентирующая внимание на тех аспектах деятельности вуза, которые еще не охвачены информатизацией. Затем отслеживают результаты обучения на более детальном уровне (на уровне преподаваемого предмета) через организацию системы контроля, сбора, обработки информации, представляющей собой совокупность показателей для анализа, прогноза и моделирования учебного процесса, направленного на достижение поставленных целей. Таким образом, мониторинг учебного процесса на уровне предмета проводят в три этапа: подготовительный, практический, аналитический, что позволяет осуществлять регулярное отслеживание уровней усвоения теоретического и практического материала в целях прогнозирования успешности деятельности каждого учащегося и всего обучения в целом.

В результате вуз получает систему, полностью адаптированную к его деятельности и одновременно становится обладателем универсального программно-технологического комплекса, на базе которого в дальнейшем может строиться и развиваться единое информационное пространство. Разрабатываемая информационная система позволит обеспечивать оперативную реакцию на динамично меняющиеся представления о качестве образования выпускника, осуществлять коррекцию учебных планов, повышающих интенсивность и качество обучения. Создание интегрированной автоматизированной системы управления мониторингом учебного процесса вуза предполагает несколько этапов конструирования системы (рис.2). В результате аудита функционирующих в вузе программных и технических средств определяют элементы, которые должны быть включены в инфраструктуру новой системы, и те, включение которых в новую систему нецелесообразно. Составляют требования к недостающим ресурсам и прикладным функциям, которые необходимо автоматизировать.

Представленные этапы моделирования информационной системы мониторинга учебного процесса определяют процесс мониторинга как «постоянное наблюдение за процессом обучения в целях выявления его соответствия желаемому результату или исходному положению». Основные задачи, решаемые в ходе мониторинга качества образовательных услуг, сводятся к следующему: выработка комплекса показателей, обеспечивающих целостное представление о качестве образования; обеспечение регулярной и наглядной информации об изменении качества обучения в вузе; информационное обеспечение анализа, систематизация полученной информации; планирование дальнейшей работы в области повышения качества образования [3].

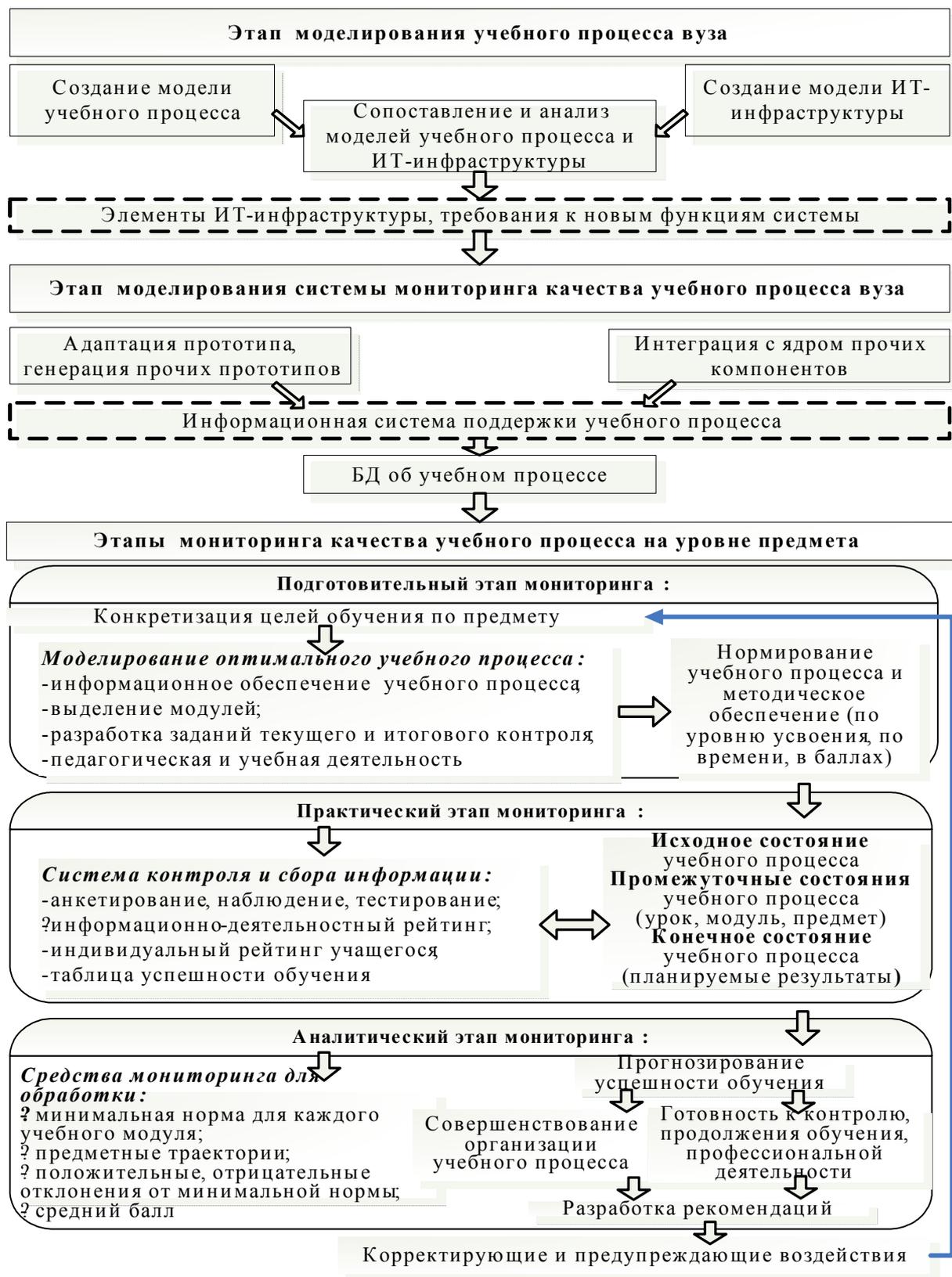


Рис.2. Этапы создания интегрированной автоматизированной системы управления мониторингом учебного процесса вуза

Таким образом, целью мониторинга является как можно более раннее определение (выявление) каких-либо отклонений, идентификация источника

(причин) отклонений и передача информации об этом в соответствующие органы управления, регулирование взаимодействий факторов внешней среды и внутренних факторов образовательного процесса. Главная задача состоит в том, чтобы правильно оценить степень и причину этого отклонения. Выделить и описать системы мониторинга из каких-нибудь технологий обучения представляются сложными задачами. Различные технологии находятся на разных уровнях проработки деталей. К недостаткам существующих систем мониторинга можно отнести: фрагментарность, неполноту моделей, методов, средств контроля качества образовательного процесса вуза. Реализация количественного анализа процессов затруднена вследствие высокой погрешности, нерегулярности и запаздывания ряда параметров, характеризующих процессы. Наиболее критичным является необходимость накопления электронной базы данных для построения физической основы проектирования информационной системы и введения основной системы квалиметрических оценок качества процессов [2]. Использование измерений, метрик, моделей при разработке информационных систем предполагает доступность правильных данных. Фактически плохое качество данных является крупным препятствием для повышения качества.

Наглядно представленная, структурированная информация дает возможность своевременно и в ходе любого этапа процесса мониторинга оценить имеющиеся условия, обеспечить многовариантность прогнозов, выбрать оптимальный вариант плана при данных исходных условиях. Оперативная обработка и систематизация информации происходит в соответствии с заданными параметрами, что позволяет увидеть и оценить степень отклонений полученных показателей от запланированных и спрогнозировать, смоделировать возможное поведение участников учебного процесса. Чёткая организация информационных потоков в высшей школе требует перевода всех субъектов в режим регулируемого взаимного информационного обеспечения.

Показанная на рис. 3 организационная структура системы мониторинга качества образовательного процесса включает в себя: получение информации о процессе и его составляющих; анализ информации; принятие решения о соответствии процесса предъявляемым к нему требованиям; разработка и осуществление корректирующих и/или предупреждающих действий.

Повышение эффективности разрабатываемой системы мониторинга в вузе возможно при условии использования информационных компьютерных технологий на основе единого информационного пространства, интегрированной информационной среды и формализованных функциональных моделей получения и обработки полученной информации о качестве образовательных процессов вуза. На основе анализа результатов мониторинга разрабатываются рекомендации для учащихся (продолжение обучения на более высоком уровне, готовность к сдаче экзамена, зачета и т.д.) и для преподавателя, которые направлены на коррекцию конкретизации целей по предмету и исходной организации учебного процесса. Моделируемая информационная система мониторинга качества учебного процесса в вузе может служить основой для создания уникального подхода построения индивидуальной траектории обучения, которая позволит получить квалифицированную программу подготовки. Преимущества такой системы становятся очевидными, когда большая часть рутинных операций технологии организации учебного процесса проводятся в автоматизированном режиме.

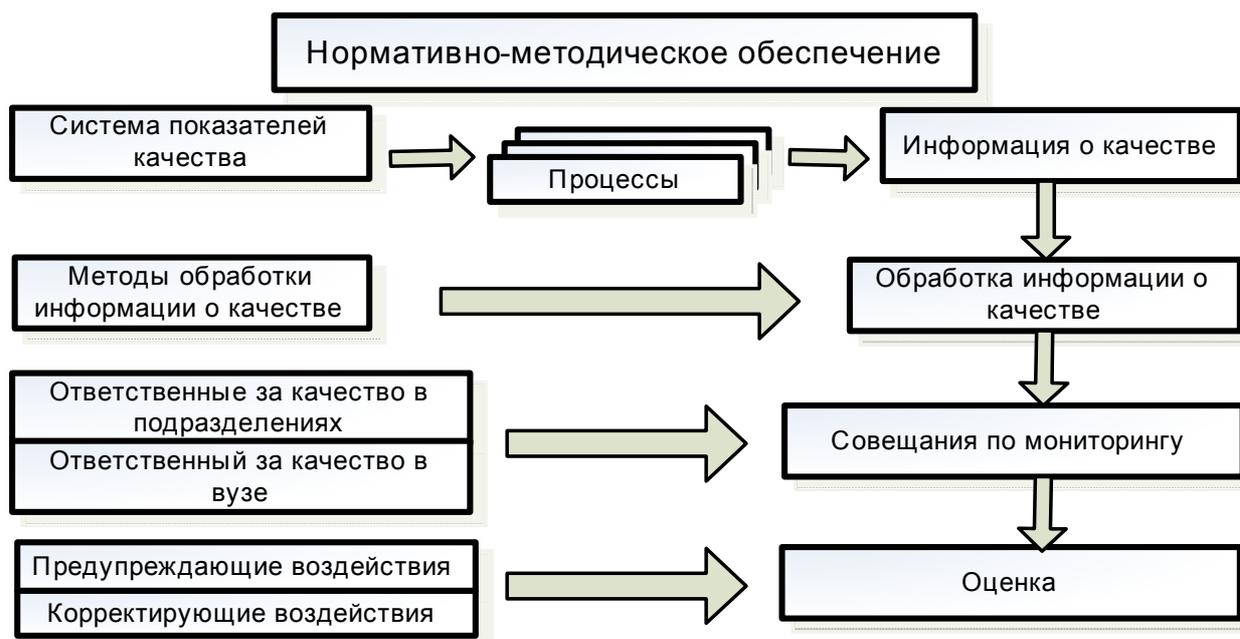


Рис. 3. Организационная система мониторинга качества образовательного процесса в вузе

Моделирование образовательных процессов информационной системой дает возможность вузу выйти на непрерывное улучшение учебных и организационных процессов.

Выводы. В ходе анализа задач, решаемых информационной системой мониторинга качества учебного процесса, предложена концепция и базовый теоретический прототип информационной системы, поддерживающий осуществление комплексного мониторинга качества учебного процесса. Выбранный подход к созданию информационной системы основан на анализе существующих аналогов и международном опыте различных подходов к оценке качества образования, что делает возможным развертывание корпоративных полей знаний, ориентированных на решение разнообразных задач с помощью технологий обработки знаний, в том числе задач управления и принятия решений.

Список литературы

1. Руководство по качеству СК-РК-2006 «Типовая модель системы качества образовательного учреждения». <http://www.quality.edu.ru/quality/>
2. Качество образования в Новосибирском государственном техническом университете: Ежегодный доклад / Под ред. А.С. Вострикова. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. - 81 с.
3. Боровкова Т.И., Морев И.А. Мониторинг развития системы образования.–Ч.1: Теоретические аспекты: Учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2004.–150 с.

Комплексный показатель для оценки качества инновационных проектов

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

В процессе проектирования наукоёмкой продукции часто возникают ситуации, когда необходимо принимать решения о поиске оптимального варианта реализации проекта, о повышении качества продукта проекта, о возврате к предыдущему этапу или переходе к следующему этапу проектирования. Перед руководителем проекта возникают проблемы выбора дальнейшего сценария реализации проекта на основании фактических значений, приоритетности противоречивых показателей проекта с учётом состояния конкурентов, осуществляющих аналогичные разработки, интереса потребителей к создаваемому продукту. Поэтому важной задачей является оценка качества проекта на всех этапах его жизненного цикла.

В соответствии с методами квалиметрии [1, 2] для определения уровня качества изделия, как правило, вводится комплексный показатель качества Q , по которому легко можно оценивать и сравнивать уровень качества различных изделий. Такой показатель позволяет дать обобщенную оценку степени улучшения или ухудшения отдельных частных показателей.

Методика определения Q включает в себя [3]:

- определение относительных значений контролируемых параметров;
- оценку весомости этих параметров для определения состояния аппаратуры;
- построение математического выражения для обобщенного параметра Q .

Наиболее простым и распространенным выражением для определения комплексного показателя качества может служить следующее аддитивное выражение [4]:

$$Q(P_i, P_{i\bar{0}}) = \sum_{i=1}^m \beta_i \times \frac{P_i}{P_{i\bar{0}}} + \sum_{i=m+1}^n \beta_i \times \frac{P_{i\bar{0}}}{P_i}, \quad (1)$$

где $P_i : P_{i\bar{0}}$ или $P_{i\bar{0}} : P_i$ – единичный показатель качества, оцениваемый отношением абсолютного значения P_i показателя качества аттестуемого изделия к соответствующему показателю $P_{i\bar{0}}$ базового изделия, либо обратной величиной, в зависимости от того, улучшается или ухудшается качество изделия с увеличением P_i ;

n – общее число единичных показателей качества, из которых слагаемому $P_i : P_{i\bar{0}}$ соответствуют первые m , слагаемому $P_{i\bar{0}} : P_i$ – соответственно $n - m$;

β_i – весовые коэффициенты, учитывающие значимость отдельных единичных показателей ($\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$).

Данный способ определения комплексного показателя качества имеет смысл применять лишь в том случае, когда все характеристики аттестуемого изделия лучше или хуже соответствующих характеристик базового изделия.

Следует, однако, отметить, что при оценке качества сложных проектов часто возникают неопределённости в описании как проекта в целом, так и его отдельных элементов. Данное обстоятельство делает невозможным точное прогнозирование показателей качества проекта и приводит к изменениям его качества в процессе реализации проекта. Вследствие этого текущие значения частных показателей качества проекта могут быть как лучше, так и хуже базовых. В этом случае стандартный аддитивный показатель даёт большие погрешности.

Мультипликативный показатель (2) лишён данного недостатка, однако достаточно сложным является правильное определение важности частных показателей качества:

$$Q(P_i, P_{i\bar{o}}) = \frac{\prod_{i=1}^m \left(\frac{P_i}{P_{i\bar{o}}} \right)^{\beta_i}}{\prod_{i=m+1}^n \left(\frac{P_{i\bar{o}}}{P_i} \right)^{\beta_i}}. \quad (2)$$

Вследствие вышесказанного для оценки качества проекта необходимо предложить такой показатель, который адекватно реагировал бы на следующие ситуации:

1. Значения частных показателей качества могут существенно отличаться от базовых как в худшую, так и в лучшую сторону.
2. Улучшение может быть связано как с увеличением, так и с уменьшением значения.
3. Число частных показателей качества у разных проектов может быть различным.
4. Важность частных показателей качества может быть различна.

В качестве такого показателя предлагается аддитивный показатель, характеризующий относительные отклонения частных показателей качества, полученных на некотором этапе разработки от базовых:

$$Q(P_i, P_{i\bar{o}}) = \sum_{i=1}^m \beta_i \times \frac{P_i - P_{i\bar{o}}}{\max(P_{i\bar{o}}, P_i)} + \sum_{i=m+1}^n \beta_i \times \frac{P_{i\bar{o}} - P_i}{\max(P_{i\bar{o}}, P_i)}, \quad (3)$$

где $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$.

Необходимо отметить, что значение предлагаемого показателя качества находится в диапазоне от -1 до 1 . Чем ближе значение Q к 1 , тем проект лучше.

Предлагаемый показатель в отличие от (1) удовлетворяет приведенным выше требованиям.

Рассмотрим преимущества предлагаемого показателя по сравнению со стандартным мультипликативным (2). Для этого исследуем влияние коэффициентов весомости на комплексные показатели качества. Анализ показателей качества будем проводить с применением компьютерной программы.

Для упрощения предположим, что для всех частных показателей исследуемого проекта с увеличением значения показателя качество улучшается.

Формулы для расчёта комплексных показателей качества приобретут в этом случае следующий вид:

1. Стандартный мультипликативный показатель

$$Q_{cm} (P_i, P_{i\bar{o}}) = \prod_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{P_{i\bar{o}}} \right)^{\beta_i} .$$

2. Предлагаемый показатель

$$Q_{np} (P_i, P_{i\bar{o}}) = \sum_{i=1}^n \beta_i \times \frac{P_i - P_{i\bar{o}}}{\max (P_{i\bar{o}}, P_i)} .$$

Расчёты проведены для двух вариантов и трёх частных показателей со следующими исходными данными:

1. $P_1 = 0.1, P_{1\bar{o}} = 0.5; P_3 = 0.5, P_{3\bar{o}} = 0.1.$

2. $P_1 = 0.5, P_{1\bar{o}} = 0.1; P_3 = 0.1, P_{3\bar{o}} = 0.5.$

При этом $P_2 = P_{2\bar{o}} = 0.5.$

Коэффициент весомости β_1 изменялся от 0.2 до 0.8 с шагом 0.2. При этом в данном режиме работы система автоматически пересчитывала коэффициенты β_2

и β_3 таким образом, что $\beta_2 = \beta_3$ и $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1.$

По результатам моделирования для обоих вариантов построены графики зависимостей стандартного мультипликативного и предлагаемого показателей от важности частных (рис. 1).

Из проведенных расчётов можно сделать выводы, что, во-первых, при нелинейной зависимости стандартного мультипликативного показателя от важности частных, аналогичная зависимость предлагаемого показателя является линейной, во-вторых, при симметричном изменении значений частных показателей качества в стандартном мультипликативном показателе наблюдается изменение нелинейности, в то время как значение предлагаемого показателя меняет только знак. Поэтому предлагаемый показатель более удобен при практическом применении для принятия решений по дальнейшему ходу проекта, в первую очередь за счёт более удобной процедуры подбора весовых коэффициентов, характеризующих важность частных показателей качества.

Таким образом, применение предлагаемого показателя позволит повысить точность оценки качества проектов и упростить процесс анализа качества и принятия управленческих решений в ходе реализации инновационных проектов.

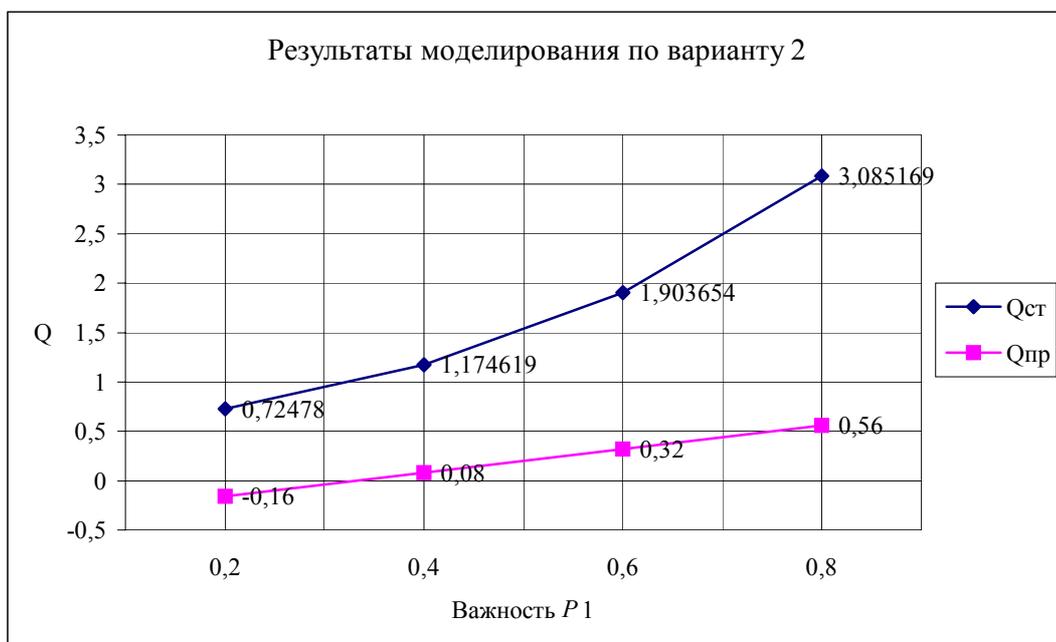
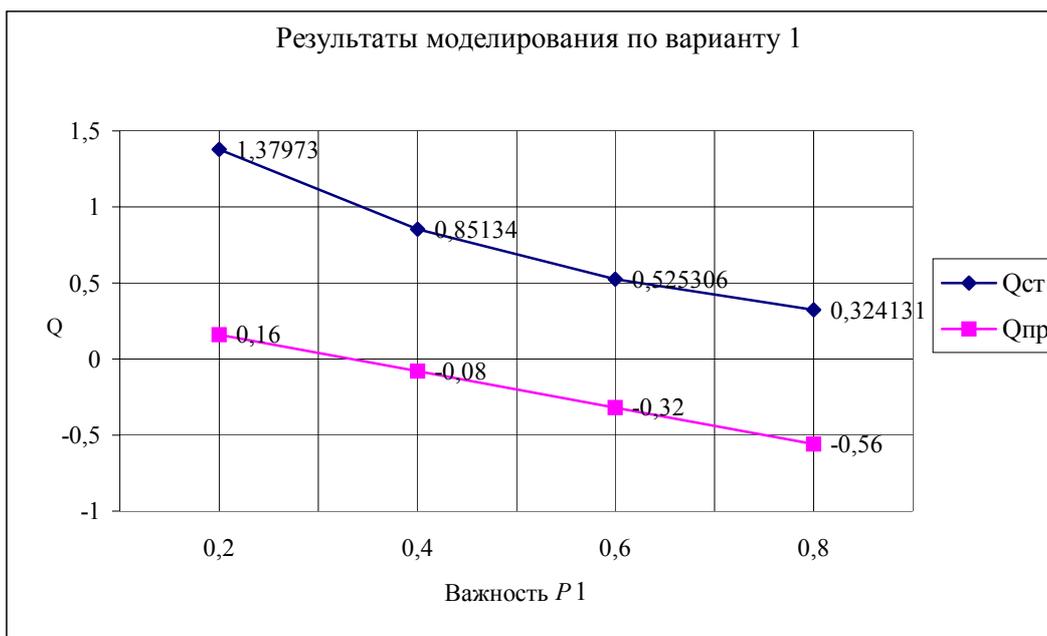


Рис. 1. Зависимости комплексных показателей качества от важности частных

Список литературы

1. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. – М.: Экмос, 2000. – 235 с.
2. Азгальдов Г.Г., Погожев И.Б., Баранчев В.П. Количественная оценка качества продукции – квалиметрия. – М.: Знание, 1986. – 155 с.
3. Данилин Н.С. Обеспечение качества РЭА методами диагностики и прогнозирования. – М.: Изд-во стандартов, 1983.– 224 с.
4. Ханович И.Г. Об аддитивном и мультипликативном способах установления комплексного показателя качества. //Электронная техника. Сер. 8 – Управление качеством и стандартизация. – М., 1975. – Вып. 1(31). – С. 3 – 9.

Рефераты

УДК 629.7.01

Концепция создания авиационного беспилотного комплекса/ В.С. Кривцов, П.О. Науменко, В.Д. Белый, А.Г. Гребеников, В.В. Парфенюк, И.И. Капцов, С.В. Удовиченко, А.В. Корнев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2007. – Вып. 35. – С. 5 – 12.

Рассмотрена концепция создания авиационного беспилотного комплекса.

Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

Розглянута концепція створення авіаційного непілотованого комплексу.

Іл. 3. Бібліогр.: 2 назв.

УДК 629.7.01

Метод анализа характеристик локального НДС при растяжении пластин с отверстиями / Е.Т. Василевский, В.А. Гребеников, А.М. Гуменный, С.П. Светличный // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 13 – 29.

Разработан метод определения характеристик локального НДС пластин с концентраторами напряжений в виде одиночных и групповых отверстий.

Исследовано влияние выполнения фаски и смещения оси отверстия на характеристики локального НДС и концентрацию напряжений и деформаций.

Библиогр.: 8 назв.

Розроблено метод визначення характеристик локального НДС пластин з концентраторами напруження у вигляді окремих та групових отворів. Досліджено вплив виконання фаски та зміщення осі отвору на характеристики локального НДС і концентрацію напруження та деформацій.

Бібліогр.: 8 назв.

УДК 629.7.01

Эталонная модель для оценки вероятности потери технической устойчивости ракеты-носителя / М.И. Никифорова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35 – С. 30 – 36.

Разработана эталонная модель для оценки значения вероятности потери технической устойчивости ракет-носителей (РН). С помощью метода статистического моделирования получен доверительный интервал вероятности потери технической устойчивости РН. Показано, что использованный метод позволяет учесть вероятностные характеристики большого количества случайных величин, однако оценка таким способом занимает большое количество времени.

Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 8 назв.

Розроблено еталонну модель для оцінки значення ймовірності втрати технічної стійкості ракет-носіїв (РН). За допомогою метода статистичного моделювання отримано довірчий інтервал імовірності втрати технічної стійкості РН. Показано, що використаний метод дозволяє врахувати ймовірнісні характеристики великої кількості випадкових величин, проте оцінка таким способом займає велику кількість часу.

Іл. 5. Табл. 2. Бібліогр.: 8 назв

УДК 629.764.01

Выбор оптимальной рабочей точки системы стабилизации ракеты-носителя по критерию вероятности устойчивости / Е.С. Голубничая // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 37 – 44.

Описана методика построения областей устойчивости системы стабилизации ракеты-носителя корневым методом. Проведен выбор оптимальных параметров системы стабилизации по критерию вероятности устойчивости.

Ил. 3. Табл. 4. Библиогр.: 4 назв.

Описано методику побудови областей стійкості системи стабілізації ракети-носія корневим методом. Проведено вибір оптимальних параметрів системи стабілізації за критерієм імовірності стійкості.

Іл. 3. Табл. 4. Бібліогр.: 4 назви

УДК 629.7.01

Метод создания трехмерного аналитического эталона поверхности вертикального оперения пассажирского самолета, его агрегатов и сборных узлов в CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS / А.Г. Гребеников, А.А. Сердюков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35 – С. 46 – 62.

Рассмотрена концепция создания вертикального оперения пассажирского самолета с использованием системы CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS.

Ил. 9. Библиогр.: 9 назв.

Розглянута концепція створення вертикального опіріння пасажирського літака з використанням системи CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS.

Іл. 9. Бібліогр.: 9 назв

УДК 517.927.21

Теоремы сложения гармонических функций в координатах эллиптического цилиндра и сжатого эллипсоида вращения и их приложение к решению контактной задачи о совместном вдавливании в упругое полупространство полосового и кругового штампов/ В.С. Проценко, Т.В. Денисова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 63 – 68.

Получены новые теоремы сложения гармонических функций в системах координат эллиптического цилиндра и сплюснутого эллипсоида вращения. На основе этих теорем предложен метод решения контактной задачи о вдавливании в упругое полупространство двух штампов: полосового и кругового. Задача сведена к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений, для которой метод редукции сходится к точному решению.

Библиогр.: 8 назв.

Одержано нові теореми додавання гармонічних функцій у системах координат еліптичного циліндра та сплющеного еліпсоїда обертання. На основі цих теорем запропоновано метод розв'язання контактної задачі про втискування у пружний півпростір двох штампів: смугового і кругового. Задача зведена до нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь, для яких метод редукції збігається до точного розв'язку.

Бібліогр.: 8 назв

УДК 629.7.016.52

Компьютерное моделирование в задачах анализа и проектирования систем воздушных сигналов винтокрылых летательных аппаратов / С.А. Калкаманов, А.П. Корниенко, В.А. Христов, И.Н. Ключников // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 69 – 74.

Представлены результаты компьютерного моделирования обтекания ЛА и их применение для решения задач определения местоположения и вычисления аэродинамических поправок датчиков аэрометрических приборов винтокрылых ЛА. Приведены примеры моделирования поля давления вокруг одновинтового вертолета и рекомендации по выбору местоположения датчика ПВД.

Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

Подані результати комп'ютерного моделювання обтікання ЛА та їх використання для розв'язання задач визначення місцезнаходження й обчислення аеродинамічних поправок датчиків аерометричних приладів гвинтокрилих ЛА. Наведені приклади моделювання поля тиску біля одновинтового вертольоту та рекомендації по визначенню місцезнаходження датчика ППТ.

Іл. 4. Бібліогр.: 3 назви

УДК 629.7.06:629.7.018

Синтез алгоритма математической модели имитации акселерационных воздействий при проектировании системы подвижности авиационного тренажера/ Е. Д. Ковалев, А. Б. Леонтьев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 75 – 80.

Разработан алгоритм математической модели имитации акселерационных воздействий на членов экипажа тренажера воздушного судна с помощью кабины опорного типа. На основе данного алгоритма может быть исследована динамика пространственного движения летательного аппарата при заданных законах управления и кинематические характеристики применяемой динамической платформы.

Ил. 1. Библиогр.: 8 назв.

Розроблено алгоритм математичної моделі імітації акселераційних дій на членів екіпажу тренажера повітряного судна за допомоги кабіни опорного типу. На основі даного алгоритму може бути досліджена динаміка просторового руху літального апарату при заданих законах управління та кінематичні характеристики динамічної платформи, що застосовується.

Іл. 1. Бібліогр.: 8 назв

УДК 519.711

Две стратегии идентификации реальных объектов/ Н.Д. Кошевой, А.Н. Сильвестров // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 81 – 85.

Изложено два принципиально различных подхода к задаче идентификации реальных объектов: идентификация поведения и идентификация конкретных физических параметров реального объекта.

Таб. 1. Библиогр.: 6 назв.

Показано різницю між апроксимативним і параметричним підходами до задачі ідентифікації літальних апаратів та їх областями коректного застосування.

Табл. 1. Бібліогр.: 6 назв

УДК 621.327

Метод компактного представления изображений в стандарте TETRA / В.В. Баранник, Н.А. Королева, И.В. Ковтун // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 86 – 91.

Обосновывается необходимость организации передачи видеoinформации в цифровой системе мобильной связи TETRA. Излагаются основные этапы формирования информационной части пакета TETRA с учетом передачи изображений, представляемых в компактном виде на основе межкадрового полиадического кодирования.

Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.

Обґрунтовується необхідність організації передачі відеоінформації в цифровій системі мобільного зв'язку TETRA. Висловлюються основні етапи формування інформаційної частини пакету TETRA з врахуванням передачі зображень, що представляються в компактному вигляді на основі міжкадрового поліадичного кодування.

Іл. 2. Бібліогр.: 4 назви

УДК 629.7.01

Формирование функции полезности при свёртке критериев векторной оптимизации проектных параметров пассажирского самолёта на этапе предварительного проектирования / С.А. Бычков, А.Г. Гребеников, Г.Б. Варшавьяк // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. – С. 92 – 98.

Сформулирован общий подход к решению задач многокритериальной оптимизации модели самолёта. Предложен алгоритм расчёта для свёртки двух частных критериев и оптимизации геометрических параметров крыла грузопассажирского самолёта с ТВД. Показана зависимость результатов оптимизации от параметров алгоритма, количества векторов начальных параметров и области их выборки.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

Сформульовано загальний підхід до вирішення задач багатокритерійної оптимізації моделі літака. Запропоновано алгоритм розрахунку для згортки двох окремих критеріїв та оптимізації геометричних параметрів крила вантажопассажирского літака з ТГД. Показано залежність результатів оптимізації від параметрів алгоритму, кількості векторів початкових параметрів та області їхньої вибірки.

Іл. 4. Табл. 1. Бібліогр.: 4 назви

УДК 533.6.011

Экспериментальное исследование взаимодействия пограничного слоя на плоской пластине с генераторами вихрей /А.Ф. Махмуд // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 99 – 103.

Рассмотрены вопросы использования экспериментального метода измерения параметров потока при исследовании взаимодействия вихрей, сходящих с генераторов, с пограничным слоем на плоской пластине, что дает возможность определить оптимальные геометрические параметры генераторов вихрей с точки зрения их позитивного влияния на параметры пограничного слоя.

Ил. 9. Библиогр.: 4 назв.

Розглянуті питання щодо використання експериментального методу виміру параметрів потоку під час дослідження взаємодії вихрів, які виходять з генераторів з помежневим слоєм на плоскій пластині, що дає можливість визначити оптимальні геометричні параметри генераторів вихрів з точки зору їх позитивного впливу на параметри помежневого слою.

Іл. 9. Бібліогр.: 4 назви

УДК 535.241.13:534

Мини-, микро- и нанороботы / П.Ф. Поляков, И.Ш. Невлюдов, В.А. Палагин, В.А. Хорунжий, В.П. Поляков, Я.Ю. Королева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 104 – 113.

Проведен анализ состояния и перспективы развития микророботехники. Отмечено большое значение микророботов при решении научно-технических задач. Особое значение применение микророботов для перехода к производству техники нового поколения.

Іл. 1. Библиогр.: 11 назв.

Проведен аналіз стану та перспективи розвитку мікророботехніки. Відмічено велике значення мікророботів при рішенні науково-технічних задач. Особливе значення використання мікророботів для переходу до виробництва техніки нового покоління.

Іл. 1. Бібліогр.: 11 назв

УДК 004.312.02, 312.022

Приложение свойств обобщённых логических функций к синтезу многофункциональных триггерных устройств / Е.Н. Коробкова, Ю.И. Ялинич // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 114 – 119.

Предложен метод синтеза многофункциональных триггеров, основанный на представлении и преобразовании логических функций в обобщённой форме, что позволило упростить процедуру синтеза.

Іл. 5. Библиогр.: 8 назв.

Запропонований метод синтезу багатofункціональних тригерів, що базується на представленні та перетворенні логічних функцій в узагальненій формі, що дозволило спростити процедуру синтезу.

Іл. 5. Бібліогр.: 8 назв

УДК 621:65.011.56

Имитационное моделирование автоматизированной системы программного и оптимального корректирующего управления развитием производства / Н.Э. Хомякова, Р.П. Волощук. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», – 2007. – Вып. 35. – С. 120 – 126.

Представлена имитационная модель системы управления развитием производства, разработанная на основе теории управления динамическими объектами в условиях неопределенности с использованием квадратичного критерия оптимальности. Приведены результаты моделирования для частного случая управления объемом производства, динамика которого описывается марковским процессом первого порядка. Модель предназначена для использования в качестве элемента системы поддержки принятия решений для производственных менеджеров.

Іл.7 Табл.1 Библиогр.: 2 назв.

Представлено імітаційну модель системи управління розвитком виробництва, розроблену на основі теорії керування динамічними об'єктами в умовах невизначеності з використанням квадратичного критерію оптимальності. Наведені результати моделювання для частного випадку управління обсягом виробництва, динаміка якого описується марковським процесом першого порядку. Модель призначена для використання в якості елемента системи підтримки прийняття рішень для виробничих менеджерів.

Іл.7 Табл.1 Бібліогр.: 2 назви

УДК 004.732.011.56

Распределение информационных потоков ERP-системы на предприятии при ее введении / С.А. Нестеренко, О.А. Усова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 127 – 132.

Рассмотрены информационные потоки при введении ERP-системы и стратегии их введения. Изложена формализация бизнес-процессов на предприятии.

Іл. 3. Библиогр.: 1 назв.

Розглянуто інформаційні потоки при введенні ERP-системи і стратегії їх введення. Викладено формалізацію бізнес-процесів на підприємстві.

Іл. 3. Бібліогр.: 1 назва

УДК 681.3

Объектно-статистический анализ информационных потоков / Д.В. Ландэ, В.Н. Фурашев // Открытые информационные и компьютерные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007, – Вып. 35. – С. 133 – 137.

Описан подход к анализу и визуализации информационных массивов за значительный период времени. Предлагается на ряду с уже признанными статистическими методами использование так называемых вордлет-диаграмм, строки которых формируются путем учета объемов информационных выборок, соответствующих выбранным объектам в разрезе дат. Вордлет-диаграммы представляются существенным визуальным дополнением к системам интеграции информационных ресурсов, а также к прогнозным системам.

Іл. 4. Библиогр.: 11 назв.

Описано підхід до аналізу та візуалізації інформаційних масивів за значний проміжок часу. Пропонується поряд з вже визнаними статистичними методами використання так званих вордлет-діаграм, рядки яких формуються шляхом урахування обсягів інформаційних добірок, що відповідають обраним об'єктам у розрізі дат. Вордлет-діаграми розглядаються суттєвим візуальним доповненням до систем інтеграції інформаційних ресурсів, а також до прогнозних систем.

Іл. 4. Бібліогр.: 11 назв

УДК 658.5.012: 614.8

Проблемные вопросы управления риском в проектном менеджменте / И.А. Гончар, А.А. Подойницына // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 138 – 142.

Рассмотрены основные определения понятия «риск», выявлены особенности применения методов риск-анализа в сфере оценки техногенных рисков на потенциально опасных предприятиях. Сформулированы основные принципы на которых должна строиться система управления риском.

Бібліогр.: 9 назв.

Розглянуто основні визначення поняття "ризик", виявлено особливості застосування методів ризик-аналізу в сфері оцінки техногенних ризиків на потенційно небезпечних підприємствах. Сформульовано основні принципи на яких має будуватися система управління ризиком.

Бібліогр.: 9 назв

УДК 539.3:534.1:629.7.02

Способ построения базиса для решения краевых задач в обыкновенных производных вариационными методами / В.Б. Минтук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 143 – 148.

Предложен способ построения координатной системы на основе последовательности функции, которые удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к базису, за исключением выполнения главных граничных условий краевой задачи. Построение продемонстрировано на примере.

Табл. 1. Ил. 2. Библиогр.: 3 назв.

Запропоновано спосіб побудови координатної системи на основі послідовності функцій, які задовольняють всі вимоги, що пред'являються до базису, за виключенням виконання головних крайових умов задачі. Побудову продемонстровано на прикладі.

Табл. 1. Іл. 2. Бібліогр.: 3 назви

УДК 658.012.23+658.114.5

Модель информационной системы управления проектами строительной корпорации на основе Microsoft Enterprise Project Management Solution 2003 / И.Б. Некрасов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 149 – 154.

Проведено обоснование актуальности внедрения информационной системы управления проектами в корпорации. Разработана модель информационной системы управления проектами строительной корпорации, отвечающей международным стандартам управления и обеспечивающей максимально прозрачную коммуникацию всех участников проектного процесса при реализации проектов на всех стадиях жизненного цикла.

Ил. 1. Библиогр.: 13 назв.

Проведено обґрунтування актуальності впровадження інформаційної системи управління проектами в корпорації. Розроблено модель інформаційної системи управління проектами будівельної корпорації, яка відповідає міжнародним стандартам управління та забезпечує максимально прозору комунікацію всіх учасників проектного процесу при реалізації проектів на всіх стадіях життєвого циклу.

Іл. 1. Бібліогр.: 13 назв

УДК 574.2:57.03

Конкурентоспособная экономика как база ноосферного развития общества / В.А. Пильщиков, Я.В. Найдыш / Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 155 – 160.

Проанализированы публикации по проблематике техногенеза – целенаправленной деятельности человека в биосфере и околоземном пространстве. Рассмотрены рекомендации по рациональному преобразованию техносферы как части биосферы в ноосферу – новый современный этап эволюции органического мира.

Библиогр.: 8 назв.

Проаналізовано публікації з проблематики техногенеза – цілеспрямованої діяльності людини в біосфері та навколомному просторі. Розглянуто рекомендації щодо раціонального перетворення техносфери, як частини біосфери у ноосферу – новий сучасний етап еволюції органічного світу.

Бібліогр.: 8 назв

УДК 378.147:004.9

Актуальные проблемы организационно-методологического обеспечения информационных технологий обучения / В.М. Вартанян, К.В. Шведова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 161 – 164.

Рассмотрена классификация электронных учебных ресурсов, исследованы традиционные методики оценки качества электронных изданий. Изложена методика комплексной оценки качества электронных учебных ресурсов в составе информационно-образовательной среды.

Табл. 2. Библиогр.: 4 назв.

Розглянуто класифікацію електронних навчальних ресурсів, досліджено традиційні методики оцінки якості електронних видань. Викладено методику комплексної оцінки якості електронних навчальних ресурсів у складі інформаційно-освітнього середовища.

Табл. 2. Бібліогр.: 4 назви

УДК 621:338.26

Построение модели управления интеллектуальной собственностью как элемента процесса управления качеством и ресурсами инновационных проектов / О.Е. Федорович, Т.И. Крахмалева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 165 – 170.

Исследован вопрос управления инновационными проектами по созданию объектов новой техники с учетом объектов права интеллектуальной собственности. Проанализированы существующие модели управления ресурсами инновационных проектов в сфере науки и техники. Предложена модель управления процессом создания объектов интеллектуальной собственности как часть системы качества предприятия.

Ил. 2. Библиогр.: 6 назв.

Досліджено питання управління інноваційними проектами зі створення об'єктів нової техніки з урахуванням об'єктів права інтелектуальної власності. Проаналізовано існуючі моделі управління ресурсами інноваційних проектів у сфері науки і техніки. Запропоновано модель управління процесом створення об'єктів інтелектуальної власності як частину системи якості підприємства.

Іл. 2. Бібліогр.: 6 назв

УДК 681.32

Системная логистическая модель управления качеством / Н.Н. Гора // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 171 – 175.

Предложена системная модель управления качеством в виде логистического системного куба в трех основных измерениях: иерархия уровней управления качеством; стратификация контроля качества; логистическая цепь производства. Построена логико-алгебраическая модель управления качеством, основанная на интеграции процессов контроля качества для отдельных звеньев логистической цепи.

Ил. 4. Библиогр.: 2 назв.

Запропоновано системну модель управління якістю у вигляді логістичного системного куба в трьох основних вимірах: ієрархія рівнів управління якістю; стратифікація контролю якості; логістичний ланцюг виробництва. Побудовано логіко-алгебраїчну модель управління якістю, засновану на інтеграції процесів контролю якості для окремих ланок логістичного ланцюга.

Іл. 4. Бібліогр.: 2 назви

УДК. 658.62

Структурный анализ реинжиниринга территориально распределенных компаний / Л.Д. Греков, О.Е. Федорович // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 176 – 179.

Предложен метод структурного анализа территориально распределенных компаний (ТРК), который позволяет провести исследование реинжиниринга развивающейся архитектуры ТРК. Проведена классификация структур ТРК. Для формирования множества возможных вариантов архитектурного реинжиниринга использованы основные результаты теории Пойа и Де Брейна.

Іл. 7. Библиогр.: 2 назв.

Запропоновано метод структурного аналізу територіально розподілених компаній (ТРК), що дозволяє провести дослідження реінжинірингу архітектури ТРК, що розвивається. Проведено класифікацію структур ТРК. Для формування множини можливих варіантів архітектурного реінжинірингу використані основні результати теорії Пойа та Де Брейна.

Іл. 7. Бібліогр.: 2 назв.

УДК 658.1

Обоснование актуальности исследования методов оценки рыночной стоимости предприятий / Ю.А. Морозова, Е.П. Киричук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 180 – 182.

Обоснована актуальность решения следующей научной задачи: изучить существующие методы оценки рыночной стоимости предприятий для последующего их анализа, выявления недостатков и синтеза эффективных моделей и методов оценки, которые учитывают условия неопределенности современных рыночных отношений.

Библиогр.: 4 назв.

Обґрунтовано актуальність вирішення такої наукової задачі: вивчити існуючі методи оцінки ринкової вартості підприємств для наступного їхнього аналізу, виявлення недоліків і синтезу ефективних моделей і методів оцінки, які враховують умови невизначеності сучасних ринкових відносин.

Бібліогр.: 4 назви.

УДК 504.064

Інформаційна технологія прогнозування основних параметрів зони можливого ураження ймовірної пожежі внаслідок впливу теплового випромінювання / В.Л. Клеєвська, В.О. Максименко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2007. – Вып. 35. – С. 183 – 195.

Описано запропоновану авторами модель процесів теплообміну між зоною горіння пожежі та навколишнім середовищем, а також розроблену на її основі інформаційну технологію прогнозування основних параметрів зони можливого ураження ймовірної пожежі внаслідок впливу теплового випромінювання.

Іл. 5. Табл. 1. Бібліогр.: 5 назв

Описана предложенная авторами модель процессов теплообмена между зоной горения пожара и окружающей средой, а также разработанная на ее основе информационная технология прогнозирования основных параметров зоны возможного поражения вероятного пожара вследствие воздействия теплового излучения.

Ил. 5. Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

УДК 681.269 (088.8)

Экспериментальное исследование весоизмерительной системы непрерывного действия / Н.Д. Кошевой, Е.Е. Калашников, Г.А. Черепашук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 35. – С. 196 – 199.

Рассмотрены современные весоизмерительные системы непрерывного действия. Предложен проект весоизмерительной системы, по которому был изготовлен макет весоизмерительной системы и проведены экспериментальные исследования. Приведены основные результаты экспериментальных исследований, которые подтвердили работоспособность весоизмерительной системы.

Библиогр.: 4 назв.

Розглянуто сучасні ваговимірювальні системи безперервної дії. Запропоновано проект ваговимірювальної системи, за яким був виготовлений макет ваговимірювальної системи та проведені експериментальні дослідження. Наведено основні результати експериментальних досліджень, які підтвердили працездатність ваговимірювальної системи.

Бібліогр.: 4 назви

УДК 336.531.2 (001.13)

Современные финансовые методы управления инвестиционными проектами на предприятиях / И.А. Усова, Е.Н. Гончаренко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. Вып. 35. – С. 200 – 205.

Показано, что при одобрении управленческих решений для реализации инвестиционных проектов (программ) необходимо применять комплексный подход, определенную систему показателей. Предложенные рекомендации использования финансовых методов управления инвестиционными проектами позволяют предприятиям своевременно реагировать на изменения параметров инвестиционных проектов в процессе их реализации, а также одобрять научно обоснованные управленческие решения.

Библиогр.: 2 назв.

Показано, що при ухваленні управлінських рішень щодо реалізації інвестиційних проектів (програм) необхідно застосовувати комплексний підхід, певну систему показників. Запропоновані рекомендації щодо використання фінансових методів управління інвестиційними проектами дозволять підприємствам своєчасно реагувати на зміни параметрів інвестиційних проектів у процесі їхньої реалізації, а також ухвалювати науково обґрунтовані управлінські рішення.

Бібліогр.: 2 назви

УДК 004.9:378.14.001.7

Информационная система мониторинга качества образовательного процесса вуза / В.М. Вартанян, Д.С. Муллалиева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. Вып. 35. – С. 206 –211.

В ходе анализа задач, решаемых информационной системой мониторинга качества учебного процесса, предложена концепция и базовый теоретический прототип информационной системы, поддерживающий осуществление комплексного мониторинга качества учебного процесса. Выбранный подход к созданию информационной системы основан на анализе существующих аналогов и международном опыте различных подходов к оценке качества образования.

Библиогр.: 2 назв.

У ході аналізу задач, розв'язуваних інформаційною системою моніторингу якості навчального процесу, запропоновано концепцію та базовий теоретичний прототип інформаційної системи, що підтримує здійснення комплексного моніторингу якості навчального процесу. Вибраний підхід до створення інформаційної системи оснований на аналізі існуючих аналогів і міжнародному досвіді різних підходів до оцінки якості освіти.

Бібліогр.: 2 назви

УДК 681.32

Комплексный показатель для оценки качества инновационных проектов / Д.В. Головань // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34 – С. 212 –215.

Для оценки качества разрабатываемых проектов предложен новый комплексный показатель качества. Показаны преимущества данного показателя по сравнению с существующими, в частности, для принятия решения по дальнейшему выполнению проекта. Подробно рассмотрено сравнение предложенного показателя со стандартным мультипликативным. Расчёты значений комплексных показателей качества проведены с использованием компьютерной программы.

Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.

Для оцінки якості розроблюваних проектів запропоновано новий комплексний показник якості. Показано переваги даного показника порівняно з існуючими, зокрема, для прийняття рішення стосовно подальшого виконання проекту. Докладно розглянуто порівняння запропонованого показника зі стандартним мультиплікативним. Розрахунки значень комплексних показників якості проведено з використанням комп'ютерної програми.

Іл. 1. Бібліогр.: 4 назви

Требования к оформлению статей в тематический сборник научных трудов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии»

Уважаемые авторы публикаций!

К опубликованию в сборнике принимаются научные статьи, ранее не публиковавшиеся, посвященные вопросам и проблемам открытых информационных и компьютерных интегрированных технологий.

Согласно Постановлению ВАК Украины от 15.01.2003 г. № 7-05/1 "Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліку ВАК України" текст статьи должен содержать следующие необходимые элементы:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами;
- анализ исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор;
- выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья;
- формулировка целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

Статья, не соответствующая требованиям ВАК Украины, к публикации не принимается.

Статья должна быть отредактирована литературным редактором и сверстана автором таким образом, чтобы все страницы были полностью заполнены текстом (в т.ч. последняя страница). Не принимается статья, содержащая неполные страницы.

Статья должна быть полностью подготовлена с помощью редактора MS Word 95, 97 или 2000. Рисунки и фотографии размещаются в тексте статьи, при этом рисунки должны быть сгруппированы и "привязаны" к тексту.

Требования к оформлению следующие:

- 1) параметры страницы: формат А4, верхнее поле - 2,5 см, нижнее - 3 см, левое - 2,5 см, правое - 2 см, от края до нижнего колонтитула - 2 см;
- 2) номер страницы: внизу, от центра, шрифт Arial (размер 12);
- 3) УДК: в левом верхнем углу страницы, шрифт Arial, 12;
- 4) инициалы и фамилии авторов: шрифт Arial, размер 12, в верхнем правом углу;
- 5) название статьи: шрифт Times New Roman, жирный, размер 16, выравнивание – по центру;
- 6) организация: шрифт Arial, курсив, размер 12;

- 7) между названием статьи, авторами, организацией и текстом статьи - один пустой абзац (размер 12);
- 8) текст статьи: шрифт Arial, обычный, размер 12; интервал - **одинарный**, перед абзацем и после него - 0 пт, отступ первой строки - 1,25 см, выравнивание - по ширине;
- 9) внешний вид графиков, таблиц, формул - по усмотрению авторов, но использовать шрифты размером не менее 8;
- 10) подписи под рисунками располагать по центру страницы; перед рисунком и после его наименования (или подрисуночной подписи) оставить пробел в одну строку.

Физические величины должны приводиться в единицах системы СИ.

В конце статьи необходимо привести список использованных источников (заголовок печатается отдельной строкой посередине, шрифт Arial, 12). Литературные источники должны быть пронумерованы в соответствии с порядком ссылок на них в тексте. Ссылка на источник дается в квадратных скобках. Список литературы приводится в конце статьи библиографическим списком источников на языке оригинала в соответствии с ГОСТ 7.1.-84.

Одновременно со статьей в редакцию предъявляются:

- экспертное заключение организации, в которой работает автор, о возможности опубликования статьи в открытой печати;
- рецензия на статью от ведущего специалиста;
- реферат на русском и украинском языках, содержащий краткое содержание статьи (объем не более семи строк одним абзацем).

Статья и реферат подаются в редакцию в виде файлов на дискете 3,5" (1,44 Мбайт) и в распечатанном виде на бумаге формата А4 (210x297).

Решение о публикации статьи принимает редколлегия.

Принятая к публикации распечатанная рукопись статьи автору не возвращается.

Научное издание

**ОТКРЫТЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Выпуск 35

Редакторы: Л.А. Кузьменко, Т.Г. Кардаш

Компьютерная верстка: Н. В. Ефремова

Подписано в печать 22.03.2007. Формат 60×84 ¹/₈. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 12,7. Уч.-изд. л. 14,31. Т. 300 экз. Заказ

**Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского**

«Харьковский авиационный институт»

61070, Харьков-70, ул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

**Отпечатано в типографии ХГАПШ
г. Харьков-23, ул. Сумская, 134, т. 707-87-60**