

**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 34

**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 № 7 от 21.03.2007 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. 34. - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2007. –259 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

Д.С. Кива, Е.Т. Василевский, А.Г. Гребеников, С.П. Светличный. Метод исследования характеристик локального НДС при растяжении пластины с отверстием, заполненным втулкой с радиальным натягом	5
А. Н. Нарожный. Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета. Часть 6	20
В.Д. Доник, А.З. Двейрин, С.А. Воропаев. Внезапная разгерметизация отсека внутри фюзеляжа	29
Л.А. Малашенко, Е.С. Никоненко. Надежность сборных авиационных конструкций летательных аппаратов, спроектированных по нормированным значениям коэффициента безопасности	36
А.И. Моцарь. Интерактивный программный комплекс для обучения и повышения уровня профессиональной подготовки авиационных экипажей вертолетов Ми-8 МТВ	42
О. О. Кім. Комфорт пасажирів літаків загальної авіації в умовах турбулентності	48
Т.Э. Пашинский. Проектирование и модификация геометрии аэродинамических профилей	54
А.Г. Гребеников, В.Н. Клименко, А.Ю. Ефремов, С.В. Трубаев. Проектирование срезных болтовых соединений элементов самолетных конструкций из титанового сплава ВТ6 с учетом усталостной долговечности	60
Я.В. Сафронов, Ю.А. Воробьев, В.В. Воронько. Определение экономической эффективности внедрения разработки пневмоимпульсного устройства дорнования	71
В.В. Мерзлюк, И. А. Нитка, И.Н. Семенчук. Особенности расчета установки оборудования с использованием амортизаторов	80
П.О. Науменко. Структура управления машиностроительным предприятием в условиях применения интегрированных информационных технологий	87
В.Г. Сухоробрый, Е.С. Голубничая. Выбор оптимальных параметров системы стабилизации ракеты-носителя	93
Ю.К. Чернышев. Дискретно-событийное моделирование процесса 2D-кристаллизации	102
Т.В. Василенко. Обзор и анализ возможностей виртуальных машин как средства обеспечения безопасности функционирования программных средств	110
А.И. Бабушкин, В.М. Вартамян Д.Д. Узун. Модели, метод и информационная технология экономического мониторинга наукоемкого высокотехнологичного производства	114
Д.В. Ландэ, В.Н. Фурашев. О цифровой идентификация личности	127
В.В. Баранник, Н.А. Королева, И.В. Ковтун. Межкадровое полиадическое кодирование изображений с выявлением серий одинаковых элементов	136
П.Ф. Поляков, В.А. Хорунжий, В.Г. Волков, В.П. Поляков. Элементы и устройства функциональной микроэлектроники. Резонаторы на поверхностных акустических волнах: модели базовых структур	140

С.А. Сериков, Ю.Н. Бороденко, А.А. Дзюбенко, Е.А. Серикова. Моделирование элементов САУ гибридной силовой установки с гидротрансмиссией	151
Н.Н. Гора, А.В. Попов. Многофазная модель контроля качества логистической производственной цепи	164
К.О. Западня, М.П. Кондратенко. Моделі транспортної логістики для управління територіально розподіленими технологічними комплексами	170
С.С. Плохов, О.С. Губка. Розробка моделі побудови виробничих розкладів на базі компонентної постреляційної інформаційної технології для графових перетворень	177
А.П. Собчак, Е.В. Гуржий. Экспертные системы в эргономике интерфейса пользователя ПК	184
Т.Е. Ударцева. Перспективы использования эргографии для исследования психофизиологического состояния авиационных операторов	189
Н.В. Нечипорук, Е.А. Полищук, С.А. Вамболь. Технология инерционного способа утилизации авиационных боеприпасов с учетом критерия безопасности	193
А.В. Бетин, Н.В. Нечипорук, В.Н. Кобрин, С.А. Вамболь, В.А. Тутубалин, Н.В. Бондарева. Методы обезвреживания взрывателей артиллерийских боеприпасов при их утилизации	201
С.И. Планковский, Н.В. Нечипорук, В.Н. Кобрин, В.В. Вамболь. Утилизация отходов методом плазменной газификации	208
Я.В. Найдыш, В.А. Пильщиков. Гармонизация системы «Человек - среда обитания» в соответствии со стандартом ISO 14001:2004	212
О.В. Гребенікова, К.О. Соломянова-Кирильчук. Аналіз методів прогнозування банкрутства і обґрунтування системи показників визначення кризового стану підприємств машинобудування	219
А.В. Котляров. Анализ моделей архитектуры современных предприятий	227
М.В. Лапа. База конструкторсько-технологічних знань як об'єкт інтелектуальної власності	238
Рецензія на монографію Фурашева В.М. «Нормативно-правові засади системної інформатизації інформаційно-аналітичного забезпечення здійснення процедур виборчих і референдум них процедур»	245
Рефераты	247
Требования к оформлению статей в тематический сборник научных трудов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии»	258

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

Метод исследования характеристик локального НДС при растяжении пластины с отверстием, заполненным втулкой с радиальным натягом

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
АНТК им. О.К. Антонова*

Анализ разрушений образцов пластины со свободным отверстием показывает, что в тех случаях, когда не применяют специальные методы повышения характеристик сопротивления усталости зон отверстий, разрушение происходит от кромки отверстия. Существует ряд конструктивных и технологических приемов, снижающих отрицательное влияние отверстия на долговечность конструкции [1].

К конструктивным приемам относится выбор рациональной формы отверстия, введение местного усиления, рациональное расположение отверстий по размаху крыла. Конструктивные мероприятия направлены на снижение коэффициента концентрации напряжений [1].

Существующие технологические способы в ряде случаев являются более эффективным средством повышения усталостной долговечности стрингеров в зоне отверстий для перетекания топлива. Большинство из них заключается в создании методами глубокого пластического деформирования остаточных сжимающих напряжений в стрингере в зоне отверстий [1].

В настоящее время методы расчетной оценки усталостной долговечности тонкостенных элементов планера самолета с функциональными отверстиями базируются на результатах испытаний образцов, данных эксплуатации, расчета напряженно-деформированного состояния и теоретических исследованиях. Метод конечного элемента позволяет проводить расчеты конструктивных элементов сложной геометрической формы при плоском и объемном НДС в упругой и упругопластической постановках задачи [2-5].

Методика оценки долговечности по локальному НДС базируется на принципе суперпозиции, при этом не учитывается история нагружения испытуемого образца [6].

В настоящее время нет универсального критерия оценки усталостного повреждения материала конструкции в окрестности концентратора. Было сделано много попыток определить критерии усталостного разрушения [7]. Из наиболее важных критериев отметим следующие:

- 1) максимальное главное растягивающее напряжение;
- 2) максимальное касательное напряжение;
- 3) максимальная энергия деформации сдвига (по Мизесу);
- 4) максимальная главная деформация.

Целью данной работы является разработка метода анализа характеристик локального НДС пластины с отверстием, заполненным втулкой с радиальным натягом, по изменению максимальных главных растягивающих напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла с учетом истории нагружения и упругопластического поведения материала

пластины. Приведение повреждающего цикла нагружения к эквивалентному отнулевому производится с помощью формулы Одинга [7]

$$\sigma_0 = \begin{cases} \sqrt{2\sigma_a\sigma_{\max}} & \text{при } \sigma_m \geq 0 \\ \sqrt{2}(\sigma_a + 0,2\sigma_m) & \text{при } \sigma_m \leq 0 \text{ и } \sigma_{\max} \geq 0 \\ 0 & \text{при } \sigma_{\max} \leq 0 \end{cases}$$

где σ_a – амплитуда напряжений;

σ_m – средние напряжения;

σ_{\max} – максимальные напряжения.

Предложенный метод исследования локального НДС включает в себя:

- 1) построение геометрической модели пластины с отверстием и втулки;
- 2) задание физико-механических свойств материалов;
- 3) разработку расчетной схемы;
- 4) создание конечно-элементной модели пластины с отверстием, пластины и втулки, установленной в отверстие с радиальным натягом, а также контактных элементов, описывающих контактное взаимодействие стенки отверстия и втулки.

Радиальный натяг моделировали путем учета в контактном алгоритме начального проникновения, вызванного разностью диаметров отверстия и втулки [8];

- 5) задание граничных условий и приложение внешних нагрузок;
- 6) формирование расчетных случаев;
- 7) расчет характеристик локального НДС пластины и втулки;
- 8) качественный и количественный анализ распределения главных растягивающих напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования в пластине;
- 9) анализ распределения удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла в сечении по оси отверстия. Определение точки, в которой значение удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла максимально;
- 10) расчет максимальных главных растягивающих напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла;
11. определение напряжений и деформаций во втулке.

На рис. 1 показана геометрическая модель пластины с отверстием, в которое установлена втулка с упругопластическим радиальным натягом. Материал пластины – сплав 1163Т [9], поведение которого в расчете описывается упругопластической полилинейной моделью с кинематическим законом упрочнения.

Материал втулки – сталь ВНС5, поведение которого в расчете принимается упругим.

Для оценки влияния геометрических и жесткостных параметров втулок на НДС элементов конструкции планера с незагруженным отверстием рассмотрена задача определения НДС пластины с отверстием, в которое установлена втулка с радиальным натягом.

В ходе анализа варьировали следующие параметры: величина радиального натяга ($\Delta = 0,5; 1; 1,2; 1,5$ и 2%), относительная толщина стенки втулки ($\delta = 0,15$ и $0,2$) и величина внешней нагрузки ($\sigma_{\text{бр}} = 0, 50, 100, 150, 200$ МПа), прикладываемой к пластине.

Учитывая геометрическую и силовую симметрию пластины с отверстием, заполненным втулкой с упругопластическим радиальным натягом, моделируем 1/8 модели с заданием соответствующих условий симметрии (рис. 2).

Конечно-элементная модель состоит из 600 элементов твердого деформируемого тела Solid 45 [10] и 40 контактных элементов TARGE170 и CONTA173 (рис. 3).

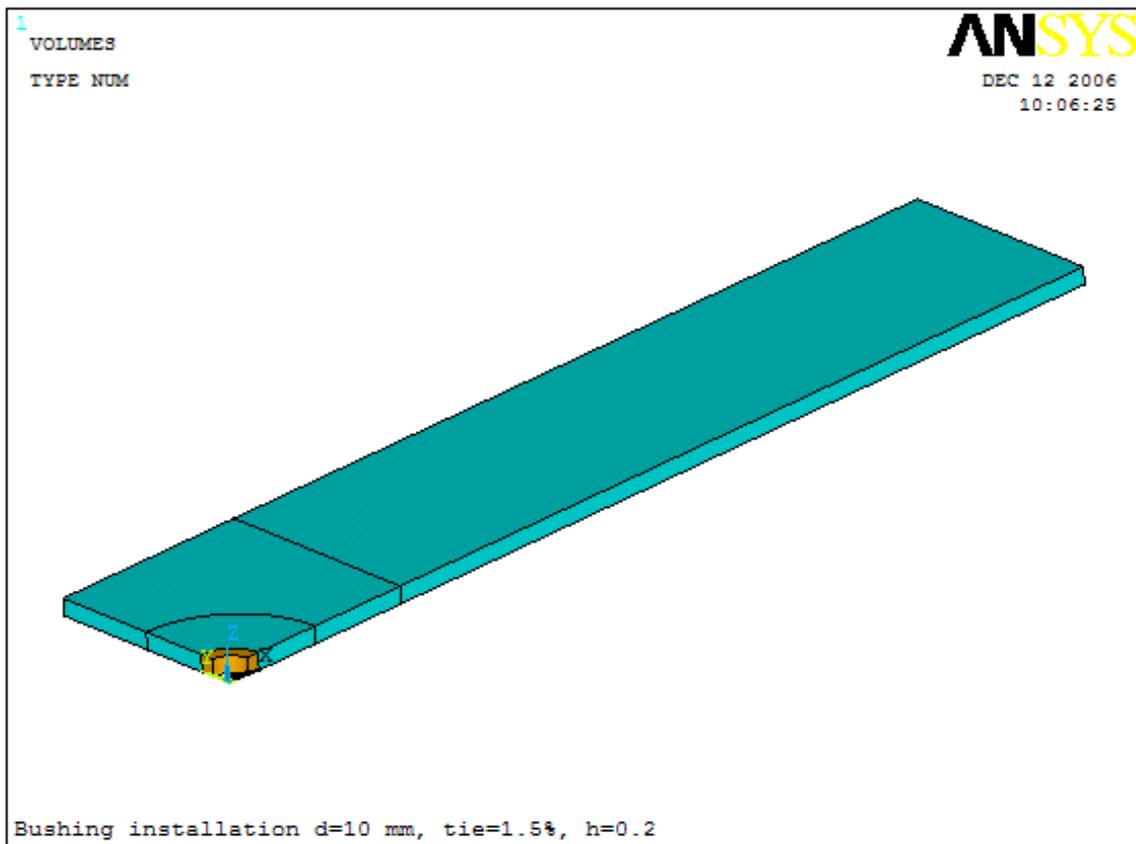


Рис. 1. Геометрическая модель 1/8 пластины с отверстием, в которое установлена втулка с радиальным натягом

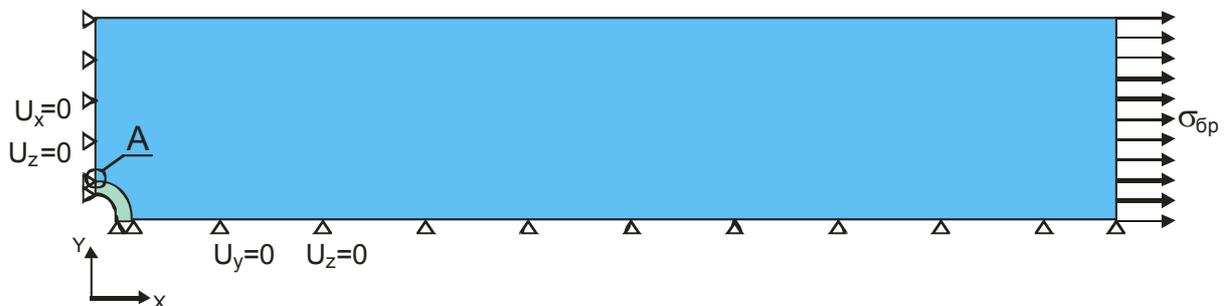


Рис. 2. Расчетная схема 1/8 пластины с отверстием, в которое установлена втулка с радиальным натягом

Проведен анализ локального НДС в пластине и втулке в критическом сечении по оси отверстия и определены максимальные значения главных растягивающих напряжений от действия радиального натяга при растяжении пластины, а также после снятия внешней нагрузки.

Рассчитаны максимальные главные растягивающие напряжения, деформации и удельная энергия деформирования эквивалентного отнулевого цикла.

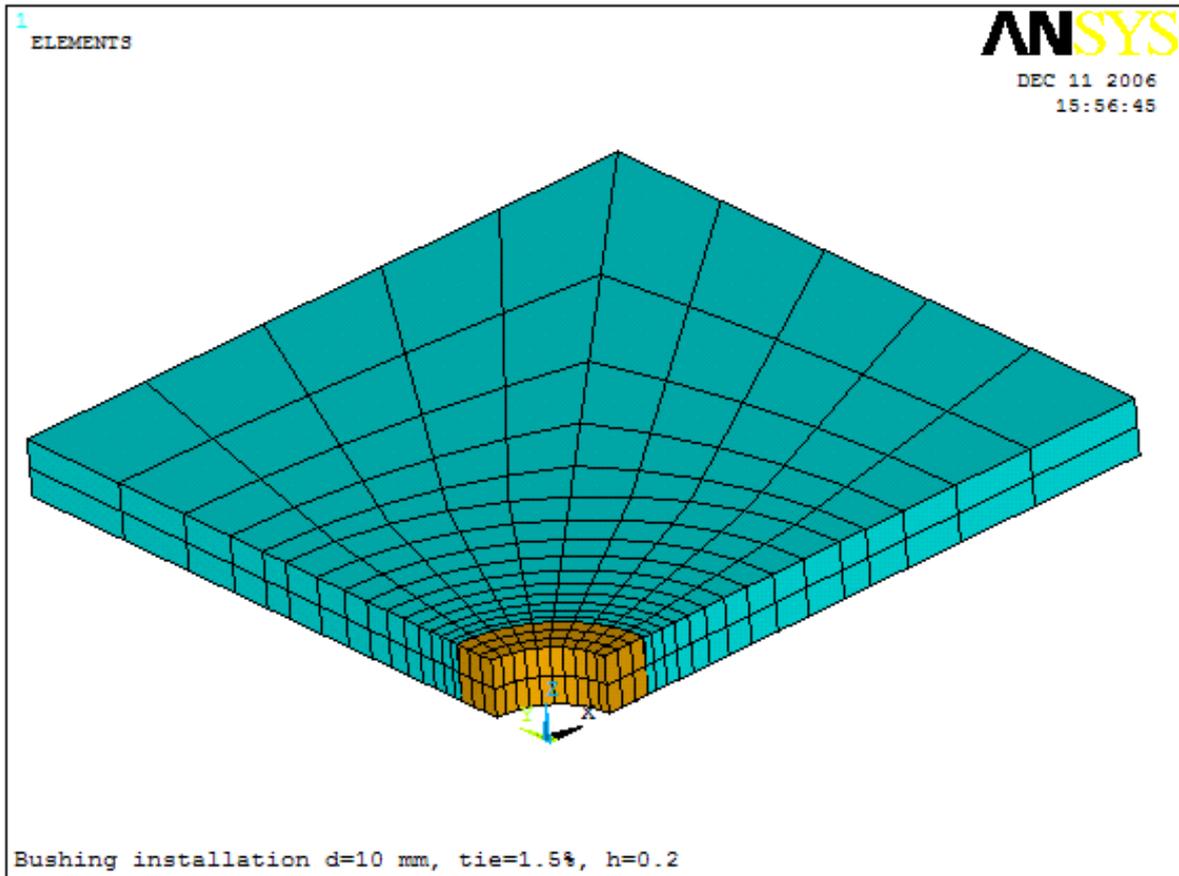


Рис. 3. Конечно-элементная модель пластины с отверстием, в которое установлена втулка с радиальным натягом

Для оценки параметров повреждающего цикла воспользуемся величиной максимальных главных напряжений σ_1 , деформаций ε_1 и удельной энергии деформирования w_1 . Анализ эффективности применения радиального натяга проводим путем сравнения указанных параметров НДС с соответствующими параметрами НДС пластины со свободным отверстием при одинаковых геометрических параметрах пластины.

При постановке в отверстие втулки с радиальным натягом происходит смещение зоны максимальных напряжений от кромки отверстия вглубь пластины на величину 0...5 мм, причем, как показывают результаты расчета, величина смещения зависит от величины радиального натяга.

Результаты анализа показаны на рис. 4 – 12.

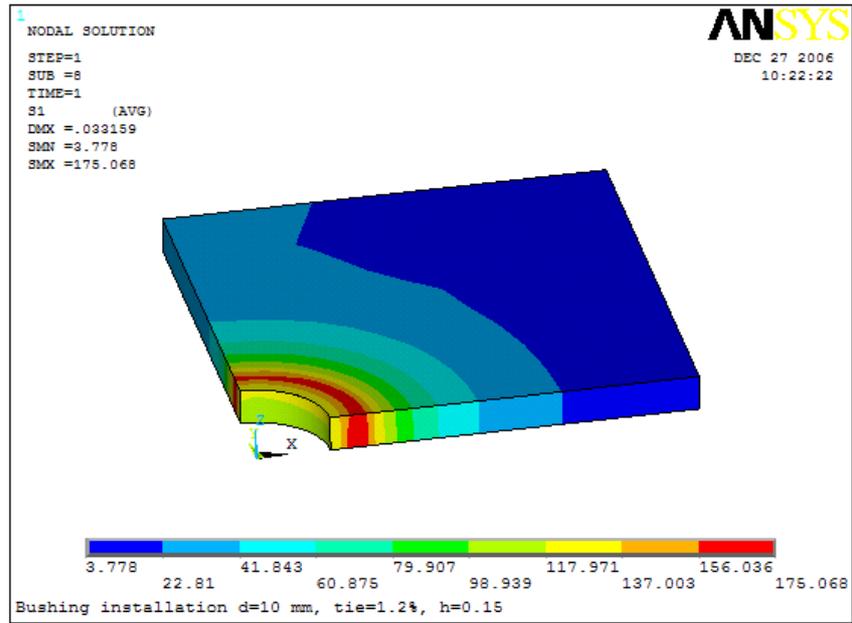


Рис. 4. Характер распределения главных растягивающих напряжений σ_1 в пластине с отверстием, в которое установлена втулка с радиальным натягом 1.2% при уровне растягивающих напряжений $\sigma_{бр} = 0$ МПа (относительная толщина втулки – 0,15)

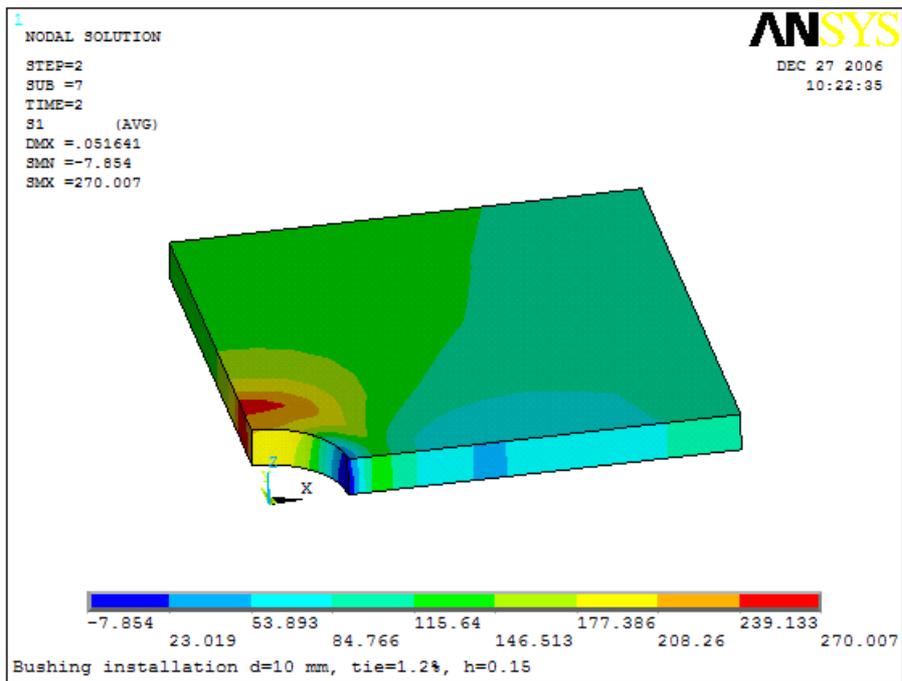


Рис. 5. Характер распределения главных растягивающих напряжений σ_1 в пластине с отверстием, в которое установлена втулка с радиальным натягом 1.2% при уровне растягивающих напряжений $\sigma_{бр} = 100$ МПа (относительная толщина втулки – 0,15)

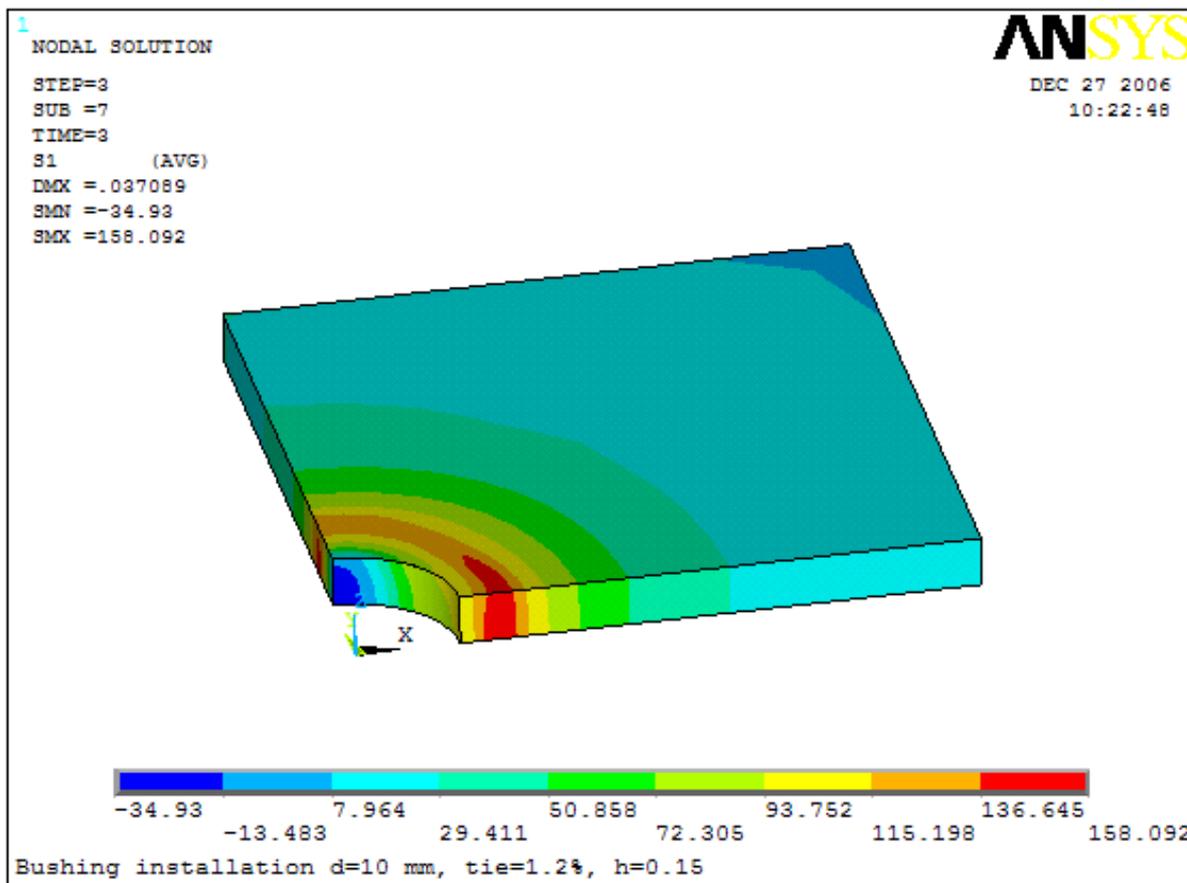
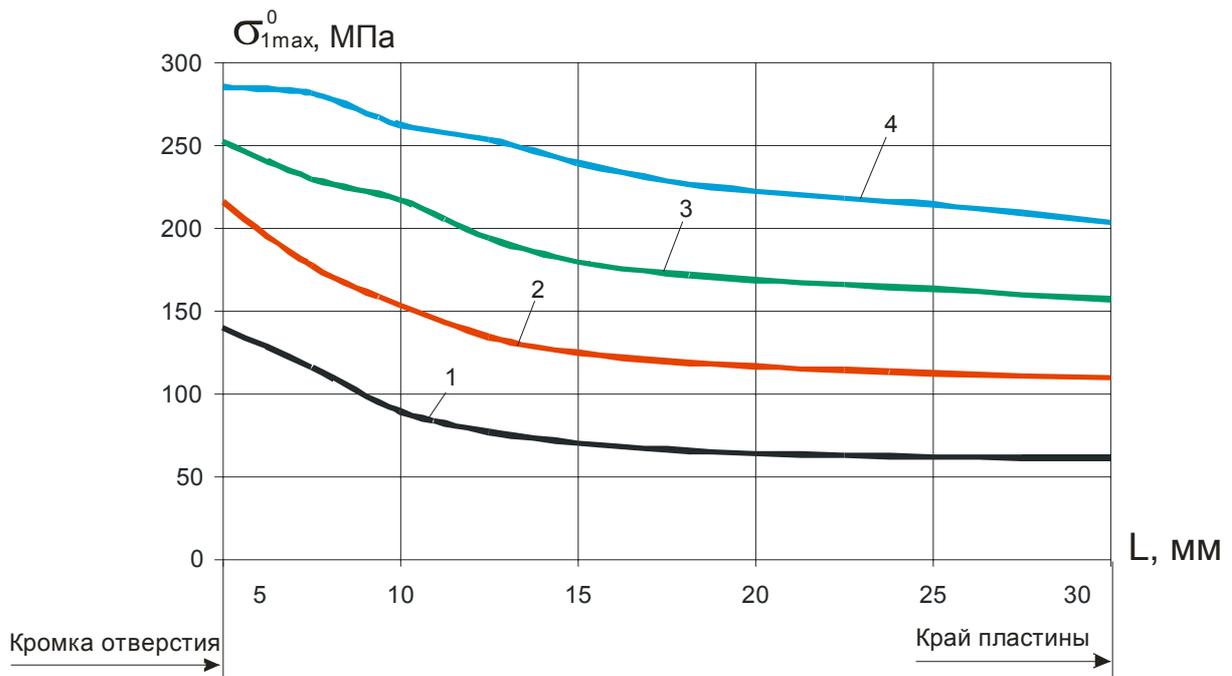


Рис. 6. Характер распределения главных растягивающих напряжений σ_1 в пластине с отверстием, в которое установлена втулка с радиальным натягом 1.2% (относительная толщина втулки – 0,15) (остаточные напряжения после разрузки)

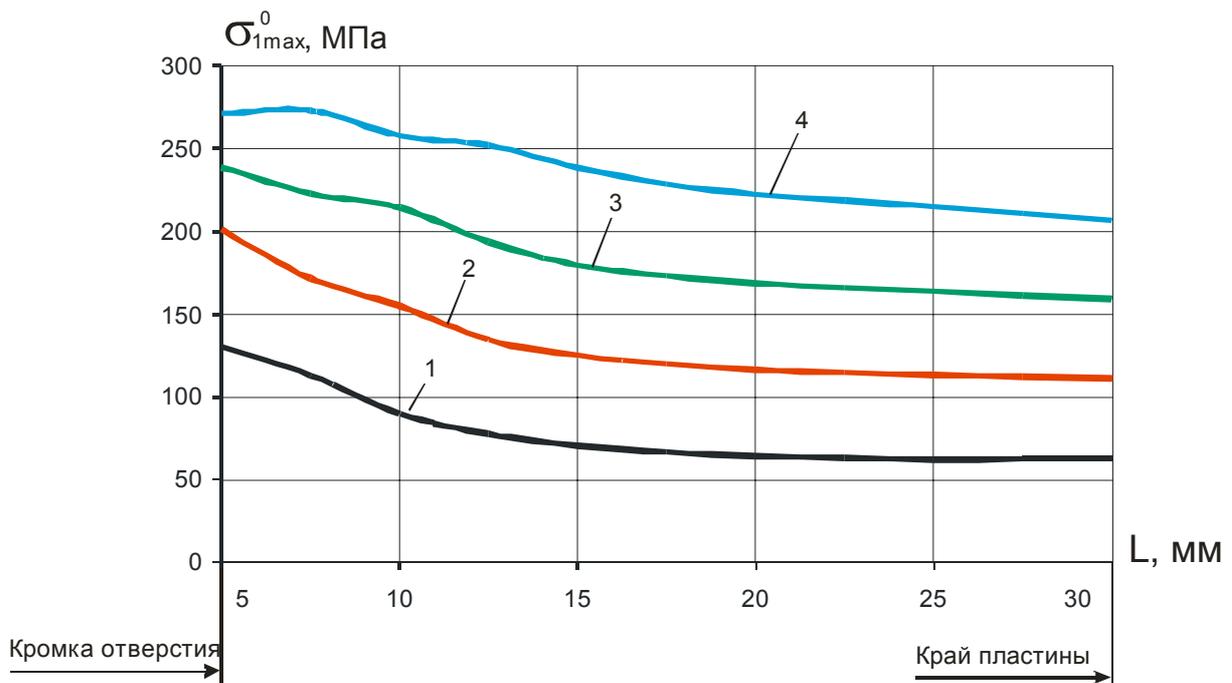
Расчет величин максимальных напряжений, деформаций эквивалентного отнулевого цикла проводим в точке, в которой значение удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла достигает максимума. Для определения максимального значения удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла необходимо проанализировать изменение данной величины в сечении по оси отверстия (см. рис. 7).

На рис. 7–9 приняты следующие обозначения:

а – относительная толщина втулки – 0,15; б – относительная толщина втулки – 0,2.



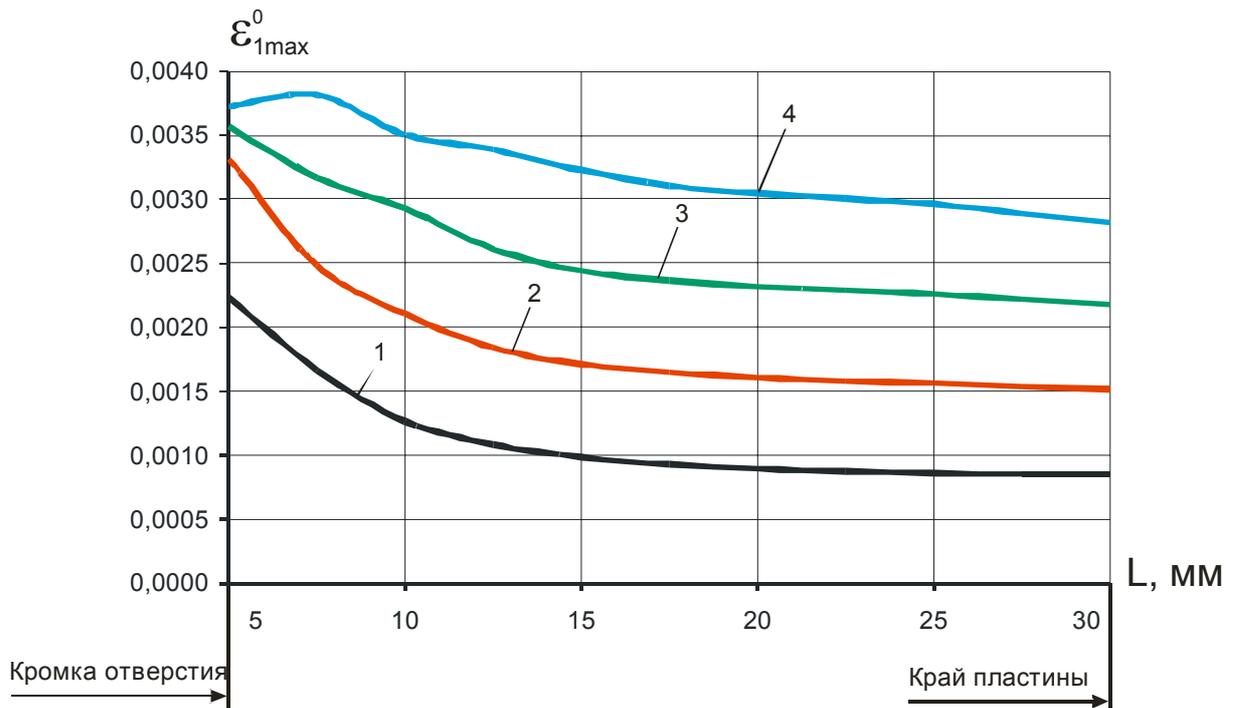
а



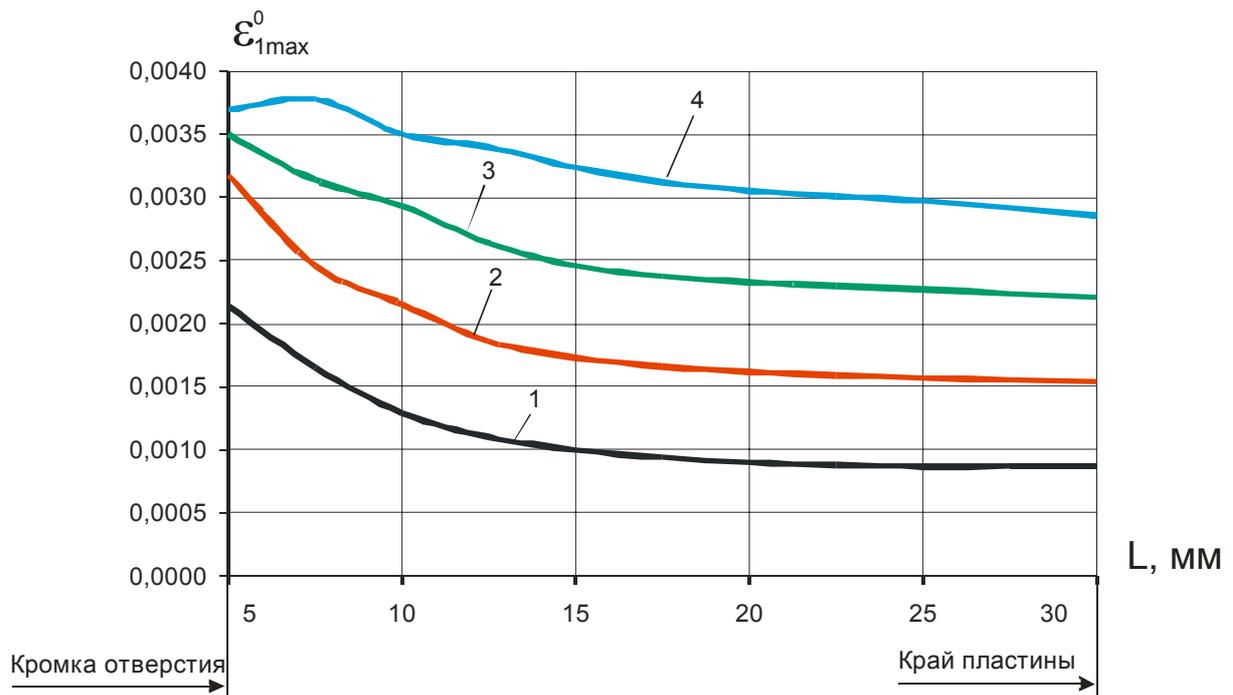
б

1 – $\sigma_{бр} = 50$ МПа; 2 – $\sigma_{бр} = 100$ МПа; 3 – $\sigma_{бр} = 150$ МПа; 4 – $\sigma_{бр} = 200$ МПа

Рис. 7. Распределение максимальных главных напряжений эквивалентного отнулевого цикла в пластине в сечении по оси отверстия (радиальный натяг 1,2%)



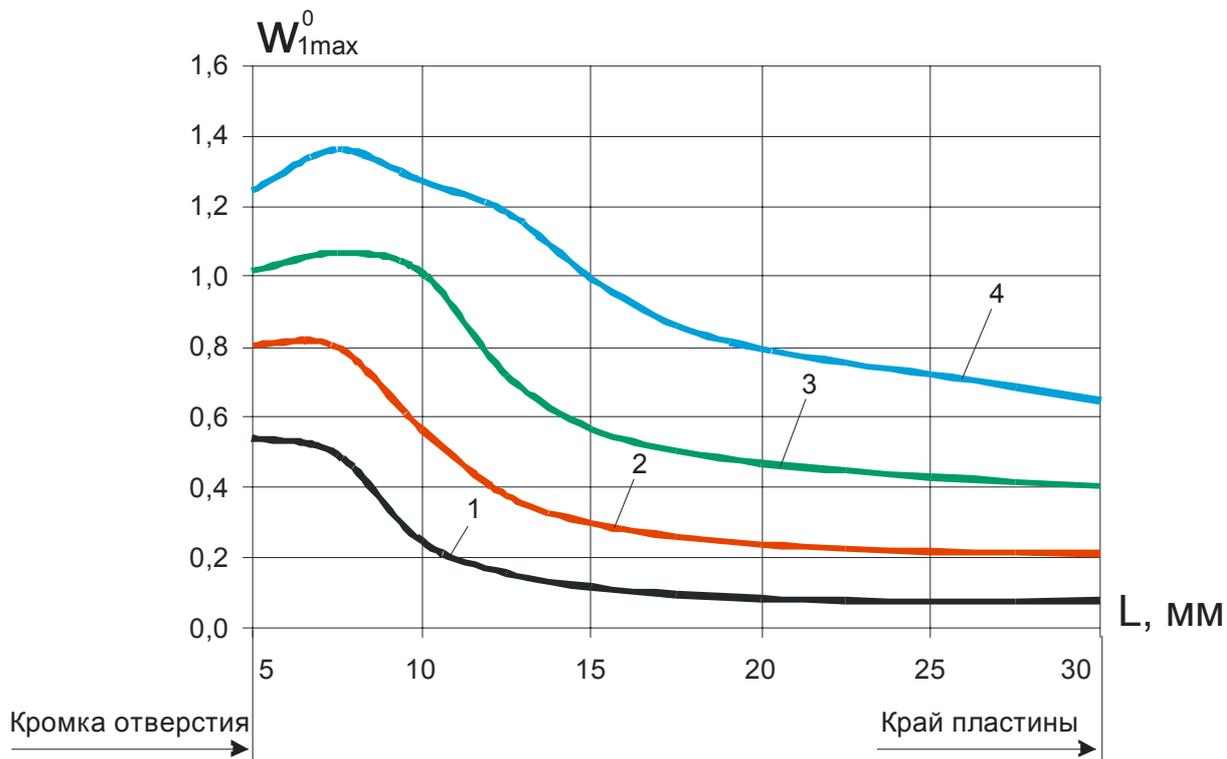
а



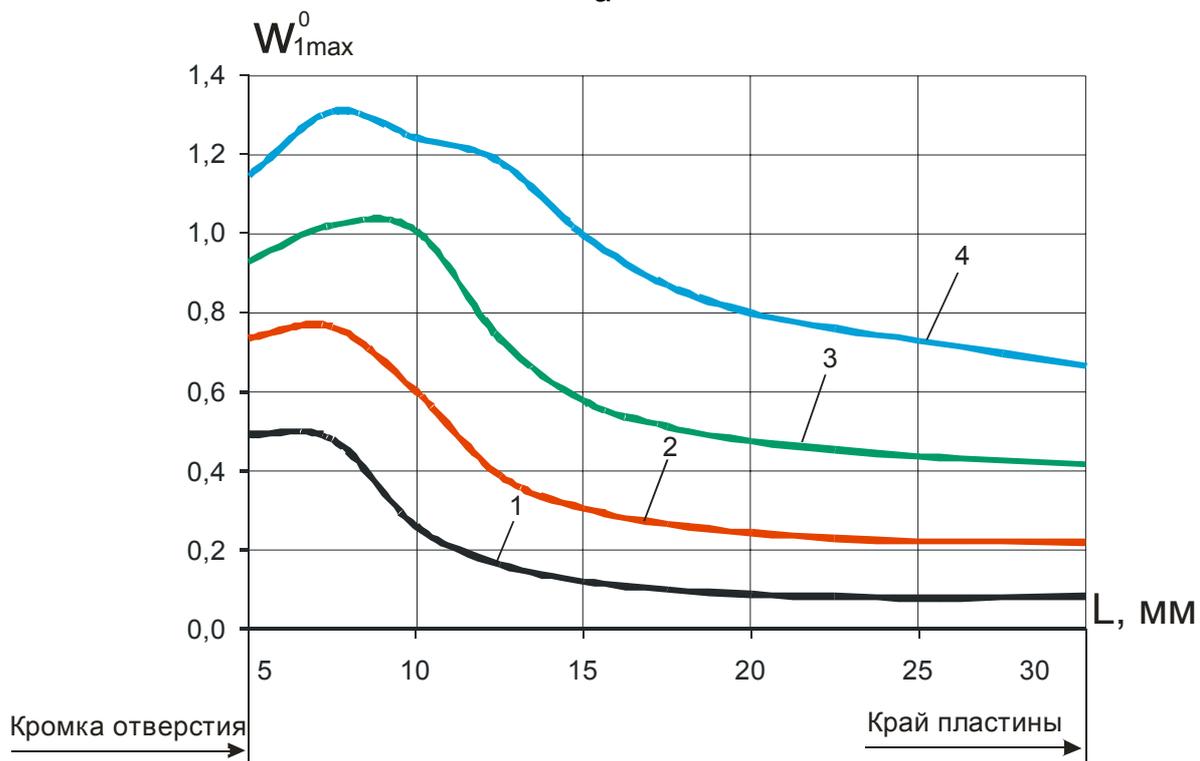
б

1 – $\sigma_{бр} = 50$ МПа; 2 – $\sigma_{бр} = 100$ МПа; 3 – $\sigma_{бр} = 150$ МПа; 4 – $\sigma_{бр} = 200$ МПа

Рис. 8. Распределение максимальных главных деформаций эквивалентного отнулевого цикла в пластине в сечении по оси отверстия (радиальный натяг 1,2%)



а



б

1 – $\sigma_{бр} = 50$ МПа; 2 – $\sigma_{бр} = 100$ МПа; 3 – $\sigma_{бр} = 150$ МПа; 4 – $\sigma_{бр} = 200$ МПа

Рис. 9. Распределение максимальной удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла в пластине в сечении по оси отверстия (радиальный натяг 1,2%)

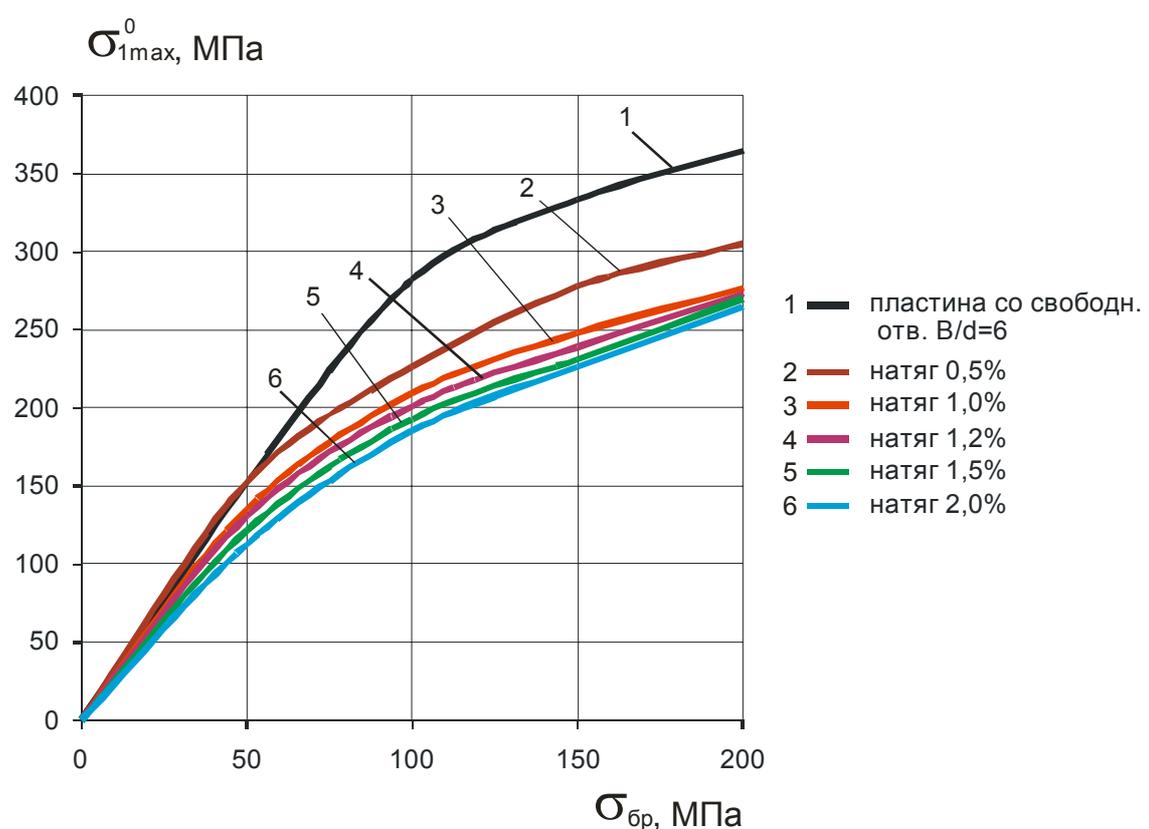
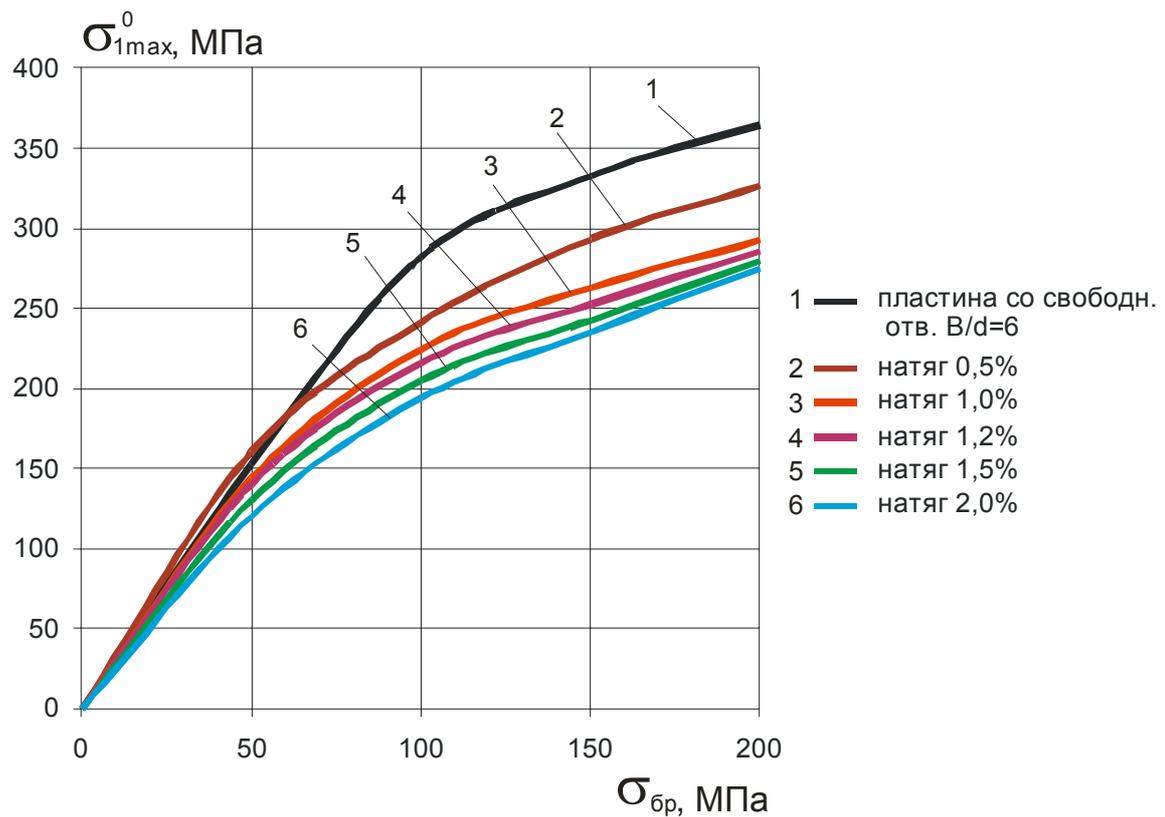


Рис. 10. Влияние уровня нагружения и величины радиального натяга втулки на максимальные главные напряжения эквивалентного отнулевого цикла в пластине с отверстием

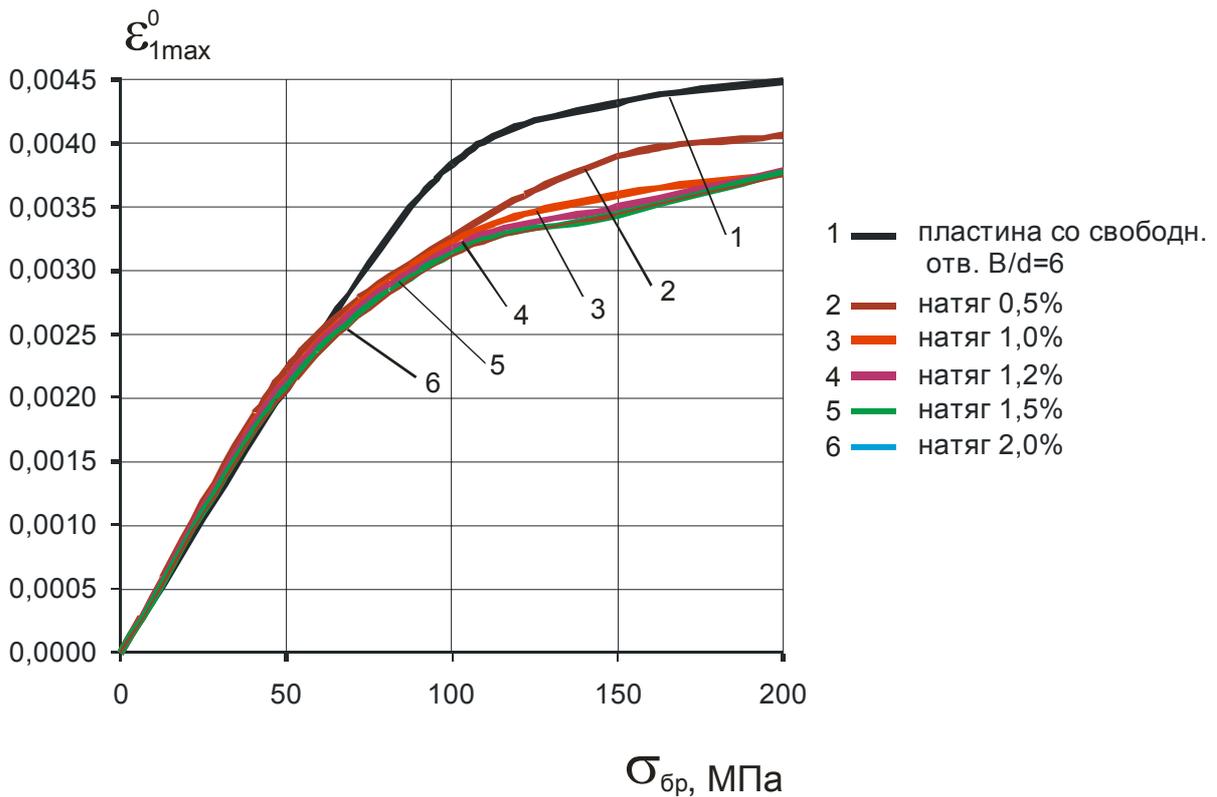
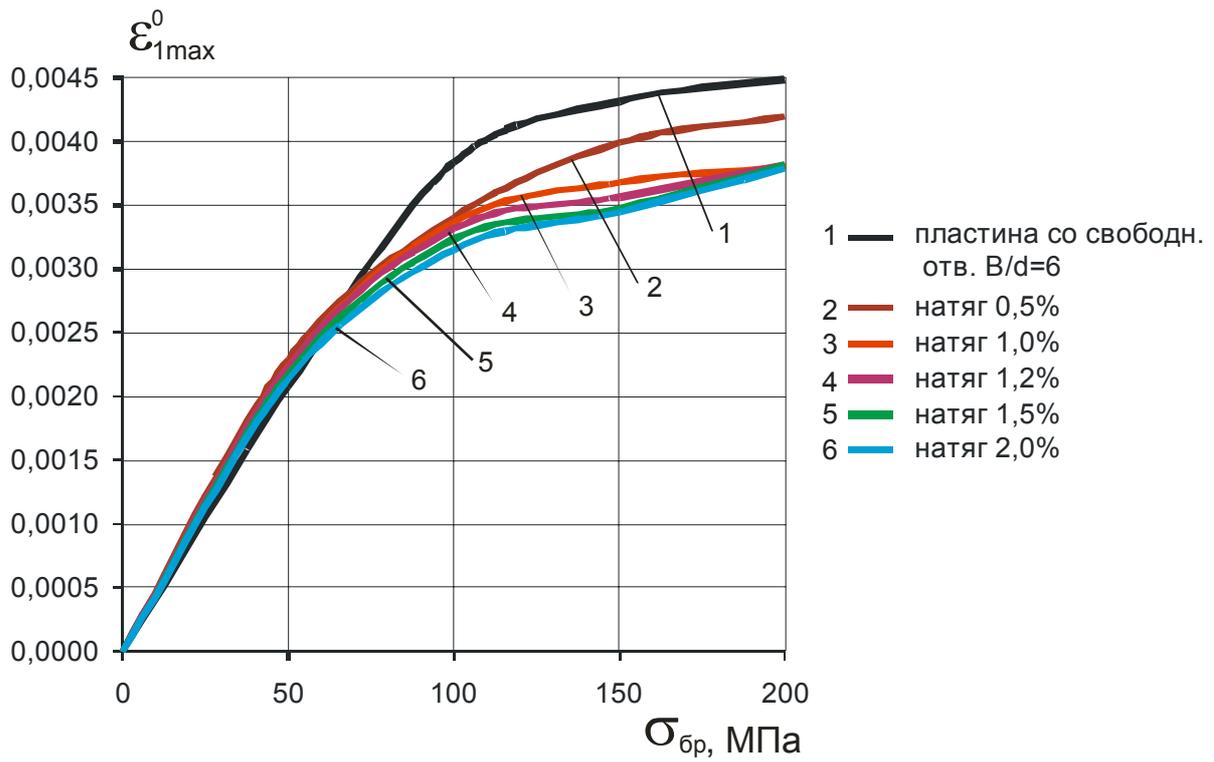


Рис. 11. Влияние уровня нагружения и величины радиального натяга втулки на максимальные главные деформации эквивалентного отнулевого цикла в пластине с отверстием

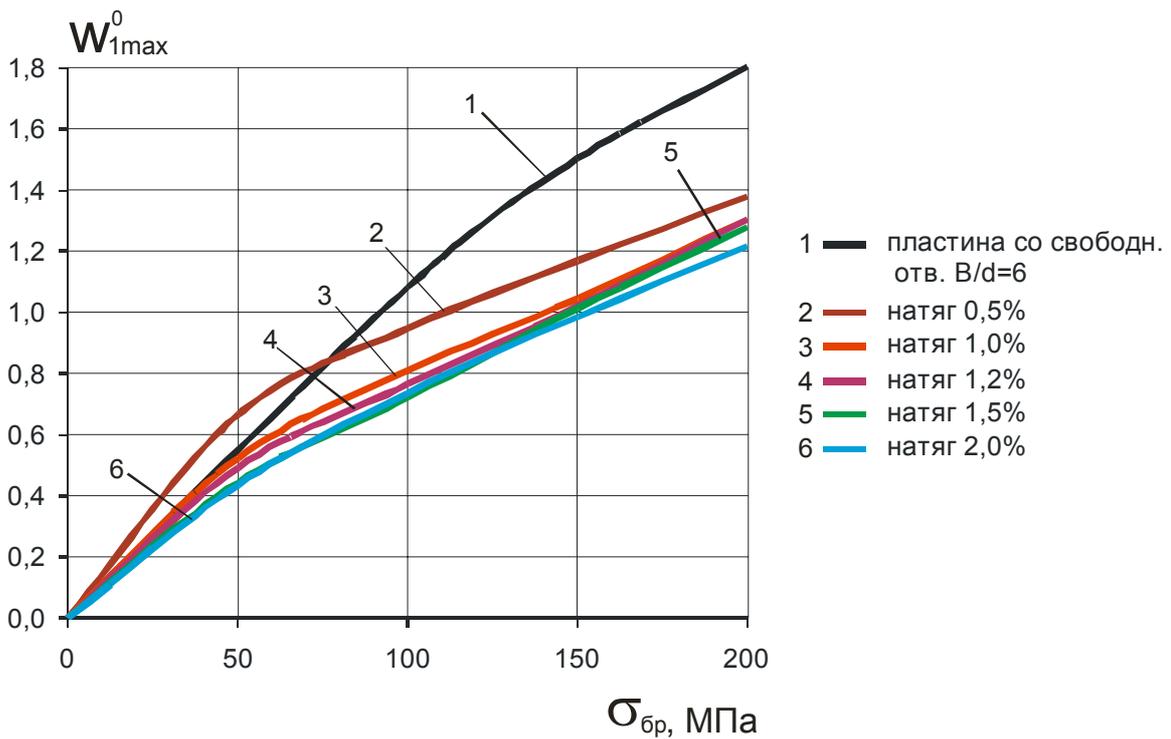
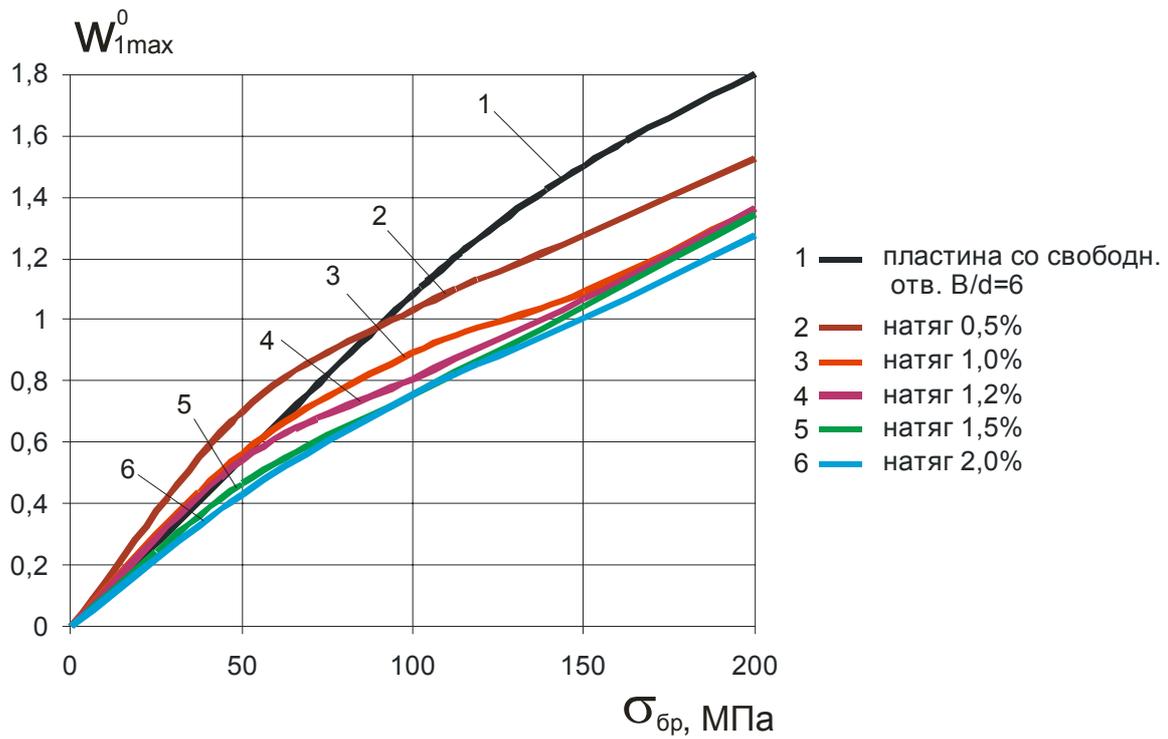


Рис. 12. Влияние уровня нагружения и величины радиального натяга втулки на максимальную удельную энергию деформирования эквивалентного отнулевого цикла в пластине с отверстием

Для рассматриваемой пластины с отверстием критическим местом с точки зрения усталостной долговечности является зона в окрестности точки А. Именно в окрестности данной точки при нагружении в пластине реализуются максимальные

по величине характеристики НДС. Поэтому анализ НДС будем проводить в сечениях, проходящих в окрестности точки А.

Кроме того, было проанализировано НДС втулки (см. рис. 13 и 14).

На рис. 15 показано распределение нормальных напряжений во втулке в критическом сечении. Данные напряжения являются сжимающими, а при сжимающих напряжениях повреждаемость существенно меньше, чем при растягивающих.

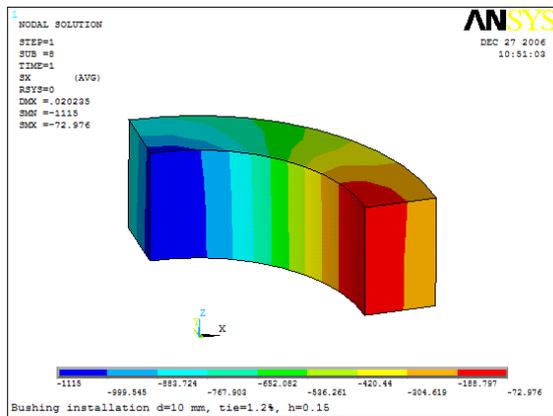


Рис. 13. Характер распределения нормальных напряжений σ_x во втулке при уровне растягивающих напряжений $\sigma_{бр} = 0$ МПа ($\Delta=1.2\%$; $\delta = 0,15$)

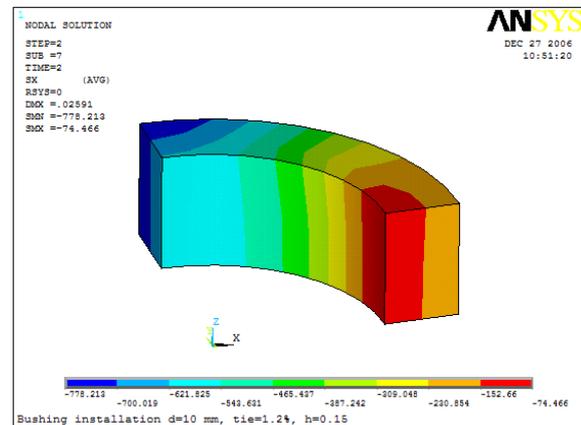


Рис. 14. Характер распределения нормальных напряжений σ_x во втулке при уровне растягивающих напряжений $\sigma_{бр} = 100$ МПа ($\Delta=1.2\%$; $\delta = 0,15$)

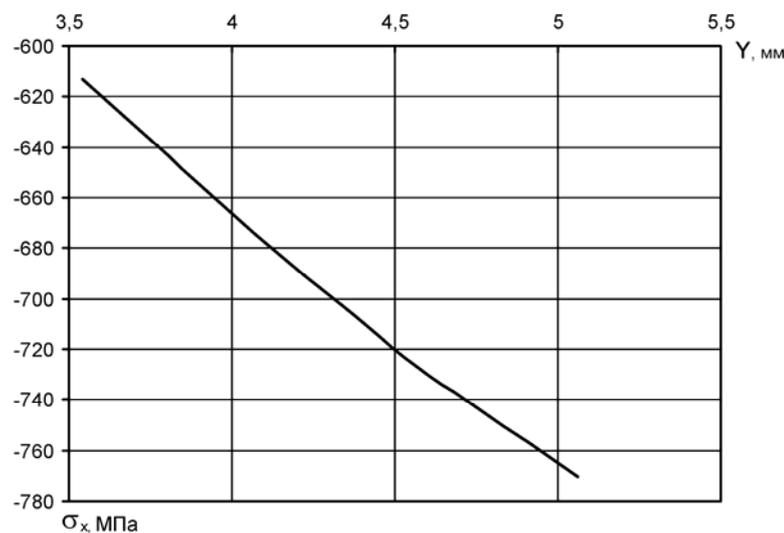


Рис. 15. Распределение нормальных напряжений во втулке в критическом сечении по оси втулки (вдоль оси Y)

Важным показателем работы втулочных соединений является обеспечение герметичности.

Проанализирована неразрывность дуги контакта между боковой поверхностью втулки и стенкой отверстия. Как показывает результат, только посадка с упругопластическим натягом свыше 1% гарантирует неразрывность по всей дуге контакта (рис. 16, 17).

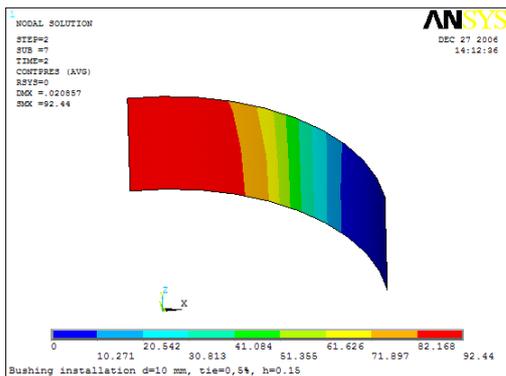


Рис. 16. Характер распределения контактных давлений по стенке отверстия ($\Delta=0,5\%$, $\sigma_{\text{бр}}=200$ МПа)

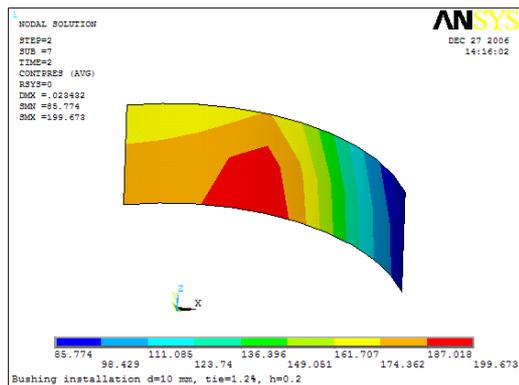


Рис. 17. Характер распределения контактных давлений по стенке отверстия ($\Delta=1,2\%$, $\sigma_{\text{бр}}=200$ МПа)

Проанализировано изменение геометрических размеров втулки после установки в отверстие с различной величиной радиального натяга (рис. 18).

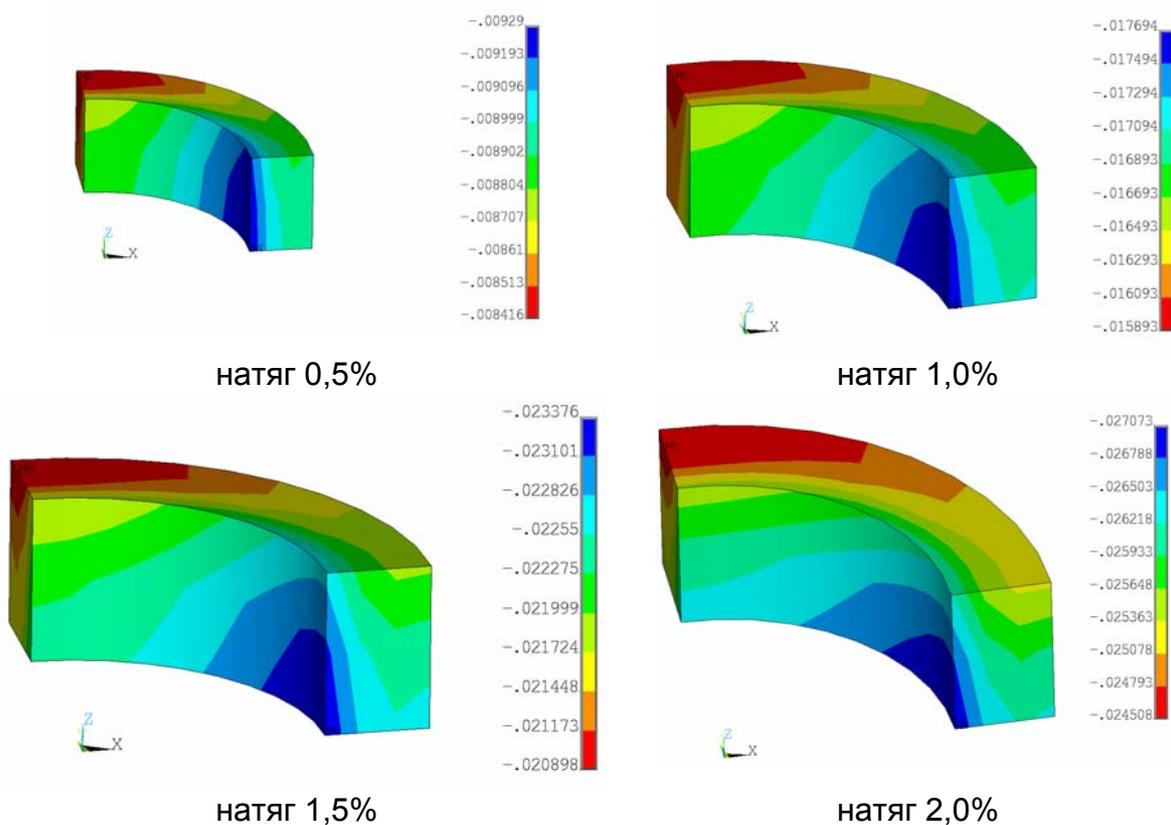


Рис. 18. Влияние величины радиального натяга на характер распределения радиальных перемещений во втулке

Полученный результат показывает, следующее:

1. Постановка в отверстие втулки с радиальным натягом 0,5...2,0% приводит к снижению максимальных напряжений эквивалентного отнулевого цикла в 1,06–1,52 раза по сравнению с максимальными напряжениями эквивалентного отнулевого цикла в пластине со свободным отверстием.
2. Постановка в отверстие втулки с радиальным натягом 0,5...2,0% приводит к снижению максимальных деформаций эквивалентного отнулевого

цикла в 1,18–1,26 раза по сравнению с максимальными деформациями эквивалентного отнулевого цикла в пластине с отверстием.

3. Постановка в отверстие втулки с радиальным натягом 0,5...2,0% приводит к снижению максимальной удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла в 1,05–1,52 раза по сравнению с максимальной удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла в пластине с отверстием.

Таким образом, можно говорить о прогнозируемом повышении уровня усталостной долговечности.

5. При малых значениях натяга $\Delta < 1\%$ и высоких уровнях номинальных напряжений $\sigma_{бр} > 150$ МПа, происходит образование зазора между втулкой и стенкой отверстия.

6. Постановка в отверстие втулки с радиальным натягом приводит к уменьшению диаметра втулки на величину 0,009–0,027 мм для значений радиального натяга 0,5...2%.

Таким образом, была разработана методика оценки локального НДС пластины с отверстием, заполненной втулкой с радиальным натягом. Полученные характеристики локального НДС являются исходными данными для прогнозирования усталостной долговечности конструктивных элементов с отверстиями, заполненными втулками.

Список литературы

1. Соппротивление усталости элементов конструкций/ Воробьев А.З., Олькин Б.И. Стебенев В.Н и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
2. Барышников В.И. и др. Применение метода конечных элементов к исследованию местной прочности элементов авиационных конструкций: Ученые записки ЦАГИ.–1983. т. XIV. № 1.– С. 66–73.
3. Галкина Н.С. и др. Исследование напряженно-деформированного состояния элементов авиационной конструкции и их соединений // Труды/ЦАГИ.– 1979. Вып. 2012,–С. 3–50.
4. Brombolich L. Elastic-Plastic Analysis of Stresses Near Fastener Holes. // AIAA Paper N73–252. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1973.
5. Rich D. L. and Impellizzezi L.F. Fatigue Analysis of Cold-worked and Interference Fit Fastener Holes. // ASTM STP637. 1977.– P.P 153-175.
6. Рычик В.П., Литвиненко А.Е., Василевский Е.Т. Особенности постановки втулки с натягом.– Вопросы проектирования самолетных конструкций. Харьков, 1978, вып.1, С. 91–94.
7. Хейвуд Р.Б. Проектирование с учетом усталости/ Пер. с англ. Под ред. И.Ф. Образцова. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
8. Е.Т. Василевский, А.Г. Гребеников, А.Ю. Ефремов, С.П. Светличный. Методика определения характеристик локального НДС в зоне монолитного профиля фитингового стыка крыла с центропланом // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2005. – Вып. 28. – С. 177-193.
9. Авиационные материалы. Т. 4. Алюминиевые и бериллиевые сплавы/ Под. общей ред. д-ра техн. наук Р.Е. Шалина. – М.: ОНТИ, 1982. – 627 с.
10. ANSYS Analysis Guide. Element Manual. Chapter 4. The Element Library. 001084. 10th Edition. SAS IP©.

Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета Часть 6

Замечания

Последовательно представленные фрагменты решения задачи о рациональной организации процессов подготовки, проведения и обработки результатов испытаний самолета в части определения его летно-технических характеристик (ЛТХ) [1-5] завершаются кратким сравнительным анализом с указанием имеющихся недостатков и некоторых открытых вопросов. Результаты этих подзадач, полученные математическим моделированием соответствующих процедур и компьютерными вычислительными экспериментами, позволяют акцентировать внимание на тех фрагментах подхода, которые могут быть использованы как базовые элементы при построении экономной технологии подтверждения/определения ЛТХ самолета. Основа такой технологии – обоснованное сочетание расчетных и экспериментальных данных.

6.1. Замечания к аппроксимациям

В исследованиях использован двухступенчатый подход к аппроксимациям, в котором с помощью небольшого набора гладких функций передаются наиболее характерные особенности в зависимостях аэродинамических коэффициентов от угла атаки α и числа Маха M . На втором шаге полученные ошибки аппроксимаций уменьшаются посредством уточнения с помощью линейных финитных функций. Точность такого представления главных коэффициентов самолета в большей степени зависит от удачно подобранных базисных функций, а также от количества плановых точек и их распределения в эксплуатационной области W рассматриваемой конфигурации самолета.

Для дополнительного уменьшения количества используемых базисных функций, а тем самым и количества точек испытаний, введено преобразование переменных [3], которое в комбинации с этими функциями позволяет качественно правильно передать зависимости основных аэродинамических характеристик самолета небольшим набором членов используемого ряда от новых переменных. Так, для сравнения, на рис. 1 представлена – без уточнения финитными функциями – зависимость аэродинамического качества K от коэффициента подъемной силы C_y в полетной конфигурации гипотетического самолета при $M = 0.70$. На этом рисунке показаны исходная кривая и расчетные, полученные на основе плана в 20 точек и использования степенного базиса от двух наборов переменных. В первом случае задействованы переменные μ и ν [3] и первые шесть базисных функций в разложениях C_y и C_x . Во втором случае (две нижние кривые) – шесть и пятнадцать первых функций степенного ряда от стандартно используемых в практической аэродинамике переменных (угол атаки α и число Маха M – переменные C_y , C_y и M – переменные C_x).

Результаты расчетов показывают, что использование функций двух стандартных переменных уступает по точности тем же функциям новых

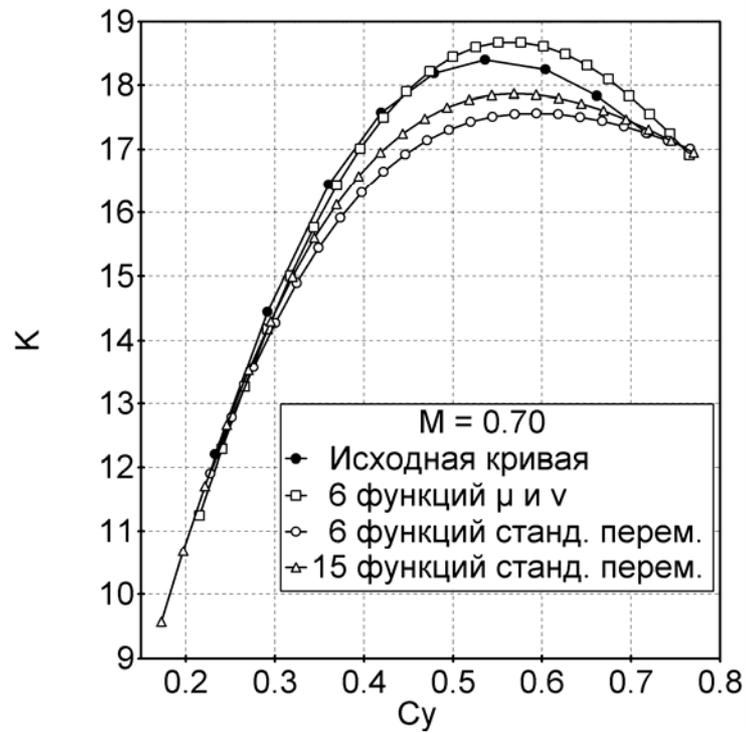


Рис. 1. Исходная и расчетные зависимости $K(C_y)$ для $M = 0.70$.

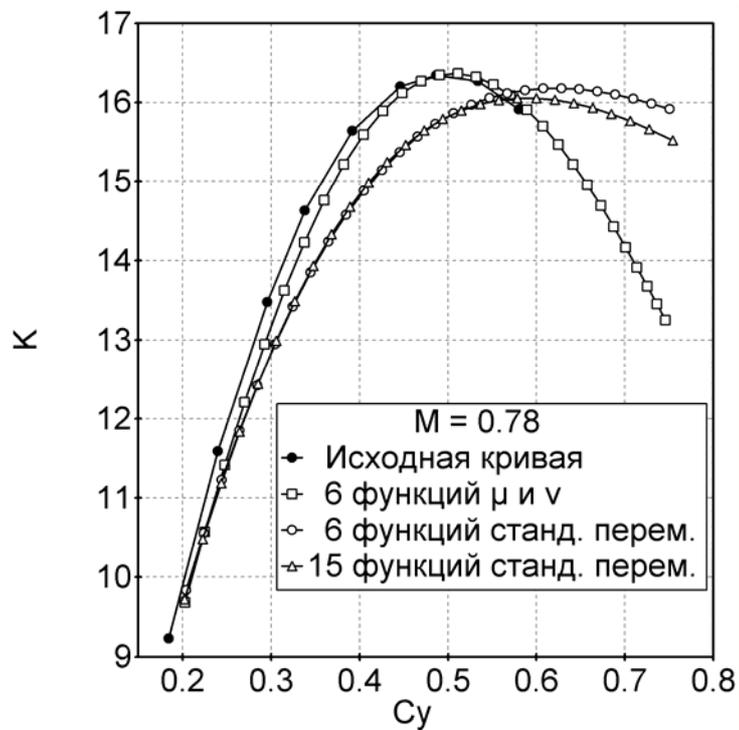


Рис. 2. Исходная и расчетные зависимости $K(C_y)$ для $M = 0.78$.

переменных μ и ν . Например, для шести первых членов степенного ряда от переменных μ и ν абсолютная ошибка определения максимального аэродинамического качества самолета составляет 0.26, а в случае использования пятнадцати первых членов степенного ряда от стандартных переменных она равна 0.55. При этом для получения надежных результатов при обработке экспериментальных данных в последнем случае требуется почти в два с половиной раза больше испытаний, чем в случае шести функций μ и ν , а переход в зону основных нелинейностей в аэродинамических коэффициентах ($M > 0.70$) приводит к ухудшению описания с помощью стандартных переменных (рис. 2).

С целью повышения точности аппроксимаций коэффициентов C_y и C_x к полученным аппроксимациям подключаются линейные финитные функции. Это подключение приводит к принадлежности получаемого решения пространству C^0 , в котором непрерывны только функции, но их первые производные могут иметь разрывы. Иными словами, подключение линейных финитных функций - это нарушение гладкости расчетных аэродинамических характеристик. Например, на рис. 3 для $M = 0.78$ представлен в увеличенном виде типичный фрагмент расчетной зависимости $K(C_y)$ до уточнения (верхняя кривая) и после уточнения линейными финитными функциями, приводящими к скачку производной от функции $K(C_y)$ (на рисунке места изломов показаны стрелками).

Однако, несмотря на появление подобных дефектов функционального представления основных аэродинамических характеристик самолета, в общем случае, точность таких оценок существенно выше по сравнению с точностью, получаемой с помощью только первого шага в аппроксимациях коэффициентов.

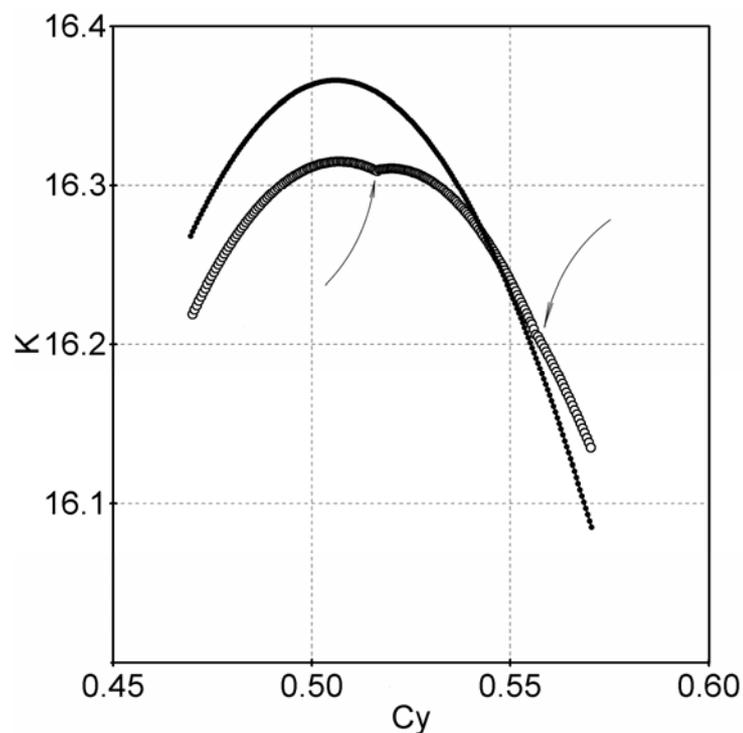


Рис. 3. Увеличенный фрагмент расчетной зависимости $K(C_y)$ при $M = 0.78$.

Для более детального сравнения возможностей представленного подхода с возможностями алгоритмов, использующих лишь гладкие функции, проводились дополнительные исследования без использования в аппроксимациях финитных функций. В этом случае для достижения большей точности в получаемых характеристиках самолета использовалась разбивка области определения коэффициентов некоторой кривой на две части. Применявшиеся схемы разбивки W являлись прямым отражением имеющихся в исходных данных характерных зависимостей в основных коэффициентах гипотетического самолета. Например, кривые $C_x(M)$ при $C_y = const$ (рис. 8 в [2]) не только указывают на одну из возможных таких разбивок области W , но и подсказывают введение “адаптивного” преобразования переменных, дающего возможность более точно представлять эти кривые небольшим набором простых функций.

Для каждой из полученных подобластей независимо решались обратные задачи по нахождению всех необходимых параметров и коэффициентов разложения согласно приведенным ранее алгоритмам и принятым базисам $\{\varphi_i\}$ и $\{\psi_i\}$ [3] для разложений аэродинамических коэффициентов.

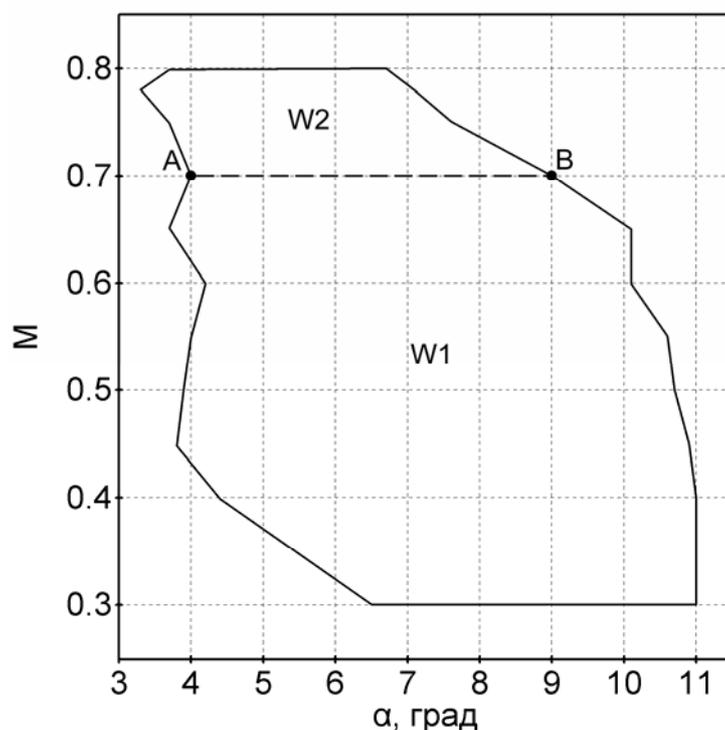


Рис. 4. Разбивка области W на две части: W_1 и W_2 .

Недостатком такого подхода является разрыв поверхностей C_y и C_x по границе разреза области W . Величины скачков в значениях аэродинамических коэффициентов на этих разрезах зависят не только от количества плановых точек и их распределения в области, но и от кривой деления W , а также от используемых базисных функций в аппроксимациях. Однако у этого подхода есть преимущество – возможность использования хорошо проверенного практикой

математического планирования оптимального эксперимента независимо в каждой из подобластей.

Для примера приводятся результаты исследований плана с 35 точками, в котором в качестве границы, разделяющей область W на две части, использовалась линия АВ (рис. 4), которая с точки зрения наличия нелинейностей в исходных данных гипотетического самолета дает удовлетворительное разграничение исходной области W по принципу “зона слабо выраженной нелинейности” - “зона основных нелинейностей”. При этом вопрос о возможном уменьшении скачков на берегах разрезов коэффициентных поверхностей остался открытым. Не исключено, что применение процедур согласования значений на берегах разреза привело бы к меньшей контрастности, реально появляющейся при сравнении представленных ниже результатов.

Приведенная на рис. 4 разбивка области W на две подобласти W_1 и W_2 ($W_1: M \in [0.3; 0.7]$; $W_2: M \in [0.7; 0.8]$; $W = W_1 \cup W_2$) дает следующие результаты вычислительных экспериментов в каждой из подобластей. Максимальные и средние абсолютные ошибки определения максимального аэродинамического качества в W_1 - 0.14 и 0.07, а в W_2 - 0.07 и 0.03 соответственно. Скачок в максимальном аэродинамическом качестве на границе разреза равен 0.01.

Смещение линии деления с $\tilde{M} = 0.70$ на $\tilde{M} = 0.60$ существенно меняет полученные результаты: в W_1 максимальная и средняя абсолютные ошибки соответственно равны 0.15 и 0.08, а в W_2 - 0.22 и 0.11. При втором делении W скачок аэродинамического качества на берегах разреза достигает величины 0.24.

Если сравнивать результаты, полученные для рассматриваемых подобластей, с аналогичными результатами, полученными для всей области W ($\max|\Delta K| \approx 0.28$ и $\langle |\Delta K| \rangle \approx 0.12$), то удачная разбивка области определения функций W приводит к более точным значениям идентифицируемых характеристик самолета в рамках аппроксимаций первого шага. Однако при этом требуется больше плановых точек, чем в основном подходе, и поэтому базовый план с 20 точками был заменен планом с 35 точками. Кроме этого, при наличии расхождения проектных характеристик и реально имеющих у самолета этот подход порождает проблему оптимального деления области W на две части при условии наличия ошибок измерений переменных и стремлении к малому объему летных испытаний.

Второе замечание в отношении аппроксимаций касается внутренних параметров. Их значения связаны не только с видом “адаптивного” преобразования переменных [3] и набором исходных данных, но и с конкретным видом базисных функций. Поэтому смена базиса, в общем случае, требует вычисления новых значений внутренних параметров. К тому же, результат поиска значений параметров, приводящих к локальному минимуму функционала, будет зависеть непосредственно от нелинейностей в используемых базисных функциях. При сложных функциях от новых переменных μ и ν рассмотренная процедура нахождения локального минимума посредством прямого вычисления значений функционала может не привести к желаемому результату при выбранных шагах движения в параметрическом пространстве и при заданной точности. Как следствие этого замечания, в исследованиях и были использованы первые члены наиболее простого степенного базиса на первом шаге аппроксимаций аэродинамических коэффициентов.

К указанным замечаниям относительно используемых аппроксимаций необходимо добавить еще одно: уточнение финитными функциями фактически базируется на измеренных значениях переменных, контролируемых в опытах. Поэтому минимизация конкретного функционала дает для первого шага аппроксимаций осредненную расчетную поверхность аэродинамического коэффициента, а подключение второго шага аппроксимаций дополняет симплексами эту расчетную поверхность до поверхности, измеренной в летных экспериментах и проходящей через осредненные в плановых точках значения. Такое осреднение значений аэродинамических коэффициентов в точках должно осуществляться с учетом возможных независимых каналов измерения некоторых переменных и наличия данных повторных опытов. Рассмотренные алгоритмы допускают возможность предварительного анализа с целью сравнения методик измерения переменных, оценки требуемого количества повторных опытов в точках (с учетом используемых независимых каналов измерения части переменных и допускаемых границ для ошибок при измерениях) и выбора наиболее удачной схемы осреднения в окрестностях плановых точек.

В представленном подходе точность идентифицируемых характеристик самолета, достигаемая в условиях идеального вычислительного эксперимента, зависит и от точности оценок характеристик гипотетического самолета, получаемых на основе исходных данных и используемых при решении прямых задач. В некоторых случаях для оценок значений "проектных" аэродинамических характеристик была использована линейная интерполяция табличных данных. Поэтому представленные результаты вычислительных экспериментов содержат в себе дополнительные неточности, связанные с алгоритмами обработки входной информации, что при решении прямых задач приводит к увеличению ошибок в определении углов атаки и углов наклона траекторий.

6.2. Замечания к планированию эксперимента

Используемая в исследованиях схема планирования летного эксперимента может претендовать только на схему первого приближения, так как применяется интуитивный инженерный подход, ориентированный на приблизительный учет кривизны поверхностей аэродинамических коэффициентов и тех отступлений от этих поверхностей, которые следует ожидать в расчетах на основе использования конкретных базисов в аппроксимациях. Необходимость учета кривизны определяется триангуляцией как эксплуатационной области W , так и разностей между расчетными поверхностями и поверхностями, получаемыми в опытах, т. е. разбивка W увязывается с видом поверхностей расхождений.

Такой подход к планированию летного эксперимента дает определенные погрешности в получаемых характеристиках. Например, в рамках проведенных исследований базовый план в 20 точек, представленный на рис. 5 в [1], при интуитивном распределении плановых точек по числу M не содержит таковых для чисел M , равных 0.50 и 0.78. Это приводит к тому, что максимальные ошибки в определении максимального аэродинамического качества для семи фиксированных чисел M , в первую очередь, наблюдаются именно в этих точках. При первом значении ($M=0.50$) - из-за относительно большого интервала по числу Маха, а при втором значении ($M=0.78$) – из-за большой нелинейности в аэродинамических коэффициентах в этой зоне. Тривиальное смещение двух точек с $M=0.60$ на $M=0.50$ и двух точек с $M=0.75$ на $M=0.78$ несколько

уменьшает максимальную ошибку определения K . Но такое смещение не является строго обоснованным.

Построение оптимального плана летных испытаний по определению ЛТХ самолета должно основываться на компромиссном алгоритме. С одной стороны, этот алгоритм должен учитывать требования математической теории построения оптимального эксперимента [6], что определяется первым шагом в аппроксимациях и приводит к построению расчетной поверхности, достаточно близкой к полученной в эксперименте. А с другой стороны, этот алгоритм должен учитывать дополнительные требования по расположению плановых точек в W , которые определяются особенностями аппроксимаций финитными функциями и желанием поверхности возможных расхождений аппроксимировать набором наиболее простых поверхностных фрагментов - плоскими треугольниками.

Выводы

Представленные результаты исследований показывают принципиальную возможность построения технологии летных испытаний, в которой центр тяжести в подготовке и проведении летных экспериментов по определению базовых характеристик самолета, необходимых для расчета его ЛТХ, может быть существенно смещен в расчетно-аналитическую область. Такое смещение акцентов вносит свой вклад в систему обеспечения качества самолета, так как появляется возможность непосредственного “конструирования” будущей технологии испытаний самолета посредством предварительного и подробного исследования всех предполагаемых действий. В основе такого исследования - рассмотренные алгоритмы и компьютерные вычислительные эксперименты, по результатам которых и строится технология подтверждения/определения характеристик самолета.

Главное следствие расчетно-аналитического подхода – это возможное сокращение общих сроков создания самолета по следующим причинам. Во-первых, это сокращение связывается с комплексным характером исследований всех этапов предстоящих испытаний, проводимых на основе имеющейся проектной информации и осуществляемых параллельно генерации 3D-модели самолета в САД-системе. Во-вторых, по причине уменьшения объема испытаний за счет возможного подтверждения части результатов доказательными расчетами на основе проектных данных, которые комбинируются с опытными результатами.

Основными элементами, являющимися опорными в рациональной организации подготовки и проведения летных испытаний, видятся следующие.

1. Для выбранной конфигурации самолета анализируются проектные данные и выбираются наиболее подходящие и одновременно наиболее простые функциональные базисы, которые способны минимальным количеством членов используемого ряда правильно передать основные особенности поверхностей аэродинамических коэффициентов. При этом желательно, чтобы наиболее простой вид имели и расхождения между каждой проектной поверхностью и ее расчетным аналогом на первом шаге аппроксимаций.

2. Для эксплуатационной области рассматриваемой конфигурации самолета исследуется последовательность планов испытаний, в которой число плановых точек возрастает. Для точек каждого такого плана решаются прямые (включая и контрольные точки, необходимые для оценки точности восстановления характеристик самолета в W) и обратные задачи. На основе оценки точности

получаемых характеристик выбираются наиболее подходящий базис и несколько планов-кандидатов на испытания.

3. Проводится анализ имеющейся практической информации по предыдущим проектам фирмы с целью прогнозирования характера и величин возможных отклонений проектных данных от реальных характеристик самолета.

4. Выбранные для конфигурации планы–кандидаты на испытания исследуются на пригодность значений функциональных параметров, полученных на основе проектных данных, при вариациях исходных аэродинамических характеристик, моделирующих возможные ошибки в создании самолета. При необходимости планы корректируются как по числу точек, так и по их расположению в W .

5. Моделированием и вычислительными экспериментами исследуются отдельные технологические приемы и измерительные процедуры с точки зрения количественной и качественной оценки возможного их прямого или косвенного влияния на точность получаемого конечного результата. При необходимости, по результатам вычислений осуществляется коррекция схем действий.

6. На основе принятой технологии и проектных данных отдельно, по каждой переменной исследуется максимальное влияние максимальной допустимой ошибки при ее измерении на конечный результат определения характеристик самолета. Строятся соответствующие графики типа графиков на рис. 3 и рис. 4 в [3], на основе которых корректируются требования к точности измерений, исходя из требуемой точности конечного результата, т. е. определяются границы для ошибок измерений переменных.

7. Для выделенных планов, используя принятые границы для ошибок измерения переменных и генератор случайных чисел с соответствующим распределением, исследуется возможное суммарное влияние случайных ошибок на итоговый результат. По результатам формируются дополнительные каналы измерений для некоторых переменных и/или увеличивается число повторных опытов в точках планов. Возможно уточнение требований к точности измерений.

8. Для рассматриваемой конфигурации самолета из набора исследованных планов к испытаниям выбирается, например, тот, который в пределах желаемой точности конечного результата имеет меньшее значение от произведения количества точек плана на число повторных опытов в его точках. Расчетные характеристики самолета, полученные для такого плана, заносятся в соответствующую “расчетную” базу данных самолета.

9. С учетом повторных опытов план дополнительно дорабатывается в плоскости “вес самолета – высота испытаний” таким образом, чтобы без лишних переходов по высоте первыми его точками при испытаниях можно было охватить несколько наиболее значимых в W плановых точек. Эти точки должны быть контрольными точками, которые могут использоваться для установления соответствия/несоответствия проектных данных данным реального самолета.

10. В этих точках выполняется летный эксперимент. В случае соответствия измеренных значений аэродинамических коэффициентов их расчетным значениям, полученным на основе предварительного анализа проектных данных и хранимых в “расчетной” базе, испытания данной конфигурации самолета по определению ЛТХ заканчиваются. В случае наличия значимых расхождений план выполняется полностью, и по его результатам восстанавливаются реальные характеристики самолета, корректируются соответствующие сегменты “расчетной” базы и вскрываются причины несоответствия проектных и реальных данных.

Кроме использования представленного в [1-5] подхода с применением компьютерных технологий для определения ЛТХ и формирования “Руководства по летной эксплуатации”, имеется возможность прямого использования полученных результатов в практике эксплуатации самолета. Например, по достигаемой точности представления аэродинамических коэффициентов C_y и C_x , а также компактности соответствующих данных эта схема может быть использована при разработке бортовых программных комплексов вертикальной и горизонтальной навигации самолета (системы автоматического управления). Кроме этого, полученные результаты могут быть использованы в программах предварительной подготовки экипажа к полету, а также в программах контроля безопасности полетов посредством косвенной проверки бортовыми компьютерами суммарной тяги двигателей в процессе эксплуатации самолета.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность: Касьянову В. А. - за критическое обсуждение результатов и ценные советы; Шелудько А. И. и Стефанишину Н. И. - за многочисленные консультации в области практической аэродинамики дозвуковых самолетов; Алябьеву Ю. В. - за помощь в области высотно-скоростных характеристик турбореактивных двигателей; Высокогляд Г. Г. - за решение прямых задач практической аэродинамики; Полевичку В. С. - за графическое оформление материалов.

Список литературы

1. Нарожный А. Н., Высокогляд Г. Г., Шелудько А. И., Стефанишин Н. И. Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета. Часть 1. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков: НАКУ “ХАИ”, 2005. – Вып. 29. – С. 16-26.
2. Нарожный А. Н. Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета. Часть 2. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков: НАКУ “ХАИ”, 2006. – Вып. 30. – С. 62-72.
3. Нарожный А. Н. Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета. Часть 3. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков: НАКУ “ХАИ”, 2006. – Вып. 31. – С. 10-19.
4. Нарожный А. Н. Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета. Часть 4. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков: НАКУ “ХАИ”, 2006. – Вып. 32. – С. 32-37.
5. Нарожный А. Н. Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета. Часть 5. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков: НАКУ “ХАИ”, 2006. – Вып. 33. – С. 21-29.
6. Ермаков С. М., Жиглявский А. А. Математическая теория оптимального эксперимента. – Москва: “Наука”, 1987.

Внезапная разгерметизация отсека внутри фюзеляжа

Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова

Введение

На современных самолетах имеется герметичная часть фюзеляжа (гермокабина), в которой с помощью системы подготовки воздуха, системы кондиционирования воздуха и системы автоматического регулирования давления воздуха поддерживаются условия, необходимые для обеспечения жизнедеятельности членов экипажа и пассажиров, функционирования оборудования, а также условия, предусмотренные для перевозки багажа, груза, и т.д. Герметичная часть фюзеляжа может содержать один или несколько отсеков, разделенных перегородками с отверстиями для перетекания воздуха. В гермокабине поддерживается требуемое избыточное давление воздуха по сравнению с атмосферой на всех высотах полета. Воздух из гермокабины стравливается в атмосферу или в отсек негерметичной части фюзеляжа с последующим выходом в атмосферу.

Анализ эксплуатации самолетов показывает, что имеют место различные случаи нарушения целостности конструкции оболочки фюзеляжа (появление усталостных и коррозионных повреждений, несанкционированного открытия дверей и люков). При этом происходит внезапное истечение газа из кабины в атмосферу и изменение давления газа в гермокабине самолета и отдельных его отсеках. Кроме того, Авиационные Нормы и Правила требуют рассмотрения появления в оболочке гермокабины самолета регламентированных отверстий и оценить их влияние на безопасность полета.

Гермокабину фюзеляжа в самом общем случае можно представить как сосуд, в котором имеется избыточное давление газа.

1. Анализ публикаций

Сосуд с избыточным давлением широко применяется в различных отраслях народного хозяйства. Для таких сосудов имеются относительно общие закономерности протекания процессов, однако, к сосудам могут предъявляться и специальные требования, которые вытекают из условий эксплуатации. Поэтому разрабатываются специальные методы проектирования, изготовления, испытаний и эксплуатации сосудов с избыточным давлением [1-4].

В работе [4] представлены математические модели и решены задачи, относящиеся к гидродинамике, теплообмену и горению в паровом котле. Рассмотрены статические и динамические процессы. С помощью линеаризации динамический процесс описывается линейной математической моделью, что позволяет получить аналитические методы решения. Для описания динамических процессов используется модель сосредоточенных параметров. Вместо уравнений одномерного течения использованы более простые уравнения, в которых параметры зависят только от времени. Отмечается, что такой подход не всегда приводит к результатам, которые согласуются с экспериментом.

Проблеме обеспечения безопасности полета воздушных судов при столкновении с птицами и методам расчета конструкции фюзеляжа посвящены работы [5,6].

В работе [5] представлена основанная на энергетическом законе методика определения параметров деформации и разрушения птицы при соударении с

преградой, а также алгоритм определения критической скорости соударения птицы с преградой. Использование линейной постановки задачи позволило разработать довольно простой метод, с помощью которого представляется возможным производить инженерный анализ исследуемого процесса. Результаты расчета по энергетической модели хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Исследование процессов истечения газа из герметической кабины самолета проведено в работах [7-10]. Исследованы математические модели преимущественно стационарных режимов течения газа для изотермного, адиабатного и политропного процессов. Определена область практического применения разработанных математических моделей и область применения для одно- и многообъемных кабин. Рассмотрены теоретические и практические аспекты массообмена, массопереноса и тепловых процессов внутри кабины.

В работе [8] представлены результаты уникальных экспериментальных исследований живучести натуральных самолетных конструкций. Необходимость проведения таких испытаний объясняется авторами тем, что повышаются требования к авиационным конструкциям. Проведены испытания панелей крыла и фюзеляжа, натуральных конструкций планера самолета. Расчетами обосновывается безопасность проведения испытаний и определяется коэффициент запаса остаточной прочности крыла и фюзеляжа пассажирского самолета при нагружении фюзеляжа избыточным давлением (наддувом воздуха) до разрушения конструкции. Однако, несмотря на полученные результаты по оценке живучести реальных конструкций при внезапной разгерметизации, авторами не представлены результаты измерений газодинамических процессов внутри фюзеляжа.

В статье [9] приведены результаты экспериментальных исследований по воздействию сверхзвуковой недорасширенной струи на препятствие, представлена экспериментальная установка для определения воздействия струи на тела различной формы, которые являются моделями агрегатов, находящихся в нише шасси. Во время испытаний фиксировались параметры газа, с помощью которых возможно производить оценку силового воздействия газа на конструкцию. Диаметр сопла, из которого вытекал газ, в масштабе 1:10 моделировал отверстие в пневматике при его разрыве. Диск диаметром 100 мм устанавливался на тензовесах под различными углами к набегающему потоку. По результатам эксперимента построена зависимость давления газа на диск от расстояния между диском и соплом. Давление газа на диске измерялось от оси вдоль радиуса диска. Эксперименты показали, что максимальное давление газа действует по центру диска. При уменьшении расстояния от диска до сопла происходит монотонное увеличение давления газа. Максимальное давление газа получено при минимальном относительном расстоянии от диска до сопла (относительно радиуса сопла r_c), равном $\frac{y}{r_c} = 1$. Исследование дальнейшего

уменьшения расстояния между диском и соплом не производилось. Для измеренных параметров газа и диска среднее значение экспериментально измеренных усилий на диске практически не зависит от расстояния между срезом сопла и диском. Расхождение между экспериментом и предложенной формулой расчета усилий на диске не превышает 10%.

В работе [10] описаны проведенные на экспериментальном стенде сравнительные исследования процессов течения газа при внезапной

разгерметизации отсека внутрь и наружу сосуда. Течение газа из отсека рассматривалось как для изолированной, так и для неизолированной термодинамической системы. При разгерметизации отсека измерялись параметры газа (давление, температура). Рассмотрены стационарные, нестационарные и переходные режимы течения газа при закритическом и докритическом перепадах давления. Для изолированной и неизолированной термодинамической системы впервые определены условия возникновения пульсаций давления газа при внезапной разгерметизации отсека. Эксперименты показали, что при внезапной разгерметизации внутрь и наружу сосуда газодинамические процессы существенно отличаются.

2. Актуальность проблемы

Анализ работ [1-10] показывает, что проведены значительные теоретические и экспериментальные исследования процессов разгерметизации герметических отсеков и влияния их на конструкцию отсеков. Однако, несмотря на достигнутые успехи в изучении процессов разгерметизации отсеков, на практике при эксплуатации самолетов все же имеют место случаи внезапного изменения давления газа в герметичных отсеках, что зачастую приводит к возникновению аварийных, или катастрофических ситуаций. Изменение давления газа в отсеке имеет сложный характер. Поэтому необходимо проводить дальнейшие исследования по изучению и установлению основных закономерностей процессов течения газа при внезапной разгерметизации отсека.

Исследование газодинамических процессов, происходящих при разгерметизации фюзеляжа самолета, выполнение расчетов по определению изменения давления воздуха в изолированных отсеках гермокабины фюзеляжа, определение давлений на перегородки отсеков и расчетов на прочность элементов конструкции оболочки фюзеляжа являются неотъемлемой частью процесса проектирования самолета.

3. Цель и задачи исследований

Целью настоящих исследований является изучение газодинамических процессов в смежных отсеках герметической кабины с различными давлениями газа в них при внезапной разгерметизации одного отсека внутрь смежного отсека.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

1. Проведение экспериментальных исследований газодинамических процессов внутри отсеков на модели, которая содержит замкнутый сосуд с двумя смежными отсеками.
2. Изучение степени влияния объемов отсеков на газодинамические процессы.

Поэтому необходимо продолжить исследования внезапной разгерметизации по установлению зависимости изменения основных параметров газа в отсеках от объемов смежных отсеков.

4. Объект и предмет исследований

Объектом исследований является сосуд, который выполнен в виде трубы, внутри которой, перпендикулярно продольной оси, установлена мембрана [10]. Мембрана разделяет сосуд на отсеки высокого и низкого давлений. При достижении определенного перепада давления воздуха в отсеках мембрана разрывается, происходит внезапное падение давления газа в отсеке высокого давления и внезапное повышение давления газа в отсеке низкого давления. По истечении некоторого времени давления газа в отсеках выравниваются.

Предметом исследования являлись газодинамические процессы в отсеках сосуда при внезапном изменении давления газа в отсеке высокого давления.

5. Методика проведения испытаний

Исследование газодинамических процессов, моделирующих процессы, происходящие при перетекании воздуха между отсеками фюзеляжа при его внезапной разгерметизации, проведено на стенде [10], включающем в себя сосуд в виде трубы с фланцами (днищами), внутри которой, перпендикулярно продольной оси, установлена мембрана. Мембрана разделяет сосуд на два отсека: отсек высокого давления и отсек низкого давления. Воздух от компрессора подается в отсек высокого давления. При достижении требуемого давления воздуха в отсеке высокого давления мембрана разрывается по всему сечению трубы, и происходит истечение газа из отсека высокого давления в отсек низкого давления. За некоторый промежуток времени давление воздуха в отсеках выравнивается. В начальный момент времени давление воздуха в отсеке низкого давления практически равно атмосферному давлению. В процессе перетекания воздуха между отсеками и выравнивания давления в отсеках производится запись давления газа в отсеках. Точки измерения давлений газа расположены в двух отсеках вдоль одной оси на противоположных фланцах трубы. Вблизи точек измерения давления газа были установлены термодатчики, с помощью которых производилось измерение температуры газа в отсеке.

Испытания проводились при докритическом и закритическом перепадах давления воздуха на мембране. Максимальное рабочее избыточное давление газа в отсеке высокого давления не превышало 35×10^4 Па.

Перед началом испытаний проводилась проверка герметичности отсеков. В каждом отсеке устанавливалось давление газа, в 1,5 раза превышающее максимальное рабочее давление. После прекращения подачи воздуха от компрессора контролировалось изменение давления газа в отсеке по времени. В течение 40 минут давление газа в отсеке практически не изменялось.

Для измерения давления газа в отсеках использовались датчики, которые имели линейную зависимость во всем диапазоне измеряемых давлений.

Испытания проведены при отношениях объема отсека высокого давления (V_1) к объему отсека низкого давления (V_2) (в дальнейшем относительный объем), равных $V_{отн} = V_1/V_2 = (1; 11,3; 0,081)$.

6. Анализ результатов эксперимента

Полученные в ходе испытаний зависимости изменения во времени давления газа в отсеках сосуда для относительного объема $V_{отн}=1$ с начальным избыточным давлением (в дальнейшем давление) $P=0,317 \times 10^5$ Па в отсеке высокого давления при разрыве мембраны представлены на рис. 1 (для отсека высокого давления) и на рис. 2 (для отсека низкого давления). Анализ зависимостей показывает, что при разрыве мембраны давление газа в отсеке высокого давления (рис.1) имеет характер затухающих колебаний. Кривая колеблется около оси с давлением $P \approx 0,16 \times 10^5$ Па, асимптотически к ней приближаясь. В течение $\tau = 0,0216$ с давление газа в отсеке падает от максимального до минимального значения, а затем происходит затухание колебаний давления газа в отсеке. В начальный момент времени логарифмический декремент затухания колебаний давления газа в отсеке

составляет: $\Delta = \ln\left(\frac{Y_i}{Y_{i+1}}\right) = \ln\left(\frac{0,3201}{0,2864}\right) = 0,11$, где Y_i, Y_{i+1} -ординаты двух соседних экстремумов.

Кривая, которая огибает максимальные значения изменения давления газа в отсеке, определена статистическим путем с использованием модели Boltzmann:

$$Y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((X-x0)/dx)), \quad (1)$$

где $A1=2,15583$; $A2=0,18174$; $x0=10,23304$; $dx=0,12979$.

В отсеке низкого давления (рис.2) за время $\tau \approx 0,0216$ с происходит увеличение давления от минимального значения ($P=0,48 \times 10^5$ Па) до максимального ($P=2,91 \times 10^5$ Па). Последующее изменение давления газа имеет

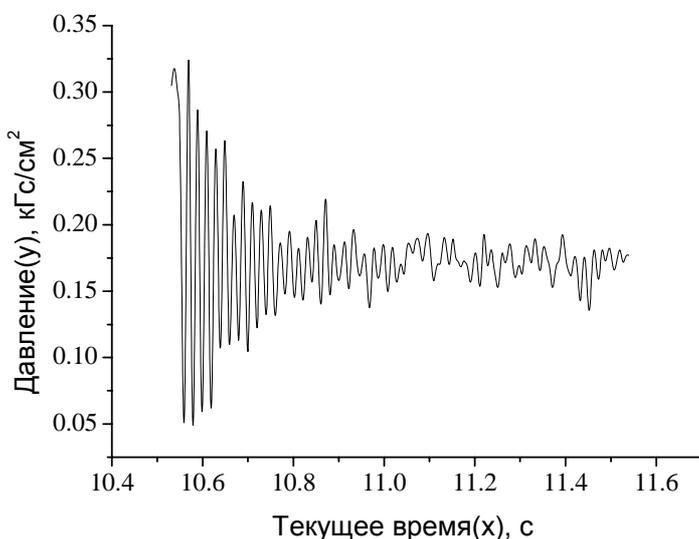


Рис. 1. Изменение давления газа в отсеке высокого давления при $V_{отн}=1$

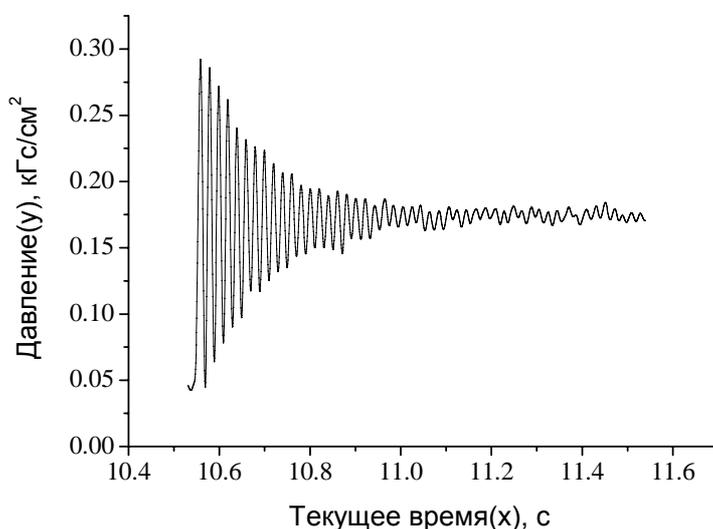


Рис. 2. Изменение давления газа в отсеке низкого давления при $V_{отн}=1$

характер затухающий колебаний и во многом повторяет основные закономерности, которые имели место в отсеке высокого давления. Продолжительность всего процесса изменения давления газа в отсеках с момента разрушения мембраны и уменьшения максимальной амплитуды пульсаций давления газа в отсеке до $P \approx 830$ Па составляет $\tau \approx 1$ с.

При увеличении избыточного давления газа в отсеке высокого давления до $P=2,55 \times 10^5$ Па характер газодинамических процессов после разрыва мембраны практически не изменяется. Логарифмический декремент затухания колебаний давления газа в отсеке высокого давления увеличивается и составляет $\Delta = 0,19$. В течение $\tau = 0,0165$ с давление газа в отсеке падает от максимального до минимального значения ($P=0,299 \times 10^5$ Па). После достижения минимального давления происходит затухание колебаний давления газа

в рассматриваемых отсеках. Коэффициенты модели (1) кривой, огибающей максимальные давления затухающих колебаний, составляют: $A1=3,31567$; $A2=1,34705$; $x0=0,36775$; $dx=0,03281$.

в отсеке высокого давления при $V_{отн}=1$

в отсеке низкого давления при $V_{отн}=1$

С уменьшением относительного объема до $V_{отн} = 0,081$ при разрыве мембраны в отсеках также зафиксированы затухающие колебания давления газа. По сравнению с предыдущими испытаниями отмечено снижение давления в отсеке низкого давления относительно исходного значения, а в отсеке высокого давления достигнуты минимальные отрицательные давления (разрежения). Изменение давления газа в отсеке высокого давления с $P = 0,523 \times 10^5 \text{ Па}$ до $P = -0,0842 \times 10^5 \text{ Па}$ происходит в течение $\tau = 0,0188 \text{ с}$, а с $P = 2,967 \times 10^5 \text{ Па}$ до $P = -0,345 \times 10^5 \text{ Па}$ - $\tau = 0,0166 \text{ с}$. При $P = 2,967 \times 10^5 \text{ Па}$ логарифмический декремент затухания составляет $\Delta = 0,336$, при $P = 0,523 \times 10^5 \text{ Па}$ - $\Delta = 0,281$.

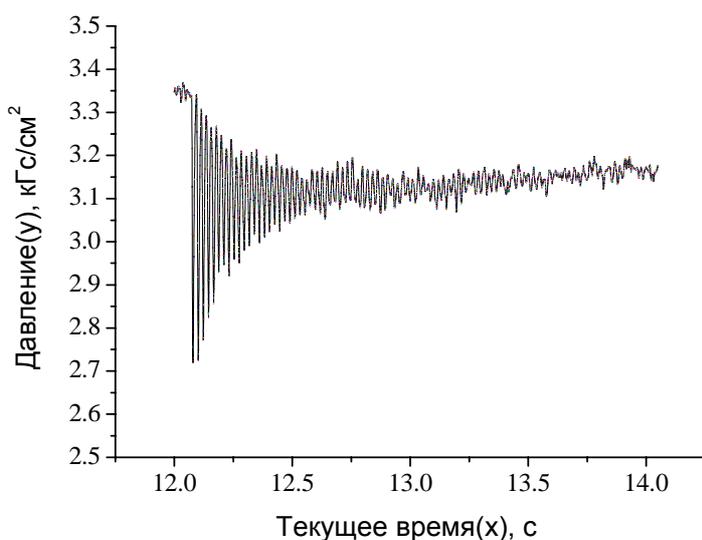


Рис. 3. Изменение давления газа в отсеке высокого давления при $V_{отн} = 11,3$

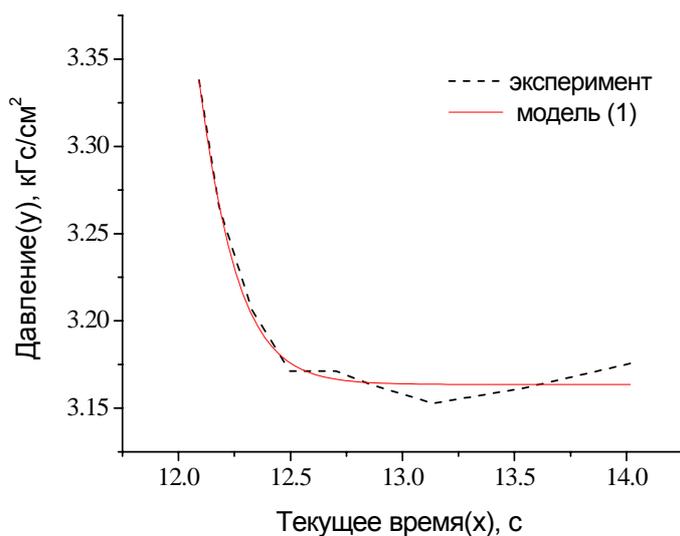


Рис. 4. Сопоставление результатов расчета в соответствии с моделью (1) и эксперимента

Увеличение относительного объема ($V_{отн} = 11,3$) оказывает существенное влияние на амплитуду и уровень колебаний в отсеках. При давлении в отсеке высокого давления $P = 3,34 \times 10^5 \text{ Па}$ в начальный момент разрыва мембраны происходит максимальное уменьшение давления в отсеке высокого давления на $\Delta P = 0,617 \times 10^5 \text{ Па}$ за время $\tau = 0,0066 \text{ с}$ (рис. 3).

Выравнивание давлений газа в отсеках происходит в области высоких давлений. В отсеке высокого давления логарифмический декремент затухания составляет $\Delta = 0,0099$. Огибающая кривая описывается уравнением (1) с коэффициентами, $A_1 = 3,97068$, $A_2 = 3,1636$, $x_0 = 11,90917$, $dx = 0,14141$ (рис. 4). Полученная модель описывает предельные параметры затухания колебаний давления газа в отсеке высокого давления с достаточной для практики точностью.

Выравнивание давлений газа в отсеках происходит вблизи давления $P \approx 3,14 \times 10^5 \text{ Па}$. Довольно близкие колебания получены также в отсеке низкого давления.

При разрыве мембраны с начальным давлением $P = 0,534 \times 10^5 \text{ Па}$ в отсеке

высокого давления выравнивание давления газа в отсеках происходит вдоль прямой: $y=0,39546+0,01075x$ (2). В отсеке низкого давления явного затухания колебаний давления газа в течении 1с не обнаружено. Максимальная амплитуда колебаний относительно уравнения (2) составляет $P \approx 0,0718 \times 10^5$ Па. При разрыве мембраны в отсеке высокого давления изменение давления газа с $P=0,534 \times 10^5$ Па до $P=-0,42 \times 10^5$ Па происходит в течение $\tau = 0,0138$ с. В отсеке низкого давления за этот промежуток времени происходит максимальное увеличение давления газа на $\Delta P=0,575 \times 10^5$ Па. Дальнейшее изменение давления газа в отсеке происходит аналогично газодинамическим процессам, которые протекают в отсеке высокого давления.

Выводы

На основании анализа результатов расчета и эксперимента газодинамических процессов при внезапной разгерметизации отсека можно сделать следующие выводы:

1. Впервые проведены экспериментальные исследования и анализ влияния объемов отсека на газодинамические процессы при внезапной разгерметизации отсека внутри сосуда.
2. На основании экспериментальных исследований впервые изучены закономерности образования, распространения и затухания колебаний давления газа в отсеках при внезапном изменении давления газа в одном из отсеков.
3. Существенное влияние на характер протекания газодинамических процессов внутри отсеков оказывает начальное давление и относительный объем отсеков.
4. Необходимо продолжить исследования по изучению влияния других факторов на газодинамические процессы внутри отсеков при внезапной разгерметизации.

Список литературы

1. Абрамович Г.Н.. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука, 1969. - 824 с.
2. Гузь А.Н., Кубенко В.Д. Теория нестационарной аэрогидроупругости оболочек. – Киев: Наук. думка, 1982. – 399 с.
3. Нелинейное волновое деформирование цилиндрических оболочек с жидкостью при импульсном радиальном давлении/ Ковальчук П.С., Павловский В.С.//Прикл. механика. – 1993. – 29, № 12. – С. 43-50.
4. Пашков Л.Т. Математические модели процессов в паровых котлах. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 208 с.
5. Онгирский Г.Г. Методика и алгоритм определения критической скорости соударения с агрегатом самолета с учетом энергии внутреннего разрушения птицы // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков: НАКУ «ХАИ». – 1999. – Вып. 3. – С. 12 – 17.
6. Лаврик В.С., Рубцов И.Ф., Шершер Э.А. Летчик, внимание – птицы! –М.: Воениздат, 1970. – 103 с.
7. Быков Л.Т., Егоров М.С., Тарасов П.В. Высотное оборудование самолетов. - М.: Оборонгиз, 1958. – 392 с.
8. Белый Н.Г., Бородин Ю.П., Доценко А.М. и др. Экспериментальные исследования живучести самолетных конструкций. Труды ЦАГИ, 1998, вып. 2631. – С. 93-98.
9. Боброва Ю.В. Экспериментальная оценка воздействия газодинамического импульса на элементы конструкции при разрыве пневматика. АТ и К. 2005. № 2. С. 47 – 51.
10. Доник В.Д., Двейрин А.З. Внезапная разгерметизация отсека внутри и наружу сосуда// Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики. 4-я научн. школа-конф. Тез. докл. –Алушта: Изд-во НПВК Триакон, 2006. –С.11-12.

Надежность сборных авиационных конструкций летательных аппаратов, спроектированных по нормированным значениям коэффициента безопасности

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

При проектировании конструкций летательных аппаратов предусматривается, чтобы за весь период их эксплуатации не наступило ни одно из недопустимых предельных состояний, т.е.

$$M - S \geq 0, \quad (1)$$

где M – несущая способность сборной конструкции;

S – максимальное значение эксплуатационной нагрузки.

Несущая способность конструкции планера летательного аппарата по условиям прочности определяется как предельная нагрузка, которую данный агрегат может выдержать в условиях нагружения в процессе эксплуатации. Предельная нагрузка агрегата M определяется прочностью (несущей способностью) отдельных его элементов, разрушение которых недопустимо. Несущая способность элементов

$$N = F \sigma_{\text{пред}}, \quad (2)$$

где F – площадь поперечного сечения элемента;

$\sigma_{\text{пред}}$ – предельно допустимые напряжения (предел прочности материала конструкции $\sigma_{\text{в}}$, предел усталости σ_{-1} , директивные напряжения по условию обеспечения заданного ресурса $\sigma_{\text{д}}$, критические напряжения общей $\sigma_{\text{кр.о}}$ или местной $\sigma_{\text{кр.м}}$ форм потери устойчивости в условиях сжатия элементов и т.д.).

Площади поперечных сечений элементов вследствие неизбежных технологических допусков на геометрические размеры колеблются в определенных пределах. Изменчивый характер имеют также механические свойства конструкционных материалов и эксплуатационные нагрузки S .

Следовательно, несущая способность M и эксплуатационная нагрузка S носят случайный характер, зависящий от времени эксплуатации τ , т.е. являются случайными процессами. Тогда условие (1) может быть выполнено только с определенной вероятностью, называемой функцией надежности [1]

$$H(\tau) = P[M(\tau) - S(\tau) \geq 0], \quad (3)$$

где $H(\tau)$ – функция надежности;

P – вероятность случайного события.

Принимая во внимание, что несущая способность авиационных агрегатов, выполненных из металлических конструкций, изменяется в процессе эксплуатации

не более чем на 10...20% [2], будем в практических расчетах считать несущую способность M и эксплуатационную нагрузку S случайными величинами. В общем случае это условие будет справедливым, в том числе и для конструкций из композиционных материалов в расчетном по времени сечении случайного процесса. Тогда надежность как вероятность безотказной работы выразится соотношением

$$H = P(M - S \geq 0) . \quad (4)$$

Соотношение (4) позволяет вычислить вероятность безотказной работы, например, формальным сравнением законов распределения случайных величин M и S :

$$H = \int_{-\infty}^{+\infty} f_s(x)[1 - F_M(x)]dx = \int_{-\infty}^{+\infty} f_M(x)F_S(x)dx , \quad (5)$$

где $f_M(x)$, $f_S(x)$ – плотности распределения несущей способности M и эксплуатационной нагрузки S в расчетном случае нагружения;
 $F_M(x)$, $F_S(x)$ – функции распределения случайных величин M и S соответственно.

В случае нормальных законов распределения M и S (характерно для нагружения маневренных летательных аппаратов) [2]

$$H = \Phi(z), \quad \Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt , \quad (6)$$

где $\Phi(z)$ – табличная функция нормированного нормального закона распределения (интеграл вероятности Гаусса);

z – квантиль нормального распределения, определяемый по приближенной зависимости

$$z = (m_M - m_S) / \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_S^2} . \quad (7)$$

Здесь m_M , m_S , σ_M , σ_S – математические ожидания случайных величин M и S и их средние квадратические отклонения σ_M , σ_S .

Для ограниченно маневренных летательных аппаратов определяющей нагрузкой S является перегрузка от беспокойного воздуха, которая согласуется с законом распределения наибольших значений [2]. Несущая способность M обычно распределяется по нормальному закону. Тогда

$$H = \frac{1}{2,5v_N} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left\{-\frac{(x-1)^2}{2v_N^2} - \exp\left[-\frac{1,28}{v_S}(0,45v_S + \bar{f}_n x - 0,16\bar{f}_n x v_S - 1)\right]\right\} dx , \quad (8)$$

где $v_M = \frac{\sigma_M}{m_M}$ и $v_S = \frac{\sigma_S}{m_S}$ – коэффициенты вариации несущей способности M и эксплуатационной нагрузки S соответственно;

\bar{f}_n – относительное значение нормированной величины коэффициента безопасности f_n , определяемое по зависимости

$$\bar{f}_n = f_n (1 + \alpha_M) / (1 + \alpha_S); \quad (9)$$

$\alpha_M = m_M / M_n - 1$, $\alpha_S = m_S / S_n - 1$ – коэффициенты относительной асимметрии несущей способности M и эксплуатационной нагрузки S , характеризующие смещение их математических ожиданий m_M и m_S относительно их номинальных величин M_n и S_n , определяемых без учета случайных факторов в обычной детерминистической постановке.

В традиционных методах проектирования надежность сборных конструкций летательных аппаратов обеспечивается нормированным значением коэффициента безопасности

$$f_n = M_n / S_n, \quad (10)$$

где S_n – нормированная максимальная эксплуатационная нагрузка.

Установив зависимость между коэффициентом безопасности f_n и надежностью H через квантиль z , получим [3]

$$f_n = \frac{1 + \alpha_S}{1 + \alpha_M} \frac{1 + \sqrt{z^2 (v_M^2 + v_S^2) - z^2 v_M^2 v_S^2}}{1 - z^2 v_M^2}. \quad (11)$$

Вероятностные характеристики эксплуатационной нагрузки α_S и v_S принимаются по статистическим данным нагружения пилотируемых летательных аппаратов и нормируемым нагрузкам [2]. Тогда $\alpha_S \cong 0$, $v_S = 0,07 \dots 0,1$.

Коэффициенты асимметрии α_M и вариации v_M следует определять на основе анализа аналитических соотношений несущей способности, полученных в детерминистической постановке с использованием классических методов строительной механики. В этих соотношениях устанавливаются случайные аргументы, вычисляются их вероятностные характеристики и с привлечением теории надежности определяются коэффициенты α_M и v_M [3]. Подобные исследования проведем на примере изгиба тонкостенной сборной конструкции (кессона крыла, фюзеляжа стрингерной конструктивно-силовой схемы, гладкой или подкрепленной оболочки и т.д.).

Несущая способность сборной конструкции при изгибе (предельный изгибающий момент) с использованием метода редуционных коэффициентов определится по зависимости

$$M_{x \text{ нр}} = \sigma_{\text{нр},i} I_x / k_i v_i, \quad (12)$$

где $\sigma_{\text{нр},i}$ – предельно допустимое значение напряжения в основном элементе конструкции, разрушение которого приводит к исчерпанию несущей способности по условию прочности или жесткости;

k_i – редуционный коэффициент основного элемента;

v_i – координата центра площади поперечного сечения основного элемента;
 I_x – момент инерции редуцированного сечения агрегата.
 Момент инерции

$$I_x = \sum_{i=1}^n k_i F_i v_i^2, \quad (13)$$

где F_i – площадь поперечного сечения i -го элемента;

n – количество элементов в поперечном сечении агрегата.

Вероятностные характеристики случайных величин k_i и I_x определим по зависимостям

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{k_i} &= \alpha_{E_i}; \quad v_{k_i} = v_{E_i}; \\ m_{I_x} &= \sum_{i=1}^n \kappa_{n_i} F_{n_i} v_i^2 (1 + \alpha_{E_i})(1 + \alpha_{t_i}); \\ v_{I_x}^2 &= \frac{1}{m_{I_x}^2} \left[\sum_{i=1}^n \kappa_{n_i}^2 v_i^2 \sigma_{t_i}^2 (1 + \alpha_{E_i})^2 + \sum_{i=1}^n F_{n_i}^2 v_i^4 \alpha_{E_i} (1 + \alpha_{t_i})^2 \right], \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

где $\kappa_{n_i} = E_{n_i} / E_o$ – номинальное значение коэффициента редукции i -го элемента;

E_{n_i}, F_{n_i} – номинальные значения модуля упругости конструкционного материала i -го элемента и его площади поперечного сечения;

$\sigma_{t_i}, \sigma_{E_i}$ – средние квадратические отклонения толщин элементов t_i и модуля упругости E_i .

Математическое ожидание несущей способности $m_{M_{np}}$ и коэффициент ее вариации $V_{M_{np}}$ определим по приближенным зависимостям

$$m_{M_{np}} = m_{\sigma_{npi}} m_{I_x} / m_{k_i} v_i; \quad v_{M_{np}}^2 = v_{\sigma_{npi}}^2 + v_{I_x}^2 + v_{E_i}^2. \quad (15)$$

Вероятностные характеристики предельных напряжений элементов $m_{\sigma_{npi}}$, $v_{\sigma_{npi}}$ и их несущей способности, механических свойств конструкционных материалов $\alpha_{E_i}, \sigma_{E_i}$, толщин элементов $\alpha_{t_i}, \sigma_{t_i}$ исследуются в работе [4].

На рис. 1 представлены графические зависимости надежности сборных авиаконструкций H в функции относительного нормированного значения коэффициента безопасности \bar{f}_n и вероятностных характеристик несущей

способности V_M , нагрузок V_S . Зависимости рис. 1 построены согласно соотношениям (6) и (8), когда несущая способность распределяется по нормальному закону, максимальная эксплуатационная перегрузка – по нормальному закону (рис. 1, а, характерно для нагружения маневренных самолетов) и нагрузка от неспокойного воздуха описывается законом наибольших значений (рис. 1, б, характерно для нагружения неманевренных и маломаневренных самолетов).

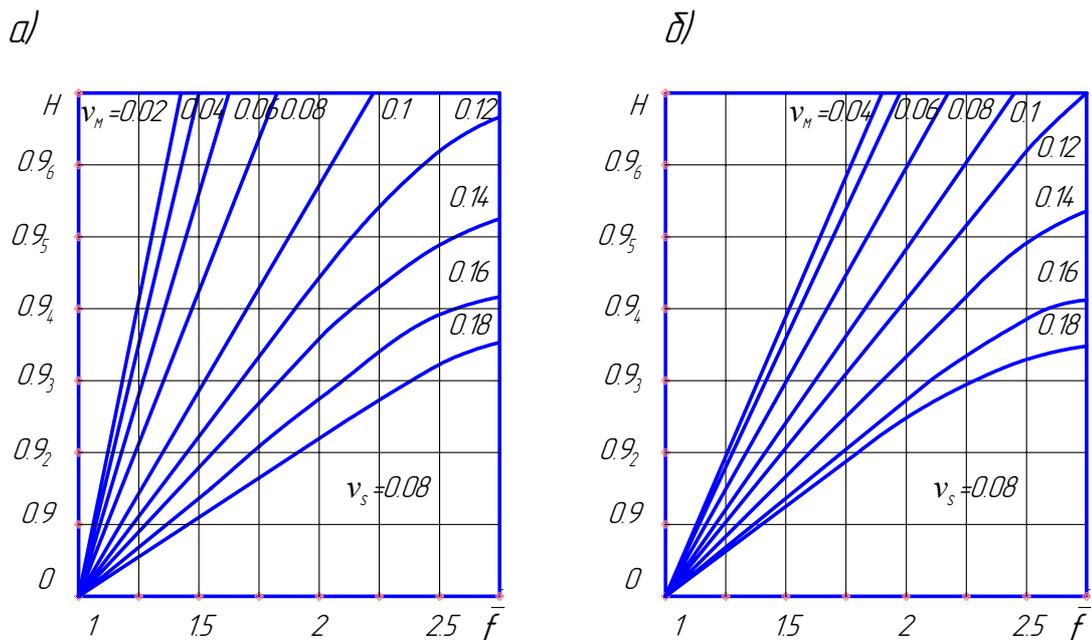


Рис. 1. Надежность сборной конструкции маневренных (а) и неманевренных (б) самолетов

Рассмотрим примеры расчетов, в которых принято [3]:

$$f_n = 1,5; \quad \alpha_S = 0; \quad v_S = 0,08; \quad \alpha_E = 0,03; \quad v_E = 0,01; \quad \alpha_{\sigma_e} = 0,07; \quad v_{\sigma_e} = 0,03.$$

Пример 1. Тонкостенная конструкция выполнена из однотипных элементов, когда $\alpha_{E_i} = \alpha_E$, $\alpha_{t_i} = \alpha_t$; $v_{\kappa_i} = v_\kappa$, $v_{t_i} = v_t$. Тогда в условиях местной формы потери устойчивости основного элемента таковы:

$$m_{M_{np}} = M_{np.n} (1 + \alpha_E) (1 + \alpha_t)^3; \quad v_{M_{np}}^2 = v_E^2 + 9v_t^2;$$

$$\alpha_{M_{np}} = (m_{M_{np}} - M_{np.n}) / M_{np.n} = (1 + \alpha_E) (1 + \alpha_t)^3 - 1,$$

где $\alpha_{M_{np}}$ – коэффициент асимметрии несущей способности;

$M_{np.n}$ – предельный изгибающий момент, вычисляемый без учета случайных факторов.

В случае изготовления элементов–стрингеров из профиля Пр-100 толщиной полки 1 мм, когда по статистике $\alpha_t = 0,1$, $\nu_t = 0,035$, найдем

$$\alpha_{Mnp} = 0,35; \quad \nu_{Mnp} = 0,105; \quad H_M = 0,9_{55}; \quad H_H = 0,9_{51},$$

где H_M – надежность агрегата маневренных самолетов;

H_H – надежность агрегата неманевренных самолетов.

Если стрингеры изготовлены из профиля Пр-100 толщиной полки 2 мм, когда $\alpha_t = 0,035$, $\nu_t = 0,027$, получим:

$$\alpha_{Mnp} = 0,11; \quad \nu_{Mnp} = 0,082; \quad H_M = 0,9_{57}; \quad H_H = 0,9_{4}.$$

Пример 2. Тонкостенная конструкция типа монокок выполнена из обшивки Д16АТ толщиной 2 мм, когда $\alpha_t = -0,066$, $\nu_t = 0,023$. В этом случае

$$\alpha_{Mnp} = 0,164; \quad \nu_{Mnp} = 0,038; \quad H_M = 0,9_{4}; \quad H_H = 0,9_{8}.$$

Пример 3. Тонкостенная конструкция типа кесон выполнена из профилей Пр-100 толщиной полки 3 мм, когда $\alpha_t = 0,02$, $\nu_t = 0,022$. Тогда

$$\alpha_{Mnp} = 1,09; \quad \nu_{Mnp} = 0,037; \quad H_M = 0,9_{8}; \quad H_H = 0,9_{6}.$$

Таким образом, надежность сборных тонкостенных конструкций летательных аппаратов, спроектированных по нормированным значениям коэффициента безопасности, определяется по соотношениям (6), (8) или согласно рис. 1. Примеры расчетов показывают ее существенный разброс в зависимости от характера нагружения, разрушения, конструктивно-силовой схемы, характеристик сортамента элементов. Предпочтительно проектировочные расчеты конструкций ЛА осуществлять по заданной надежности.

Список литературы

1. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета. – М.: Машиностроение, 1985. – 296 с.
2. Селихов А.Ф., Чижов В.М. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. – М.: Машиностроение, 1987. – 237 с.
3. Малашенко Л.А. Проектирование элементов конструкций летательных аппаратов заданной надежности: Учеб. пособие. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1996. – 96 с.

Интерактивный программный комплекс для обучения и повышения уровня профессиональной подготовки авиационных экипажей вертолетов Ми-8 МТВ

Научно-производственное объединение «АВИА»

Анализ последних достижений и публикаций. Постановка проблемы

Интеграция Украины в мировое сообщество требует соблюдения и строгого выполнения международных стандартов, принятых в гражданской авиации. Реализация международных требований подготовки летных экипажей [1] требует существенного изменения существующей структуры подготовки летного персонала, качественного изменения ее содержания [2]. Это связано с тем, что в современных условиях наблюдается некоторый разрыв между теоретической подготовкой летных экипажей и их практической тренажерной и летной подготовками [3]. Кроме того, использование последних достижений в области информатики, вычислительной техники и т.п. позволяет создать технические средства подготовки летного персонала с принципиально новыми обучающими возможностями. Это, в свою очередь, требует пересмотра как организационных, так и методических основ подготовки летных экипажей.

Как показала практика, летный персонал, прошедший теоретическое обучение, испытывает при переходе к практической подготовке недостаточность своих знаний, их отрыв от реальных потребностей летной подготовки [4, 5]. В общем случае теоретическая подготовка летного персонала осуществляется по рекомендованным учебникам, плакатам, стендам, инструкциям и другим документам, регламентирующим организацию летной работы. Основной задачей теоретической подготовки летных экипажей является изучение конструкции конкретного летательного аппарата и его бортовых систем, принципа и логики действий в нештатных ситуациях.

Существующей системе теоретической подготовки свойственны следующие характерные недостатки: пассивный характер изложения программного материала, осуществляемый без применения проблемных методов обучения; сложность реализации основных дидактических принципов обучения – наглядности и доступности, систематичности и последовательности, прочности приобретенных знаний, навыков и умений. Все это не способствует повышению качества подготовки летного персонала.

Цель работы

Приведенные недостатки и трудности теоретической подготовки потребовали разработки и практической реализации новых концепций в разработке современных технических средств обучения и подготовки летных экипажей. В последнее время характерно все большее стремление к созданию компьютеризованных систем обучения и подготовки авиационных специалистов [5, 6], в которых комплексный тренажер является завершающим этапом наземной подготовки летных экипажей.

С этой целью в НПО "Авиа" разработан и создан интерактивный программный комплекс для обучения и повышения уровня подготовки

авиационных экипажей, эксплуатирующих вертолеты Ми-8 МТВ. При разработке данного программного комплекса большое внимание уделялось формированию базы знаний, то есть определению необходимого объема учебного материала, обеспечивающего выполнение квалификационных требований к летному персоналу на тип вертолета.

Основная часть

Совершенствование и компьютеризация процесса предтренажерной подготовки летных экипажей позволяет разрешить объективно существующие противоречия между значительным усложнением систем управления и бортового оборудования, которое приводит к росту необходимого объема знаний усваиваемых членами экипажа, и обязательным усвоением этого объема знаний в ограниченное время. Так, например, экипажу вертолета Ми-8 МТВ необходимо изучить и освоить алгоритмы действий в 112 случаях нештатных ситуаций, связанных только с отказами авиационной техники, которые изложены в “Руководстве по летной эксплуатации” данного типа вертолета.

Исходя из современных требований к лицензированию летного персонала [1], основных принципов традиционной системы обучения, а также перечисленных выше недостатков, было принято решение о реализации в НПО "Авиа" идеи программированного обучения. Применительно к подготовке летных экипажей вертолетов Ми-8 МТВ идея разработки интерактивного программного комплекса представляет собой одну из форм самостоятельной работы обучаемого над специально подготовленным учебным материалом с использованием ПЭВМ, опирающейся на теорию поэтапного формирования знаний, навыков и умений [4].

Разработка интерактивного программного комплекса обучения и подготовки летных экипажей неразрывно связана с перестройкой всего процесса обучения: переработкой учебных планов и программ в соответствии с требованиями JAR FCL 2 [1], разработкой специальных форм контроля знаний и умений обучаемых, переучиванием и подготовкой обслуживающего персонала, созданием принципиально новой концепции управления средствами обучения и т.д.

При отработке программного материала (базы знаний) большое внимание уделялось формированию потребности обучаемых в овладении знаниями и умениями. Это возможно только в том случае, если обучение мотивируется изучаемым материалом, то есть обучаемый видит связь теоретического материала и практических задач со своей функциональной деятельностью в процессе летной эксплуатации вертолета.

Разработанный интерактивный компьютерный программный комплекс обеспечивает обучение летного и инженерно-технического состава правилам эксплуатации вертолета Ми-8 МТВ и повышение их квалификации. Программный комплекс разработан на базе интеллектуального интерфейса, поддерживающего в диалоговом режиме автоматизированные циклы обучения и контроля знаний обучаемых. В соответствии с требованиями JAR FCL 2 [1] интерфейс программного комплекса по желанию пользователя может быть реализован на двух языках – русском и английском.

Обобщенная структурная схема интерактивного программного комплекса показана на рис. 1 и состоит из следующих основных функциональных блоков: регистрации, формирования знаний, самоконтроля, выходного контроля, статистики. Естественно, что все блоки определены множествами состояний входных, выходных и управляющих сигналов, неразрывно связаны друг с другом

информационными связями. Рассмотрим назначение и основные особенности реализации каждого из блоков.

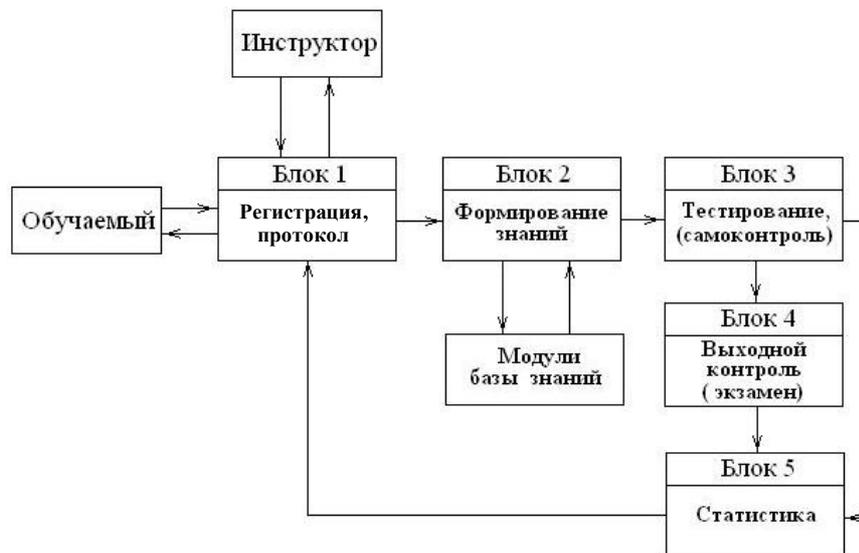


Рис. 1. Обобщенная структурная схема интерактивного программного комплекса

Блок регистрации. В данном блоке осуществляется регистрация обучаемых, фиксируется время работы с данным программным комплексом, хранится в файле протокола вся информация о результатах тестирования и сдаче итогового экзамена.

Блок формирования знаний состоит из тринадцати модулей. Каждый модуль соответствует подразделу учебной программы теоретического обучения (Приложение 1 к JAR FCL2.470 [1]) и квалификационным требованиям на тип вертолета JAR FCL2.240.

В модуле теории обучаемый имеет возможность изучить основные законы дозвуковой аэродинамики, которые объясняют физическую сущность образования аэродинамических сил и моментов, действующих на основные элементы вертолета, и вертолет в целом, изучить и понять основные принципы управления вертолетом на различных режимах полета. В качестве примера на рис. 2,а показан интерфейс модуля теории при изучении посадки вертолета Ми-8 МТВ на режиме самовращения несущего винта при отказе одного двигателя. При этом в режиме мультипликации не только показывается траектория предпосадочного снижения вертолета, но и осуществляется индикация показаний основных приборов, определяющих данный режим полета. Обучаемый, по желанию, может определить рекомендуемые значения параметров полета вертолета в различных точках траектории снижения. При таком подходе обеспечивается доведение информации до обучаемого с одновременным зрительным восприятием и возможностью многократного повторения полетной ситуации.

В модулях конструкции и функционирования вертолетных систем обучаемый изучает конструкцию агрегата (системы), его назначение, принципы работы как в штатных, так и в аварийных ситуациях (рис. 2,б).

Формирование объема базы знаний является важным этапом создания компьютерной системы интерактивного метода обучения. База знаний должна

содержать максимальный объем информации для обеспечения грамотной летной эксплуатации вертолета экипажем на всех режимах полета. Границы такого объема определяются моделью профессиональной деятельности и требованиями лицензирования летного состава [1].

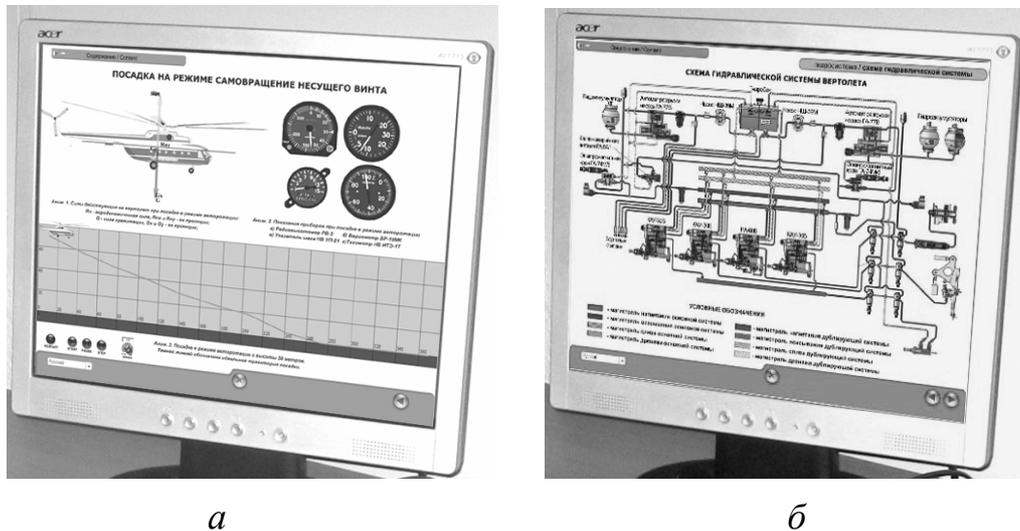


Рис. 2. Интерфейс модулей базы знаний:

- а) Посадка на авторотации б) Гидравлическая система вертолета

Анализ практической подготовки летных экипажей на комплексном тренажере и данные работы [4] показали, что структура базы знаний должна состоять из ряда информационных модулей, представляющих собой определенный объем информации о конструкции, летной и технической эксплуатации вертолета Ми-8 МТВ. Общий объем базы знаний V_B можно представить в виде [7] $UV_{B_i} = V_B \rightarrow \min H_{V_B}$, где H_{V_B} - энтропия объема информации базы знаний; V_{B_i} - объем i -го информационного модуля.

При формировании базы знаний учитывалось существование минимального L_{min} и максимального L_{max} возможных уровней выходных информационных параметров обучаемого летного персонала, которые определяются в соответствии с квалификационными требованиями к летным экипажам. На основе анализа выходных информационных параметров обучаемых была определена область допустимых значений базы знаний V_B , энтропия которой минимальна.

Блок тестирования (самоконтроля). После освоения программного материала в блоке формирования знаний обучаемому предлагается пройти выходной тест. Выходной тест представляет определенный объем вопросов обучаемому по каждому освоенному модулю базы знаний (теория, конструкция, летная эксплуатация вертолета и т.д.). По результатам тестирования обучаемый на экране монитора может узнать не только количество правильных и неправильных ответов, но и получить рекомендации для повторного изучения необходимых тем и программных вопросов базы знаний.

Блок выходного контроля (блок 4 на рис. 1). В этом блоке осуществляется итоговая оценка уровня базовых и прикладных профессиональных знаний члена экипажа вертолета в соответствии с выбранным режимом оценивания. Результирующая оценка фиксируется на мониторе (рис. 3).

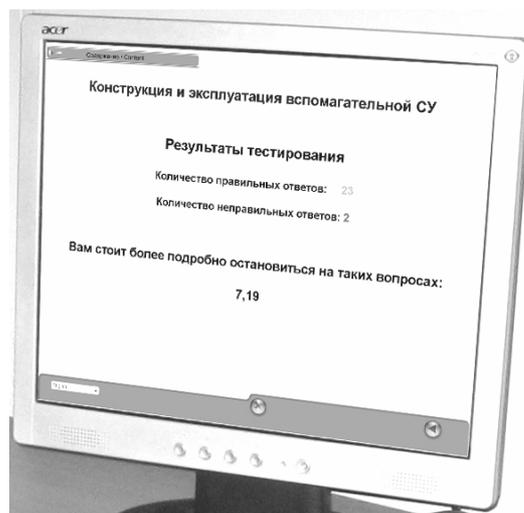


Рис. 3. Интерфейс блока тестирования выходных знаний

В блоке статистики осуществляется автоматическая запись сведений о результатах тестирования обучаемых в режиме самоконтроля и сдаче выходного экзамена. Вся информация передается в блок регистрации и хранится в индивидуальном файле протокола обучаемого.

Разработанный интерактивный автоматизированный программный комплекс выполнен в виде вычислительной системы управления процессом обучения, снабженной соответствующим программным обеспечением. Вычислительная система управления процессом обучения имеет несколько программно-аппаратных блоков (см. рис.1). Соединительные информационно-проводящие элементы программного комплекса обучения выполнены в виде локальных сетей. Интерактивный программный комплекс разработан на основе доступной элементной базы. В НПО "Авиа" интерактивный автоматизированный программный комплекс реализован на ПЭВМ с процессором Intel Celeron IP4 2.0 Ghz и оперативной памятью не менее 512 Mb. Общий вид класса с интерактивным программным комплексом для повышения уровня профессиональной подготовки авиационных экипажей вертолетов Ми-8 МТВ показан на рис. 4.

Выводы

Современная авиационная техника является образцом сложных эрготехнических систем, в связи, с чем эффективность летной эксплуатации и безопасность полетов современных летательных аппаратов во многом зависит от уровня квалификации и профессиональной подготовки авиационных экипажей. Разработанный в НПО "Авиа" интерактивный автоматизированный программный комплекс для обучения и повышения уровня подготовки экипажей, эксплуатирующих вертолеты Ми-8 МТВ, отвечает современным требованиям, о чем свидетельствуют результаты проведенных экспериментов и экспертиз по эффективности освоения программного материала и применению его результатов на практике. Данный интерактивный автоматизированный программный комплекс является составной частью учебно-тренировочного комплекса вертолета Ми-8 МТВ [8], созданного в НПО "Авиа"



Рис. 5. Общий вид класса с интерактивным автоматизированным программным комплексом

Список литературы

1. JAR FCL 2 Section 1. Joint Aviation Requirements Flight Crew Licensing Helicopters.
2. Рыбников В.В. Организационные основы тренажерной подготовки летных экипажей // Аэрокосмический курьер. - 2005, - №2. - С. 70 - 71.
3. Теймуразов Р.А., Овчаров В.Е. Безопасность полетов в гражданской авиации // Вертолет. - 1998.- №1, С. 10 - 11.
4. Мамаев В.Я. Модели поддержки процесса формирования интеллектуальных умений и навыков оператора-навигатора // Авиакосмическое приборостроение. - 2005. - №10, С. 36 - 41.
5. Бодрунов С.А. Концепция развития и совершенствования технических средств подготовки и обучения авиационных специалистов // Мир Авионики. - 2003. - №3, С. 36 - 42.
6. Бессонов А.А., Есин Ю.Ф., Мамаев В.Я. Интеллектуальные навигационные тренажерно-обучающие системы // Изв. вузов. Сер. Приборостроение. - Т.49, - - №6. С. 20 - 29.
7. Алексеев В.В. Автоматизация выбора информации в базах знаний // Проблемы машиностроения и автоматизации. - 2002. - №3, С. 20 - 28.
8. Пат. 77605. Украина. Вертолітний учбово-тренувальний комплекс. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи.15.12.2006.

Комфорт пасажирів літаків загальної авіації в умовах турбулентності

Національний авіаційний університет

Постановка і загальна мета задачі

В умовах швидкого розвитку місцевих авіаліній та коротких маршрутів виникає сильна конкуренція серед літаків загальної авіації та короткомагістральних літаків. Оскільки ці повітряні судна літають з низькими швидкостями польоту, то одним з вирішальних факторів може стати комфорт пасажирів та льотного екіпажу, особливо в умовах польоту в турбулентній атмосфері.

Сучасні стандарти, правила, посібники приділяють багато уваги питанням безпеки польотів, але майже нічого не говориться про критерії комфорту. Для новітніх добре обладнаних літаків з подібними характеристиками саме рівень комфорту може стати вирішальним, тим більше, дискомфорт, спричинений „бовтанкою” та акселераційними перевантаженнями в умовах турбулентності, викликає повітряну хворобу, травми, впливає на стан пілотів, що призводить до зниження рівня безпеки.

Для усунення або принаймні зменшення такого негативного впливу створюються активні та пасивні системи керування, в тому числі системи безпосереднього керування підйомною силою.

На даний час існують різноманітні методи зниження перевантажень, спричинених неспокійною атмосферою. Автоматичні системи, що активують такі поверхні керування літаком як руль висоти, закрилки, елерони тощо вважаються активними. Пасивні системи змінюють геометрію крила або його аеродинамічні властивості [1]. Різними інженерами та дослідниками пропонуються крила зі змінним кутот стрілоподібності, телескопічні крила, крила із закінцівками, що згинаються, системи керування із використанням автопілотів, що контролюють підйомну силу крила за допомогою рулів висоти або різного роду інтерцепторів.

Модель повздовжнього руху літака в умовах турбулентності

Рух повітряного судна, що ототожнюється із жорстким тілом описується системою шести диференціальних рівнянь, три з яких описують умову рівноваги сил в проекціях на координатні вісі, а три інших описують умову рівноваги моментів відносно трьох координатних осей [2].

Припущення про те, що літак вважається жорстким тілом, масові та інерційні властивості якого є функціями часу повинне розглядатися як наближення. В дійсності, в польоті поверхні керування відхиляються і конфігурація літака змінюється в часі. До того ж, через неминучу деформацію конфігурація конструкції повітряного судна також змінюється [3]. Для загальної оцінки динамічних властивостей літака можливо прийняти спрощене компонування жорсткого тіла з постійною конфігурацією.

В даній роботі розглядається лише повздовжній рух літака, оскільки це спрощує розрахунки і враховує найнеприємніші і найнебезпечніші перевантажен-

ня, а саме нормальне перевантаження в напрямку „голова – ноги” та „ноги – голова”, спричинені вертикальними прискореннями літака.

До моделі повздовжнього руху літака було введено два диференціальних рівняння, що описують турбулентну складову швидкості і базуються на моделі Драйдена [4]:

$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{1-2\cdot\sqrt{3}}{\sqrt{\pi}} \cdot \sigma_w \cdot a^{-2} \cdot \xi(t) - \frac{2}{a} \cdot \eta - \frac{1}{a^2} \cdot V_y,$$

$$\frac{dV_y}{dt} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\pi}} \cdot \sigma_w \cdot a^{-1} \cdot \xi(t) + \eta,$$

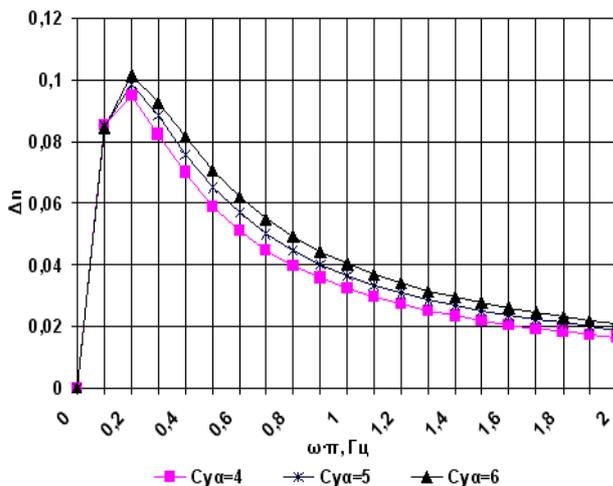
де η – це допоміжна змінна, $\xi(t)$ – це білий шум, а V_y – це вертикальна складова швидкості від поривів вітру, що вводиться до рівняння руху літака.

Результати розрахунків

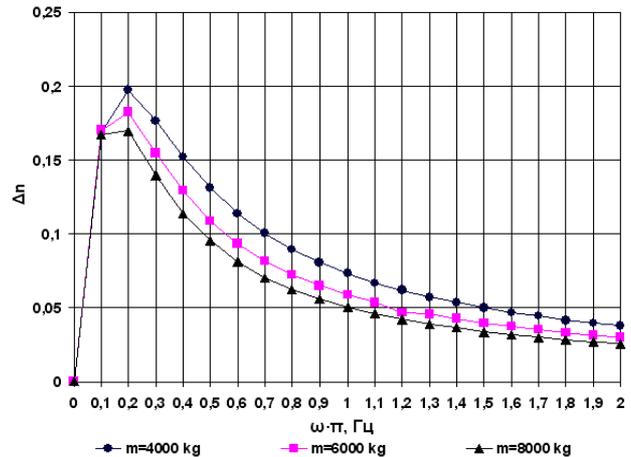
Використовуючи вище вказану модель був розрахований коефіцієнт нормального перевантаження для різних умов польоту за наступною формулою:

$$n_y = \left[C_{y_0} + C_Y \left(\alpha + \frac{V_y(t)}{V} \right) \right] \frac{\rho S}{2mg} [V^2 + 2\alpha V V_y(t)].$$

За отриманими результатами побудовані графіки (мал. 1, 2, 3, 4). Приріст коефіцієнта нормального перевантаження враховується за абсолютним значенням ($\Delta n_y > 0$).



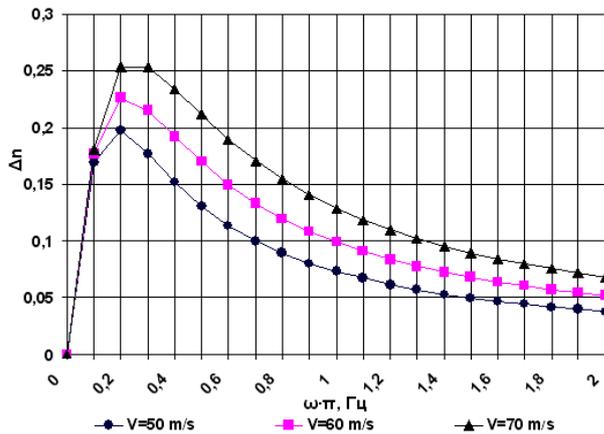
Малюнок 1. Залежність приросту коефіцієнта нормального перевантаження від частоти турбулентного пориву та похідної коефіцієнту підйомної сили за кутом атаки (амплітуда пориву вітру $A=5$ м/с).



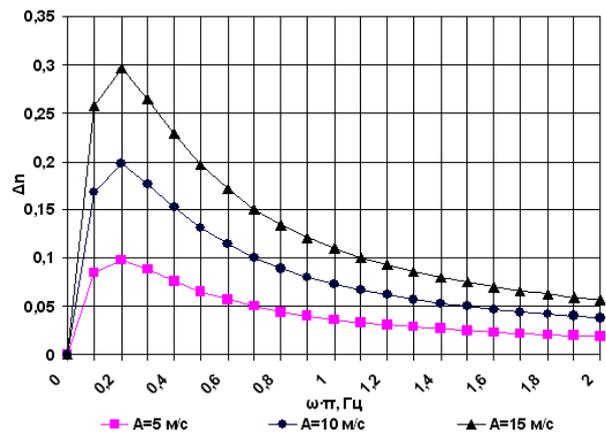
Малюнок 2. Залежність приросту коефіцієнта нормального перевантаження від частоти турбулентного пориву та маси літака (амплітуда пориву вітру $A=10$ м/с).

З графіків видно, що літаки з крилами з кращими несучими здібностями будуть більш схильні впливу вітру, який створює додаткову підйомну або притискову силу. Більш важкі літаки будуть реагувати на вплив турбулентності не так активно як легші через більше навантаження на крило за всіх інших рівних умов. Зрозуміло, що більша амплітуда пориву вітру викличе більш потужні коливання коефіцієнту нормального перевантаження.

На всіх наведених графіках максимальне значення коефіцієнту нормального перевантаження спостерігається при частоті пориву приблизно рівній 0.2π Гц. Звісно, це значення відповідає лише даній моделі і буде відрізнятися для інших, проте якісно цей параметр знаходиться в діапазоні низьких частот. Приймаючи до уваги інерцію літака та його елементів можна відзначити, що при частотах вищих за 1 – 1.2π Гц літак не встигає активно реагувати на зовнішній вплив. При малих значеннях частоти турбулентність може вплинути на повітряне судно значно сильніше, якщо її частота співпадає із власною частотою літака або якогось його елемента.



Малюнок 3. Залежність приросту коефіцієнта нормального перевантаження від частоти турбулентного пориву та швидкості горизонтального польоту літака (амплітуда пориву вітру A=10 м/с).



Малюнок 4. Залежність приросту коефіцієнта нормального перевантаження від частоти турбулентного пориву та його амплітуди.

Модель системи безпосереднього керування підйомною силою

Один з можливих шляхів зменшити перевантаження від вертикальних прискорень – застосувати систему керування, що безпосередньо контролює підйомну силу крила за допомогою спеціально сконструйованих поверхонь на крилі, якими можуть бути спойлери та інтерцептори. Пристрій, що реєструє наявність турбулентності може працювати на основі: а) контролю коефіцієнту нормального перевантаження; б) контролю розподілу тиску по поверхні крила; в) лазерного доплерівського вимірювача швидкостей.

Для моделювання такої системи у модель повздовжнього руху літака в неспокійній атмосфері було додано наступне рівняння:

$$\frac{d\delta_{int}}{dt} = -\frac{k_{int}}{\tau} \cdot w - \frac{1}{\tau} \cdot \delta_{int},$$

де δ_{int} – це кут відхилення спойлера (інтерцептора); k_{int} – це коефіцієнт, що визначає ефективність аеродинамічного демпфера; w – швидкість вертикального пориву вітру; τ – часова затримка в роботі системи.

Чим більше часова затримка, тим більше перевантаження виникає. Чим раніше система почне працювати, тим менша виникне додаткова підйомна сила від пориву вітру, тобто менший буде вплив турбулентності.

Швидкість відхилення поверхонь керування має бути дуже високою, тому закрилки в даному випадку будуть неефективні. Автор вважає цілком доцільним використання систем подібних до лазерного доплерівського вимірювача швидкостей в якості пристрою, що реєструє турбулентність попереду літака [5].

Модель сприйняття людиною прискорень. Критерій комфорту

В наші часи існує багато моделей сприйняття акселераційного руху організмом людини, в тому числі й моделі, що описують динаміку отолітів та ендолімфи у каналах вестибулярного апарату людини [6]. У даній роботі використовується модель, що базується на вертикальному прискоренні повітряного судна:

$$\ddot{\Omega}_y = a_{0y} \cdot \ddot{S}_y - a_{1y} \cdot \dot{\Omega}_y - a_{2y} \cdot \Omega_y,$$

де $\dot{\Omega}_y$ – функція сприйняття акселераційного руху, спричиненого вертикальним прискоренням літака \ddot{S}_y ; a_{0y}, a_{1y}, a_{2y} – коефіцієнти, що описують динаміку сприйняття прискорень. $a_{0y} = 1; a_{1y} = 1.64; a_{2y} = 0.2$. Граничний рівень сприйняття акселераційного руху вздовж вертикальної вісі $\Omega_y^{thr} = 0.626_{-\Delta=-0.17}^{+\Delta=+0.17}$ [7].

Вертикальне прискорення літака \ddot{S}_y пов'язане з коефіцієнтом нормального перевантаження згідно з формулою:

$$\ddot{S}_y = (n_y - \cos \vartheta \cdot \cos \gamma) \cdot g + L_s \cdot \dot{\omega}_z,$$

де ϑ – це кут тангажу літака; γ – кут крену, який дорівнює нулю у випадку повздовжнього руху; L_s – відстань від центру мас літака до сидіння пасажира або пілота; $\dot{\omega}_z$ – кутове прискорення тангажу.

Після трансформації диференціальних рівнянь другого порядку в рівняння першого порядку знаходимо наступну модель акселераційного сприйняття

$$\dot{\Omega}_y = \frac{d\Omega}{dt} = \Psi,$$

$$\dot{\Psi} = \frac{d\Psi}{dt} = a_{0y} \left[(n_y - \cos \vartheta \cos \gamma) g + L_s \dot{\omega}_z \right] - a_{1y} \Psi - a_{2y} \Omega,$$

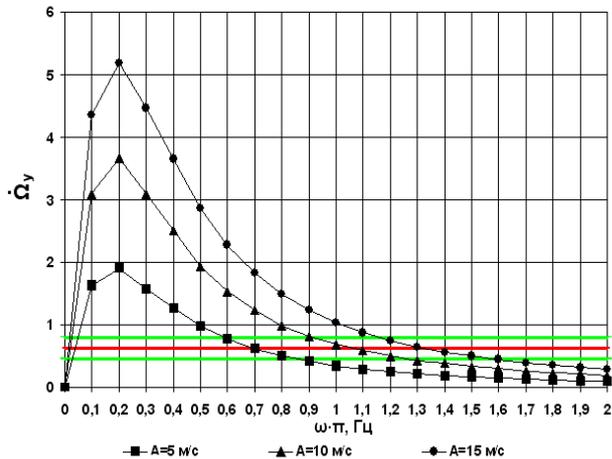
яка також вводиться у модель руху літака в турбулентній атмосфері.

Як видно з графіку на мал. 5 пориви вітру з малими амплітудами спричиняють вертикальні прискорення, які відчуваються людиною в дуже вузькому діапазоні частот. Більші амплітуди розширюють діапазон частот та збільшують значення функції сприйняття прискорень, що неминуче призводить до погіршення рівня комфорту.

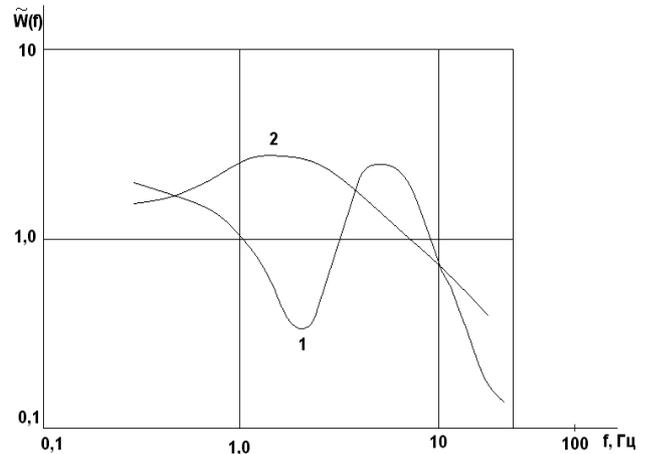
Вагові функції $\tilde{W}(f)$, що характеризують стійкість організму до вертикальних та бічних акселераційних перевантажень [1] проілюстровані на мал. 6. Для оцінки рівня комфорту (або дискомфорту) на основі сприйняття прискорень організмом людини вводиться критерій комфорту (К критерій), який можна записати в наступній формі:

$$K = \int_{\omega_1}^{\omega_2} |\Delta n_y(\omega)| \cdot \tilde{W}(\omega) \cdot d\omega,$$

де $\tilde{W}(\omega)$ – вагова функція вертикального перевантаження; ω_1 та ω_2 – частоти пориву вітру, в діапазоні між якими організм людини найменш стійкий до перевантажень.

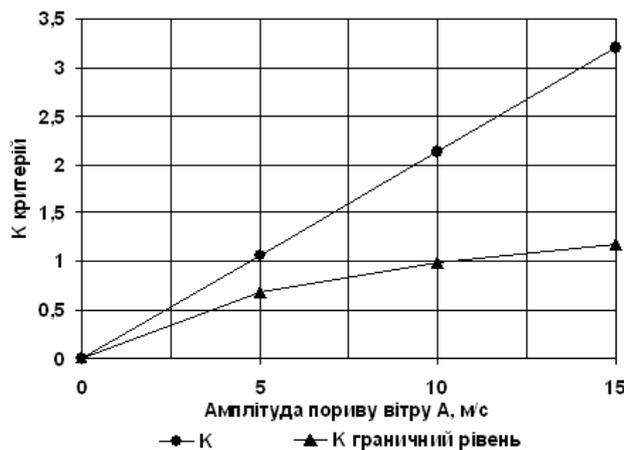


Малюнок 5. Залежність функції сприйняття акселераційного руху від амплітуди та частоти пориву вітру.

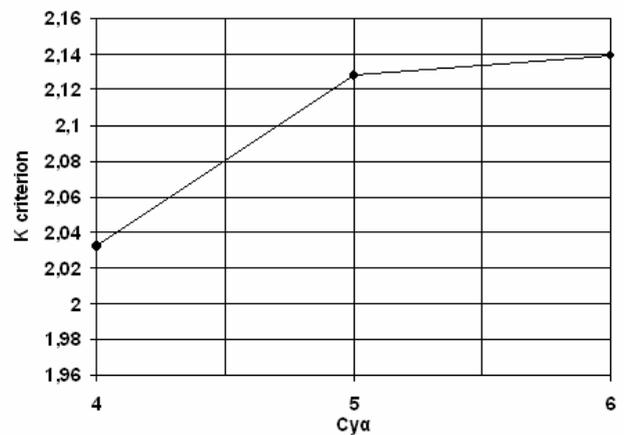


Малюнок 6. Вагові функції у критерії дискомфорту: 1 – вертикальні акселераційні перевантаження; 2 – бічні акселераційні перевантаження.

Параметричний аналіз К критерію наведений на мал. 7, 8, 9, 10.

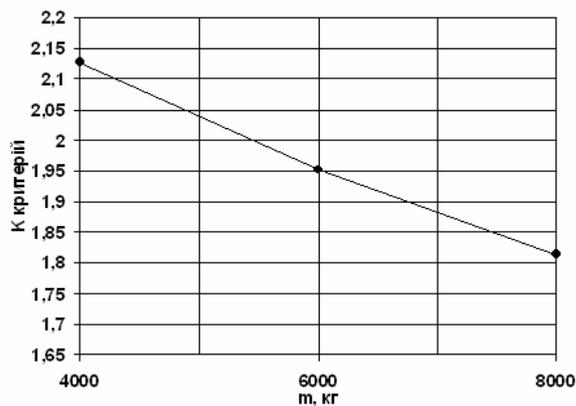


Малюнок 7. Залежність К критерію від амплітуди пориву вітру.

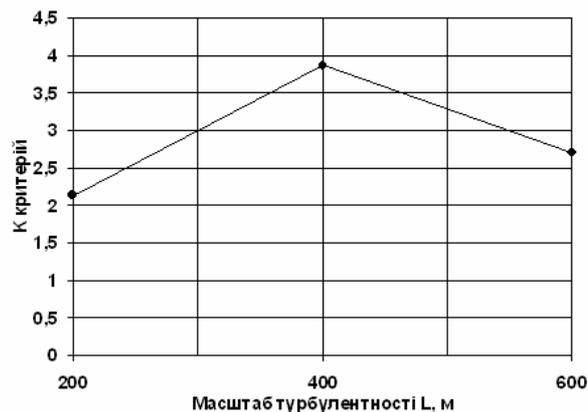


Малюнок 8. Залежність К критерію від похідної коефіцієнта підйомної сили за кутом атаки ($A = 10$ м/с).

Як видно з графіку на мал. 7 значення К критерію перевищує граничні значення при наявності поривів вітру або турбулентності і відсутності ефективною системи зниження перевантажень. Проте, при невеликих значеннях амплітуди пориву вітру рівень комфорту є доволі прийнятним, оскільки К критерій перевищує граничний рівень на малу величину.



Малюнок 9. Залежність К критерію від маси літака ($A = 10$ м/с).



Малюнок 10. Залежність К критерію від масштабу турбулентності ($A = 10$ м/с).

Як і в попередніх розрахунках виходить так, що більш важкі літаки є значно комфортнішими. Літаки, що мають профіль крила з меншим значенням похідної коефіцієнта підйомної сили менш активно реагують на вертикальні пориви вітру.

Висновки

Перевантаження від прискорень, що діють на пасажирів та екіпаж є одним з факторів, який визначає рівень комфорту. Допустимий рівень перевантажень залежить від їх спектру частот, напрямку та тривалості. Приблизний діапазон найбільш дискомфортних частот поривів вітру лежить в рамках 0,4 – 3 Гц.

Однією з найбільш важливих умов ефективного використання активних систем контролю підйомної сили є їх раціональна комбінація і сумісність з системою керування та стабілізації.

Для оцінки рівня комфорту пасажирів та екіпажу необхідно використовувати критерії комфорту, що дають змогу провести параметричний аналіз та визначити найбільш оптимальні характеристики літака з урахуванням комфорту та безпеки польотів.

Список літератури

1. Бюшгенс Г. С. Аэродинамика и динамика полета магистральных самолетов – Москва-Пекин: издательский отдел ЦАГИ, Авиа-издательство КНР, 1995. – 823 с.
2. Остославский И. В., Стражева И. В. Динамика полета. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов – М.: Машиностроение, 1965. – 467 с.;
3. Остославский И. В., Стражева И. В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов – М.: Машиностроение, 1969. – 499 с.;
4. Касьянов В. А. Моделирование полета. – К.: НАУ, 2004. – 400 с.;
5. Гродзовский Г. Л. Лазерное доплеровское измерение скорости газовых потоков. Сборник. Теория измерения. Электрические системы регистрации – М., ЦАГИ, 1976. – 286 с.;
6. Ищенко С. А. Моделирование на динамических стендах авиационных тренажеров угловых и линейных ускорений неманевренных самолетов ГА. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – К.: КИИГА, 1985. – 180 с.
7. Сотников Д. А. Модели восприятия движения маневрирования самолета и их использование в задачах имитации движения на авиационных тренажерах // Сборник научных трудов „Безопасность полетов” – Киев, КИИГА, 1986. – 117 с.

Проектирование и модификация геометрии аэродинамических профилей

Національний авіаційний університет

Введение

С начала XX-го века была проведена интенсивная работа в аэродинамических лабораториях по исследованию различных форм профилей в широком диапазоне изменения скорости потока и чисел Рейнольдса.

По результатам этих исследований были составлены множество атласов аэродинамических профилей и справочных пособий, содержащих геометрические и аэродинамические характеристики профилей.

Традиционное проектирование аэродинамической компоновки крыла летательного аппарата (ЛА) осуществляется путем подбора ранее исследованных аэродинамических профилей и формированию на их основе геометрии поверхности крыла.

Современное проектирование аэродинамической компоновки крыла летательного аппарата требует проведение некоторой модификации геометрии профиля, а при решении специфических задач - разработку новых аэродинамических профилей (получение больших значений K_{\max} , $C_{Y \max}$ или $M_{кр}$).

Необходимость незначительной, а порой и координальной модификации геометрии профиля при проектировании аэродинамической компоновки крыла ЛА ставит перед разработчиком сложную задачу, быстрое решение которой возможно лишь с применением вычислительной техники..

Анализ способов модификации геометрии атласных аэродинамических профилей

В атласах аэродинамических профилей и справочных пособиях представлены геометрические и аэродинамические характеристики профилей.

Обычно геометрические характеристики профилей представляются в виде контура профиля и таблицы координат поверхности профиля.

В процессе проектирования аэродинамической компоновки крыла ЛА часто необходимо применять профили, относительная толщина и вогнутость которых отличается от имеющегося.

В этом случаи необходимо осуществить модификацию сохранив характер поверхности профиля. Для этого используются следующие способы модификации геометрии профиля:

- 1) изменение толщины при неизменной вогнутости;
- 2) изменение вогнутости при неизменной толщине;
- 3) изменение толщины и вогнутости;

Первый способ модификации позволяет сохранить среднюю линию профиля и ее положение:

$$Y'_B = \frac{Y_B \times (1 + K_C) + Y_H \times (1 - K_C)}{2}$$

$$Y'_H = \frac{Y_B \times (1 - K_C) + Y_H \times (1 + K_C)}{2}$$
(1)

где: Y'_B , Y'_H - координаты профиля получаемые в результате модификации; Y_B , Y_H - исходные координаты профиля; K_C - коэффициент изменения толщины профиля.

Второй способ сохраняет толщину профиля, но изменяет среднюю линию:

$$Y'_B = \frac{Y_B \times (K_F + 1) + Y_H \times (K_F - 1)}{2}$$

$$Y'_H = \frac{Y_B \times (K_F - 1) + Y_H \times (K_F + 1)}{2}$$
(2)

где: K_F - коэффициент изменения вогнутости.

Третий способ изменяет и толщину и среднюю линию:

$$Y'_B = \frac{Y_B \times (K_F + K_C) + Y_H \times (K_F - K_C)}{2}$$

$$Y'_H = \frac{Y_B \times (K_F - K_C) + Y_H \times (K_F + K_C)}{2}$$
(3)

Как видно из формулы (3) первый и второй способ являются частными случаями третьего способа модификации.

При использовании перечисленных способов модификации сохраняется характер профиля, при этом аэродинамические характеристики модифицированного профиля незначительно отличаются от исходного профиля или могут быть пересчитаны.

Программы расчета аэродинамических характеристик профиля

Развитие вычислительной техники и численных методов привело к появлению компьютерных программ позволяющих выполнять расчеты аэродинамических характеристик профиля.

Таким образом, разработчик получил возможность проводить расчет аэродинамических характеристик профиля без проведения дорогостоящих экспериментов в аэродинамической трубе (рис. 1).

Существует множество специализированных программ расчета аэродинамических характеристик профиля, среди которых стоит отметить такие как: «VISTRAN» и «MULTIVIS».

«VISTRAN» - программа расчета околозвукового отрывного обтекания профилей.

«MULTIVIS» - программа расчета обтекания систем профилей (профили с закрылками, предкрылками) при малых скоростях.

Применение программ расчета аэродинамических характеристик профиля позволяет выполнить расчеты аэродинамических характеристик профиля в широком диапазоне изменения углов атаки, чисел Рейнольдса и скорости набегающего потока (числа Маха).

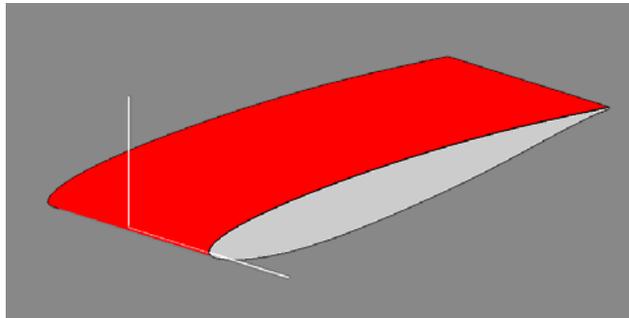


Рис. 1. Модель отсека крыла (профиль) для продувки в АДТ

Модификация геометрии профиля с применением ЭВМ

Выполнение модификации геометрии профиля в процессе *современного проектирования* аэродинамической компоновки крыла ЛА является сложной и трудоемкой задачей выполнение которой целесообразно с применением вычислительной техники.

Для получения лучших аэродинамических характеристик ЛА (аэродинамического качества, большого значения подъемной силы или критического числа M) при проектировании крыла очень часто необходимо проанализировать изменение кривизны поверхности профилей и выполнить необходимое сглаживание поверхности профиля или модификацию геометрии профиля.

Используя возможности разработанной программы модификации геометрии профиля можно осуществлять сглаживание поверхности профиля и модификацию геометрии профиля путем перемещения точек контура профиля, непосредственно видя результат своих действий, с одновременным визуальным контролем изменения кривизны поверхности профиля (рис. 2).

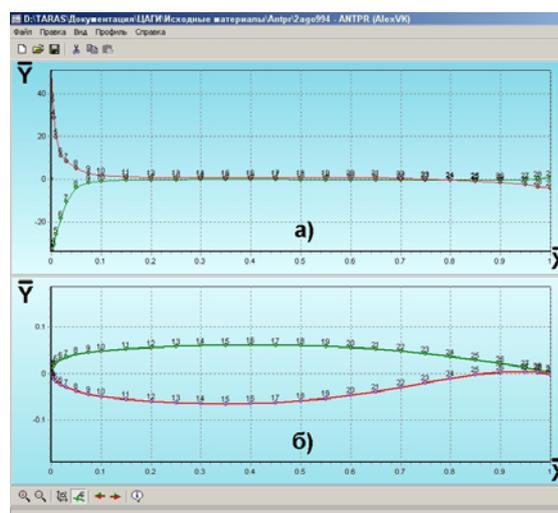


Рис. 2. Кривизна поверхности профиля (а) и контур профиля (б)

Свободное изменение масштаба отображения поверхности профиля и кривой изменения кривизны по поверхности профиля позволяет настроить и манипулировать представлением этих данных.

Исходные данные о геометрии профиля должны быть представлены в виде таблиц координат поверхности профиля (формат FLO-22).

При работе с файлами исходных данных, содержащих информацию о геометрии крыла, пользователю показываются базовые профили, на основе которых формируется поверхность крыла. Выбрав один из этих профилей, разработчик может проанализировать геометрию и кривизну поверхности профиля, затем выполнить необходимую модификацию геометрии профиля и сохранить результат работы в отдельный файл или заменить один из базовых профилей в файле геометрии крыла.

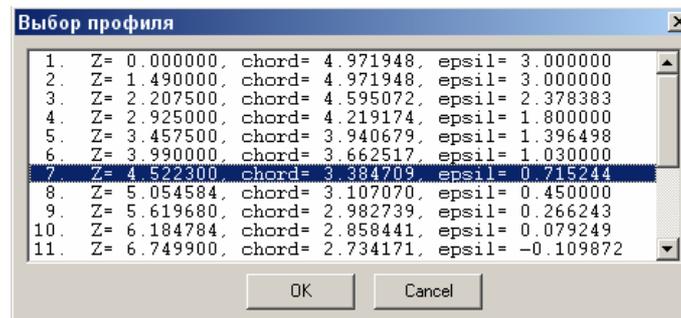


Рис. 3. Выбор профиля из файла геометрии крыла

По дискретным величинам представленным в таблице координат поверхности профиля, программа осуществляет построение сплайновой поверхности.

Применение и использование построения сплайна позволяет выполнить переразбивку контура профиля по хорде на стандартную сетку (формат FLO-22), или координатную сетку задаваемую из файла (рис. 4).

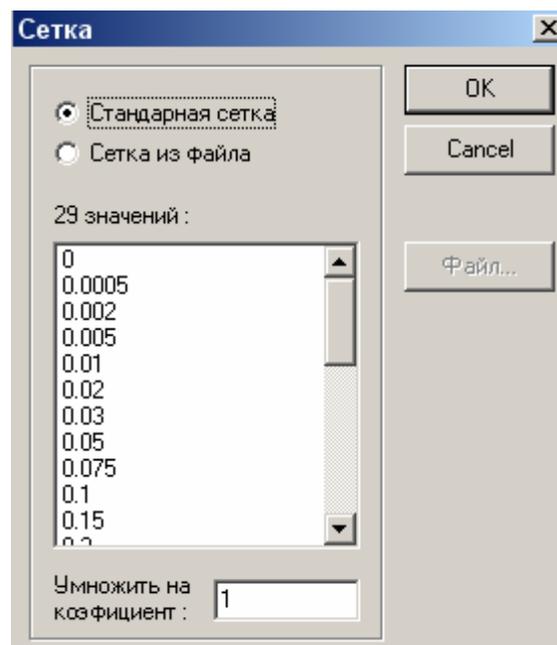


Рис. 4. Изменение координатной сетки профиля

Основные геометрические характеристики профиля используемые разработчиком для анализа геометрии профиля представляются в информационном окне (рис.5), где отображены: хорда (B), крутка (Phi), относительная толщина (\bar{C}), положение относительной толщины по хорде (XC), максимальная (Ymax) и минимальная ордината (Ymin).

Для более глубокого анализа геометрии профиля предусмотрена возможность сохранения профиля в формате «*.txt» при этом в текстовом виде сохраняются таблицы координат, величины первой и второй производной и значения кривизны поверхности профиля.



Рис. 5. Геометрические характеристики профиля

Модификация геометрии атласного профиля PII-10

Модификация геометрии атласного профиля была выполнена с целью улучшения его основных аэродинамических характеристик.

Проведение модификации геометрии профиля, т.е. сглаживание поверхности профиля и обеспечение плавности изменения кривизны поверхности, позволило добиться увеличения аэродинамического качества профиля. Расчетные значения аэродинамического качества исходного и модифицированного профиля были получены по программе VISTRAN (рис. 6).

Необходимость модификации атласных профилей обусловлена малой точностью описания геометрии профиля. Если раньше считалось возможным описание геометрии профиля с точностью до 0.001 % на хорде 100 % с количеством точек от 20 до 33, то сейчас, в связи с использованием CAD систем и станков с ЧПУ, необходимо описывать геометрию профиля с точностью до 0.000001 % на хорде 100 % и с количеством точек от 50 до 100.

Только используя профили с повышенными требованиями к геометрии можно получить наиболее совершенную аэродинамическую компоновку крыла летательного аппарата.

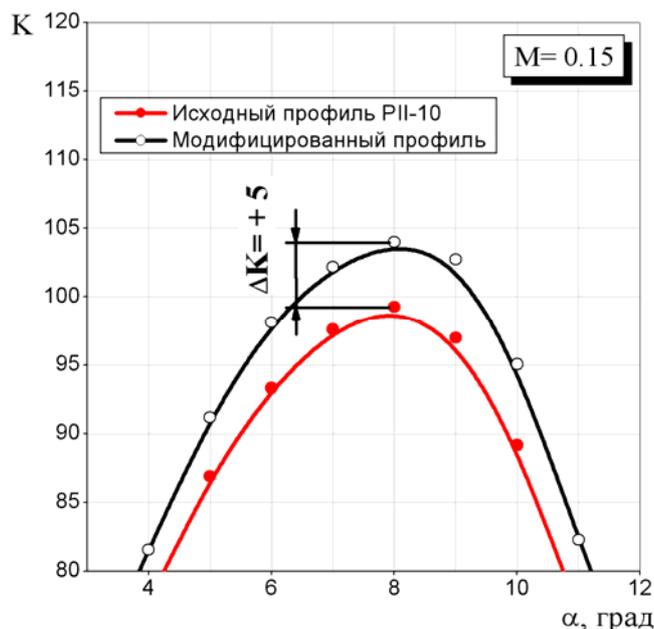


Рис. 6. Зависимость $K(\alpha)$. Профиль PII-10

Выводы

Применение вычислительной техники для модификации геометрии и расчета аэродинамических характеристик профиля сняло все ограничения ранее накладываемые на модификацию геометрии профиля в процессе проектирования аэродинамической компоновки крыла летательного аппарата.

В программе модификации геометрии профиля реализовано визуальное представление кривизны поверхности профиля.

Модификация геометрии профиля путем перемещения точек контура профиля позволяет осуществлять как глобальную модификацию профиля, так и локальную - не изменяя характер поверхности профиля.

Дальнейшее развитие программы модификации геометрии должно основываться на разработке и использовании новых методов модификации геометрии профиля, таких как: использование управляющих функций или функций изменения параметров профиля.

Список литературы

1. Кравец А.С.. Характеристики авиационных профилей. // Москва, 1939.
2. Диманчев Г.. Каталог профилей. // Москва, 1990.
3. Бадягин А.А.. Проектирование легких самолетов. // М.: Машиностроение, 1978.
4. Кюхеман Д.. Аэродинамическое проектирование самолетов. // Москва, 1983.

Проектирование срезных болтовых соединений элементов самолетных конструкций из титанового сплава ВТ6 с учетом усталостной долговечности

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

В самолетостроении увеличение ресурса проектируемых самолетов должно достигаться неуклонным снижением массы конструкции планера, которая теперь составляет 26...28% от взлетной массы самолета. Основными направлениями обеспечения требуемого ресурса и снижения массы конструкции планера являются: применение крупногабаритных полуфабрикатов с высоким сопротивлением усталости материалов, использование высокоресурсных соединений с высокой массовой эффективностью и разработка технологии создания этих конструкций, обеспечивающей сохранение или минимальное снижение служебных свойств исходных материалов. Применение титановых сплавов в конструкции планера позволяет успешно решать задачи проектирования высокоресурсных соединений минимальной массы [1]. По удельной усталостной прочности титановые сплавы превосходят другие конструкционные материалы, поэтому замена алюминиевых сплавов и сталей титановыми сплавами позволяет значительно повысить удельную усталостную прочность элементов конструкции планера. Прогнозируется [2], что к 2010 году титановые сплавы будут составлять 10% от массы планера.

В настоящее время и в будущем для изготовления конструкций из титановых сплавов все больше используются такие перспективные методы, как порошковая металлургия, сверхпластическое формование, диффузионная сварка, литье, изотермическая штамповка, горячее изостатическое прессование, электронно – лучевая сварка и т. п., которые также дают возможность снизить отходы производства и массу конструкции, повысить характеристики статической и усталостной прочности. Однако механические болтовые и заклепочные соединения, применяемые при сборке узлов и агрегатов самолетных конструкций, остаются опасными зонами с точки зрения обеспечения заданного ресурса летательного аппарата.

Целью данной статьи является разработка методики проектирования срезных болтовых соединений из сплава ВТ6 с учетом усталостной долговечности (рис.1).

Предполагается, что модели поверхности самолета и распределения пространства самолета уже созданы [3]. Необходимо определить конструкцию срезных соединений, имеющих заданную усталостную долговечность и минимальную массу.

Процесс проектирования срезных болтовых соединений самолетных конструкций носит итерационный характер. На первой стадии эскизного проектирования из конструкции планера самолета выделяют зоны соединений силового набора (лонжеронов, стрингеров, обшивок, панелей), усталостная долговечность которых определяет ресурс всей конструкции планера.

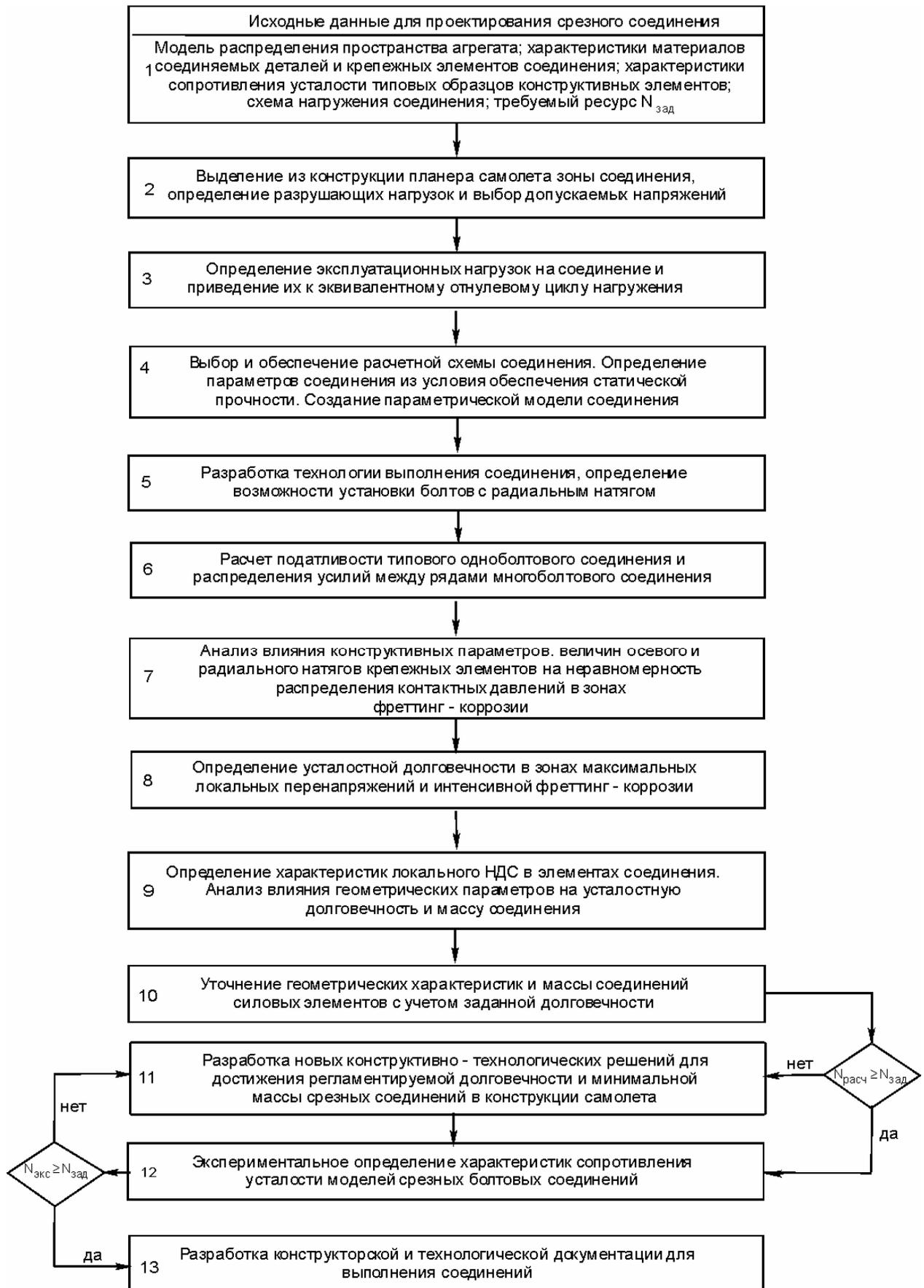


Рис. 1. Методика проектирования срезных болтовых соединений из сплава ВТ6

Для расчета статической прочности задаются максимальные, эксплуатационная и расчетная нагрузки [6], действующие на конструкцию. Выбор геометрических параметров соединения проводят из условий проектирования равнопрочных соединений [4,5].

Как правило, срезные соединения, проектируемые по условиям статической прочности и минимальной массы, имеют недостаточно высокие усталостные характеристики, которые не позволяют получить ресурс самолета 80000...90000 летных часов. Для достижения заданных показателей ресурса необходимо рассмотреть особенности работы срезных соединений в условиях циклических эксплуатационных нагрузок. Существующие методы регламентирования прочности летательных аппаратов позволяют определить несущую способность в регулярных зонах конструкции на основе базовых кривых выносливости для данного конструкционного материала и величины требуемого ресурса с учетом необходимого коэффициента надежности. При детерминистическом подходе считается, что конструкция будет безопасной, если она спроектирована на расчетный спектр нагрузок, который соответствует эксплуатационному спектру.

Проектирование срезных соединений ведут по заданным характеристикам усталостной долговечности в зонах вероятного усталостного разрушения: по оси отверстия, в местах изменения геометрических параметров соединения и зонах действия интенсивной фреттинг-коррозии.

Усталостная долговечность срезного болтового соединения $N_{сбс}$ должна быть большей или равной усталостной долговечности продольного соединения обшивки со стрингером или с лонжероном $N_{пс}$: $N_{сбс} \geq N_{пс}$.

Для этого разработана параметрическая модель соединения, позволяющая по заданным характеристикам усталостной долговечности вычислять предельные напряжения в расчетных сечениях $\sigma_{\max i\delta}$ или, решая обратную задачу, по заданным геометрическим параметрам соединения и расчетным нагрузкам определять усталостную долговечность в зонах вероятного усталостного разрушения (рис. 2).

На рис. 3 показаны расчетные схемы для одно - и двухсрезного соединения. Соединяемые листы рассматривают как балки, работающие на растяжение и изгиб. Болты представлены, как балки на упругом основании [8].

Проведенные исследования показали [9, 10], что в связи с особенностями фрикционных свойств титановых сплавов при проектировании срезных соединений необходимо учитывать технологические ограничения по толщинам соединяемых пакетов, диаметра и материала болтов, величине радиального натяга. Поэтому после выбора геометрических параметров проектируемого соединения из титанового сплава необходимо указать метод установки болта в пакет и определить требуемое усилие для установки по методике, приведенной в работе [11]. Вычисленное значение усилия установки болта должно быть $P \leq 0,8 P_T$, где P_T - значение усилия установки болта, при котором в теле болта возникают напряжения текучести σ_T .

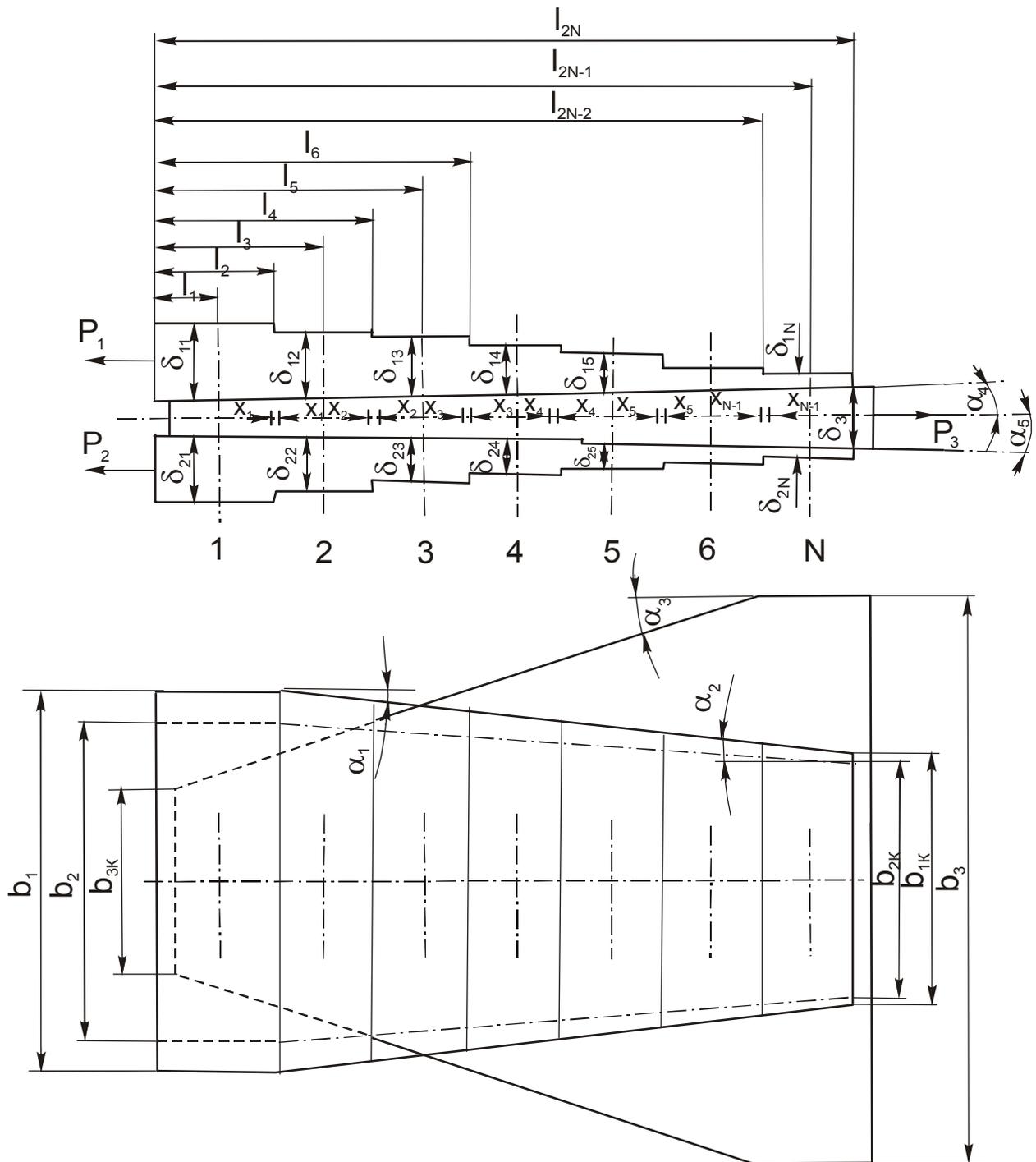


Рис. 2. Параметрическая модель срезных болтовых соединений

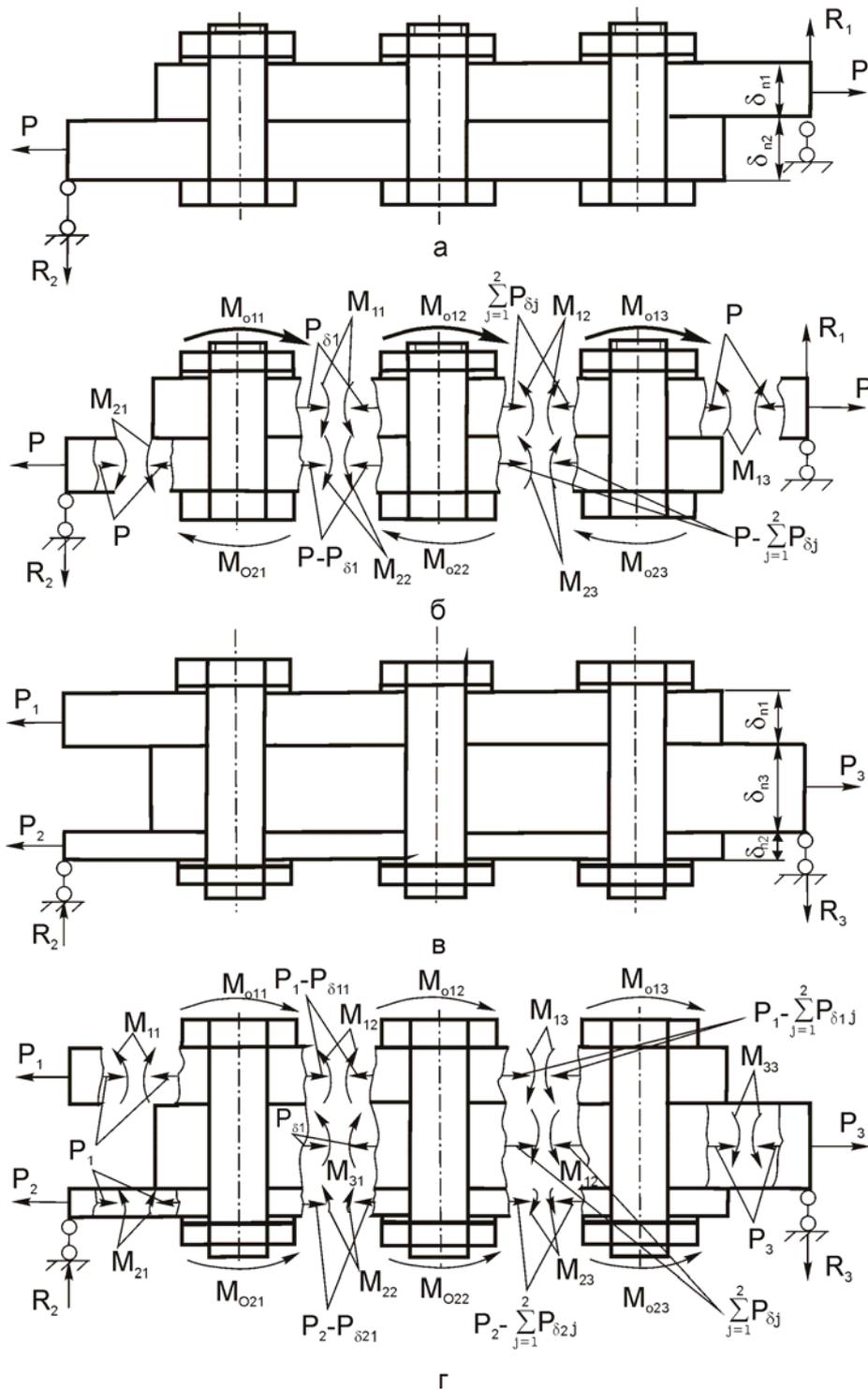


Рис. 3. Расчетные схемы для одно - и двухсрезного соединения:
 а, б – односрезное соединение; в, г – двухсрезное соединение

Определение распределения усилий между болтами в срезном многорядном соединении из сплава ВТ6 выполняется по методике, приведенной в работе [12]. Предложенная методика позволяет исследовать влияние

геометрических параметров соединения, диаметра болтов, осевой затяжки и радиального натяга на распределение усилий между болтами. Распределение усилий существенно зависит от контактной податливости сопряжения болта и отверстия. Податливость сопряжения «болт - отверстие» определяют по методике, приведенной в работе [12].

После определения нагрузок, передаваемых болтами срезного соединения, анализируют влияние конструктивных параметров, величины радиального натяга и осевой затяжки болтов на неравномерность распределения контактных давлений в вероятных зонах фреттинг-коррозии [8]. Так как процесс проектирования срезных соединений носит итеративный характер, правильно выбранные геометрические параметры соединения, величины радиального натяга и затяжки болтов, обеспечивающие минимально возможные значения коэффициентов неравномерности контактных давлений по толщине соединяемых элементов, под гайкой и головкой болта, значительно облегчают и ускоряют процесс проектирования соединений.

На этапе эскизного проектирования расчет усталостной долговечности соединений при их разрушении в сечении по оси отверстия выполняют по методике [13], согласно которой напряженное состояние анализируемой зоны конструкции приводится к эквивалентному по повреждаемости напряженному состоянию в пластине с отверстием, заполненным крепежным элементом, ненагруженным на срез.

С учетом неравномерности распределения нормальной погонной контактной нагрузки по длине болта формула для вычисления приведенных напряжений в пластине срезного болтового соединения имеет вид

$$\sigma^* = K_{CM} \frac{K_{\theta i}}{K_{\theta b}} \sigma_{CM} + \sigma_L + K_i \sigma_i, \quad (1)$$

где σ^* - номинальные напряжения смятия в пластине с незагруженным отверстием, заполненным крепежным элементом, установленным по той же технологии, что и в проектируемом соединении;

$\sigma_{CM}, \sigma_L, \sigma_i$ - номинальные напряжения в рассматриваемом сечении, вызванные действием нагрузок: передаваемой крепежным элементом, проходящей по листу и изгибающим моментом соответственно.

При расчете усталостной долговечности соединения при отнулевом цикле нагружения номинальные напряжения равны максимальным напряжениям отнулевого цикла: $\sigma_i = \sigma_{i, \text{брmax0}}, \sigma_L = \sigma_{L, \text{брmax0}}, \sigma_{CM} = \sigma_{CM, \text{max0}}$.

Приведенные напряжения $\sigma^* = \sigma_{\text{брmax0}}$ - это максимальные напряжения при отнулевом цикле нагружения в пластине с отверстием, которые связаны с усталостной долговечностью формулой [16]: $\sigma_{\text{брmax0}} = A_1 N^{\zeta_1}$. Коэффициент K_{CM} определяется для пластины одноболтового соединения и связан с усталостной долговечностью формулой $k_{CM} = A_2 N^{\zeta_2}$.

Коэффициент K_i зависит от толщин деталей, усталостной долговечности соединения и определяется формулой $\sigma_i = A_3 N^{\zeta_3}$. Изгибные напряжения находим по методике, приведенной в работе [17].

$K_{\theta i}, K_{\theta b}$ - коэффициенты неравномерности нормальной погонной контактной нагрузки по толщине пластины проектируемого соединения и пластины образца,

для которого получены базовые кривые усталостной долговечности. С учетом этого формула (1) примет вид

$$A_1 N^{\zeta_1} = A_2 N^{\zeta_2} \frac{K_{\theta i}}{K_{\theta b}} \sigma_{\text{см max0}} + \sigma_{\text{л бр max0}} + A_3 N^{\zeta_3} \sigma_{\text{и. бр max0}} \quad (2)$$

Значения коэффициентов A_1 , A_2 и показателей степени ζ_1 , ζ_2 определены по результатам усталостных испытаний полос с отверстиями и срезных соединений из титанового сплава ВТ6, приведенных в работах [14, 15]. В таблице представлены параметры кривых усталости для полос с отверстиями и двухсрезных соединений при различных вариантах установки болта $\varnothing 10$ мм в отверстие. Кроме того, здесь указаны величины радиального натяга $\bar{\Psi}$, момента осевой затяжки болта M_3 и контактных давлений $\sigma_{\hat{e}}$, возникающих под гайкой и головкой болта после затяжки.

Параметры кривых усталости полос с отверстиями и двухсрезных соединений

Вариант установки болта в отверстие	Полоса с отверстием			Двухсрезное соединение			
	A_1	ζ_1	$\sigma_{\text{бр max0}}$	A_2	ζ_2	$K_{\text{см}}$	$\sigma_{\text{бр max0}}$
$\bar{\Psi} = 0; M_3 = 0; \sigma_k = 0$	1207	-0,1364	$1207N^{-0,1364}$	0,18	0,2294	$0,18N^{0,2294}$	$6714N^{-0,3658}$
$\bar{\Psi} = 0,7-1,1\%d_b; M_3 = 20 \text{ Н}\cdot\text{м}; \sigma_k = 45 \text{ МПа}$	3664	-0,1974	$3664N^{-0,1974}$	1,233	0,0174	$1,233N^{0,174}$	$2972N^{-0,2148}$
$\bar{\Psi} = 0; M_3 = 20 \text{ Н}\cdot\text{м}; \sigma_k = 45 \text{ МПа}$	4024	-0,2212	$4024N^{-0,2212}$	3,645	-0,081	$3,645N^{-0,081}$	$1104N^{-0,1406}$

На этапе эскизного проектирования срезных соединений расчет усталостной долговечности пластин при заданном цикле нагружения целесообразно провести в зонах их вероятного разрушения от фреттинг-коррозии под гайкой или головкой болта по формулам, полученным после обработки результатов усталостных испытаний гладких образцов в условиях фреттинг-коррозии [16]

$$\sigma_{\text{max0ф}} = \sigma_{\text{max0}} - \Delta\sigma_{\text{max0ф}}, \quad (3)$$

где σ_{max0} - максимальные напряжения гладкой полосы из сплава ВТ6 без фреттинг-коррозии $\sigma_{\text{max0}} = 1993 N^{-0,101}$;

$\Delta\sigma_{\text{max0ф}}$ - уменьшение максимальных напряжений, действующих в гладкой полосе, вызванное фреттинг-коррозией.

$$\Delta\sigma_{\max 0\phi} = 20,8 N^{0,0524K_{\Pi}} (v_i \sigma_{кр})^{0,48} K_{ХП} K_{И}; \quad N > 2 \cdot 10^5, \sigma_{к} \leq 78 \text{ МПа};$$

$$\Delta\sigma_{\max 0\phi} = 2594 N^{0,0481K_{\Pi}} (v_i \sigma_{кр})^{-0,6176} K_{ХП} K_{И}; \quad N > 2 \cdot 10^5, \sigma_{к} > 78 \text{ МПа}.$$

Для конструктивных элементов пластин срезных соединений из титанового сплава ВТ6, нагруженных растяжением с изгибом, формула (3) имеет вид

$$\sigma_{\max 0\phi} = 1993 N^{-0,101} - 20,8 N^{0,0524K_{\Pi}} (\sigma_{к \text{ равн}} v_i)^{0,48} K_{ХП} K_{И}; \quad \sigma_{к \text{ равн}} \cdot v_i \leq 78 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\max 0\phi} = 1993 N^{-0,101} - 2594 N^{0,0481K_{\Pi}} (\sigma_{к \text{ равн}} v_i)^{-0,6176} K_{ХП} K_{И}; \quad \sigma_{к \text{ равн}} \cdot v_i > 78 \text{ МПа}, \quad (4)$$

где K_{Π} – коэффициент, учитывающий влияние сочетания материалов в контактной паре ($K_{\Pi} = 1$; $K_{\Pi} = 0,92$; $K_{\Pi} = 1,14$ соответственно для пар ВТ6 + ВТ6; ВТ6 + Д16АТ; ВТ6+ВТ3 –1);

$K_{ХП}$ – коэффициент, учитывающий влияние радиального натяга, $K_{ХП} = 0,94$ для соединений с радиальным натягом; $K_{ХП} = 1$ – для гладких конструктивных элементов;

$K_{И}$ – коэффициент, учитывающий влияние изгиба;

$\sigma_{к \text{ равн}}$ – равномерное распределение контактных давлений под гайкой и головкой болта, возникающих от усилия затяжки;

v_i – коэффициент неравномерности контактных давлений под гайкой или под головкой болта, учитывающий влияние конструктивно-технологических параметров соединения.

Для односрезных соединений $K_{И} = 1,13$. Определение массы соединения проводим по формуле

$$m_c = m_{л} + m_{б} - m_{о},$$

где $m_{л}$, $m_{б}$, $m_{о}$ – соответственно массы листов, крепежных элементов и высверленных участков листов.

После проведения анализа влияния геометрических параметров на усталостную долговечность и массу соединения, используя параметрическую модель соединения (см. рис. 2), уточняем геометрические характеристики и массу срезного соединения, проектируемого на заданную долговечность.

В качестве примера для определения усталостной долговечности рассмотрим односрезное соединение, показанное на рис. 4.

Из условий статической прочности выбраны геометрические параметры соединения из титанового сплава ВТ6: количество болтов – n , диаметр болтов – d , шаг – t , δn_1 , δn_2 – толщина соединяемых элементов и B_1 , B_2 – ширина. Назначены величины радиального натяга и затяжка болтов. По методике, приведенной в работе [12], определено распределение усилий между болтами. По формуле (2) определены минимальные значения усталостной долговечности верхнего соединяемого элемента в зоне первого болта для двух вариантов его установки.

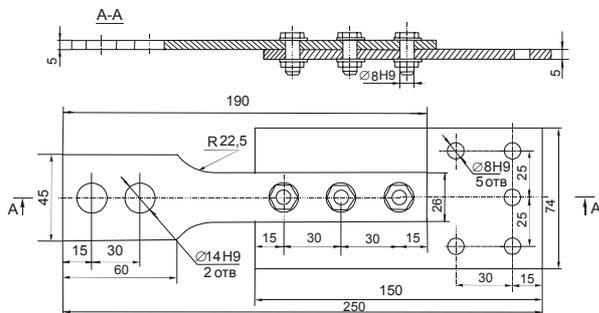


Рис. 4. Образец для исследования усталостной долговечности односрезных болтовых соединений из сплава ВТ6:

$$\delta_{n1} = \delta_{n2} = 5\text{ мм}; B_1 = 26\text{ мм}; B_2 = 74\text{ мм}; t = 30\text{ мм}; d = 8\text{ мм}$$

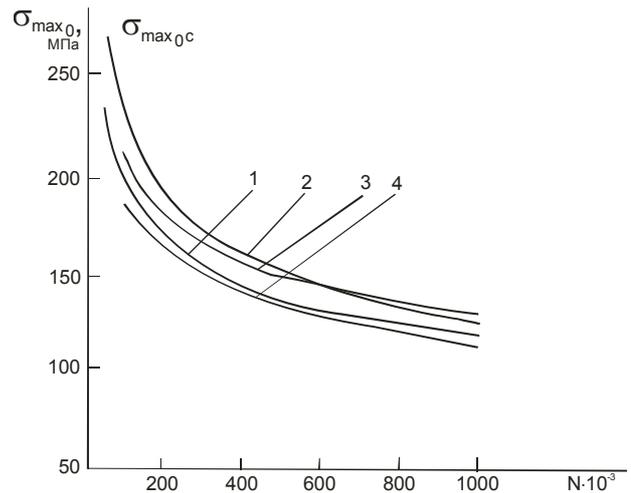


Рис. 5. Кривые усталости образцов односрезных соединений, построенные по результатам испытаний и путем расчета.

Экспериментальные кривые:

1 - $\bar{\Psi} = 0; M_3 = 10\text{ Н}\cdot\text{м}; \sigma_{\max 0} = 3144,6\text{ Н}^{-0,2407};$

2 - $\bar{\Psi} = 1,5 - 1,8\% d; M_3 = 10\text{ Н}\cdot\text{м}; \sigma_{\max 0} = 4284\text{ Н}^{-0,2557}.$ Рассчитанные кривые:

3 - $\bar{\Psi} = 0,7 - 1,1\% d; M_3 = 10\text{ Н}\cdot\text{м};$

4 - $\bar{\Psi} = 0; M_3 = 10\text{ Н}\cdot\text{м};$

На рис. 5 показаны кривые усталости образцов односрезных соединений. По рекомендациям, данным в работе [13], принято, что значения в зоне первого болта для верхнего элемента $K_{II} = 0,5$ и $\sigma_{л} = \sigma_{и}$. С учетом этого и значений коэффициентов A_1, A_2 , а также показателей степени ξ_1, ξ_2 , приведенных в таблице, формула будет иметь вид

$$3664\text{ Н}^{-0,1974} = [(1,233\text{ Н}^{0,0174} - 1)\bar{P}_1 + 1,5] \sigma_{\max 0 C}; \bar{\Psi} = 1,5 - 1,8\% d; M_3 = 10\text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$4024\text{ Н}^{-0,2212} = [(3,645\text{ Н}^{-0,081} - 1)\bar{P}_1 + 1,5] \sigma_{\max 0 C}; \bar{\Psi} = 0; M_3 = 10\text{ Н}\cdot\text{м},$$

где $\bar{P}_1 = P_1/P$ - часть внешней нагрузки на соединение P , передаваемая первым болтом; $\sigma_{\max 0 C}$ - расчетные максимальные приведенные напряжения отнулевого цикла, обеспечивающие заданную долговечность N .

Определив величину $\sigma_{\max 0 C}$, получим геометрические размеры первого листа в сечении по первому болту.

Из рис. 5 видно удовлетворительное совпадение экспериментальных и расчетных кривых усталости для односрезного соединения, показанного на рис. 4.

Расчет усталостной долговечности в зоне второго болта показал, что она более чем в 100 раз выше, чем в зоне первого болта. Поэтому при проектировании соединений, имеющих минимальную массу при заданной усталостной долговечности, необходимо учитывать особенности передачи нагрузки по рядам соединения. Целесообразно выбирать параметры соединения таким образом, чтобы приведенные напряжения в сечениях соединяемых листов по рядам болтов имели более близкие значения. Для этого применяют разгрузку крайнего ряда болтов, уменьшение диаметра болтов крайнего ряда, рациональный выбор величины радиального натяга, упрочнение отверстий и применение переходных посадок болтов.

В целях уменьшения массы соединяемые листы выполняют ступенчатыми и со скосом (см. рис. 2). Параметры ступенек и углы скоса выбирают из условий обеспечения уровня заданной долговечности в сечениях по всем болтам. При этом длину соединения необходимо выбирать как можно меньшей, используя минимально возможное количество рядов болтов.

Использование технологических методов повышения усталостной долговечности соединений, таких, как поверхностное упрочнение, применение покрытий шайб алюминием в соединениях из титанового сплава ВТ6 также способствуют обеспечению заданной долговечности соединений при их минимальной массе.

Выводы

1. Предложенная методика проектирования срезных болтовых соединений из титанового сплава ВТ6 с учетом усталостной долговечности дают возможность выбрать геометрические параметры срезного болтового соединения заданной усталостной долговечности и минимальной массы.
2. Методика позволяет учесть влияние технологических методов повышения усталостной долговечности соединений при их проектировании.

Список литературы

1. Эффективность применения титана и его сплавов в авиастроении /Братухин А. Г., Муравьев В. И., Долотов В. И. и др. //Авиационная промышленность. - 1997. - №3 – 4. - С. 3 – 9.
2. Современные технологии авиастроения /Кол. авторов; Под ред. А. Г. Братухина., Ю. Г. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
3. Гребеников А. Г. Методология интегрированного проектирования сборных самолетных конструкций регламентируемой долговечности //Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2003. - Вып. 23. С. 191 – 200.
4. Проектирование конструкций самолетов /Е. С. Войт, А. И. Ендогур, 3. А. Мелик-Саркисян, И. М. Авлядин. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.
5. Гиммельфорб А. Л. Основы конструирования в самолетостроении. - М.: Машиностроение, 1980. - 367 с.

6. Справочная книга по расчету самолета на прочность /М. Ф. Астахов, А. В. Караваев, С. Я. Макаров, Я. Я. Суздальцев. – М.: Оборонгиз, 1954. – 377 с.
7. Методы регламентирования прочности летательных аппаратов //Обзоры ЦАГИ. – М. 1982. - №609. – 108 с.
8. Клименко В. Н. Метод определения влияния конструктивно – технологических параметров односрезного соединения на распределение контактных давлений в зоне сопряжения его элементов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 33. – С. 178 – 205.
9. Клименко В. Н., Гребеников А. Г. Экспериментальное исследование особенностей установки болтов с радиальным натягом в отверстия в деталях из титанового сплава // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2005. – Вып. 26. – С. 62 – 72.
10. Гребеников А. Г., Клименко В. Н. Определение возможности выполнения соединений из титанового сплава ВТ6 в зависимости от диаметра, материала болта, величины радиального натяга и толщины соединяемого пакета // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2005. – Вып. 28. – С. 76 – 84.
11. Клименко В. Н. Методика определения усилий, необходимых для установки болтов с радиальным натягом в пакет из титанового сплава // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2005. – Вып. 27. – С. 78 – 94.
12. Гребеников А. Г., Клименко В. Н., Ефремов А. Ю. Анализ влияния осевого и радиального натягов на податливость одноболтового односрезного соединения и распределение усилия между рядами многоболтового соединения из сплава ВТ6 // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 32. – С. 55 – 64.
13. Стебенев В. Н. Методика оценки сопротивления усталости соединений //Сопротивление усталости элементов авиаконструкций. – М.: ЦАГИ. – 1981. – Вып. 2117. - С. 42 – 54.
14. Гребеников А. Г., Клименко В. Н. Сопротивление усталости полосы с отверстием из титанового сплава ВТ6 в условиях фреттинг-коррозии //Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 30. – С. 80 – 89.
15. Гребеников А. Г., Клименко В. Н. Исследование влияния затяжки и радиального натяга болтов, поверхностного упрочнения на выносливость срезных соединений из сплава ВТ6 //Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 31. – С. 41 – 54
16. Гребеников А. Г., Клименко В. Н. Методика определения влияния фреттинг-коррозии на усталостную долговечность гладких конструктивных элементов из титанового сплава ВТ6 // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2005. – Вып. 29. – С. 57 – 68.
17. Гребеников А. Г., Трубаев С. В. Оценка изгибных напряжений в накладках односрезного соединения //Вопросы механики деформируемого твердого тела. – Х.: Харьк. авиац. ин –т, 1982. - Вып. 3. – С. 78 – 85.

Определение экономической эффективности внедрения разработки пневмоимпульсного устройства дорнования

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

Существующие методики определения экономической эффективности внедрения изделий новой техники [1, 2] не всегда позволяют обнаружить наличие экономического эффекта от внедрения наукоемких технологий. Это обусловлено неадекватностью поэлементного расчета себестоимости при наличии затрат на научно-исследовательские (НИР) и опытно-конструкторские (ОКР) работы.

Для определения экономической эффективности разработки и внедрения технологии и оснащения пневмоимпульсного дорнования отверстий в авиационных конструкциях использован комплексный показатель эффективности (КПЭ) технологического процесса [3-6]. КПЭ показал свою адекватность в функционально-стоимостном анализе (ФСА).

Была использована сравнительная эффективность E пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) (внедряемое оснащение) по отношению к магнитно-импульсной установке дорнования (МИУ-П1) (базовое оснащение), которое отождествляют с отношением КПЭ этого оснащения:

$$E = \frac{e_{\text{пид}} - e_{\text{миу}}}{C_{\text{пид}} - C_{\text{миу}}} = \frac{Q_{\text{пид}}}{Q_{\text{миу}}},$$

где $e_{\text{пид}}$ и $e_{\text{миу}}$ – экономические эффекты, обеспечиваемые внедряемым и базовым оснащениями;

$C_{\text{пид}}$ и $C_{\text{миу}}$ – издержки, характеризующие внедряемое и базовое оснащения;

$Q_{\text{пид}}$ и $Q_{\text{миу}}$ – комплексные показатели эффективности, характеризующие внедряемое и базовое оснащения.

КПЭ построен на основе экспертной оценки различных частных критериев предпочтительности с помощью «методики расстановки приоритетов». КПЭ Q_i для i -го варианта технологии определяли по относительному приоритету i -го варианта по r -му критерию оценки, относительному приоритету r -го критерия оценки и количеству критериев оценки.

Для определения численных значений КПЭ составлен список критериев оценки сравниваемого оснащения технологического процесса дорнования (табл. 1).

На основании анализа литературных данных произведено ранжирование критериев оценки эффективности сравниваемого оснащения, исходя из условия использования этого оснащения при стапельной сборке. Результаты ранжирования критериев сведены в табл. 2.

На основании табл. 2 построена матрица значимости (табл. 3).

Относительный приоритет каждого критерия определен по следующей формуле:

$$\beta_r = \frac{\beta_{a(r)}}{\sum_{r=1}^m \beta_{a(r)}}$$

где $\beta_{a(r)}$ – абсолютный приоритет r -го критерия, определяемый как следующее произведение матриц:

$$\beta_{a(r)} = \bar{A} \cdot \bar{B},$$

причем $\bar{A} = |K_{1(r)}, K_{2(r)}, \dots, K_{m(r)}|$ – i -я матрица-строка коэффициентов предпочтительности в матрице значимости критериев;

$$\bar{B} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^m a_{1j} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^m a_{mj} \end{pmatrix} \quad \text{– матрица-столбец сумм коэффициентов предпочтительности по строкам матрицы значимости критериев.}$$

Относительные предпочтительности технологий $P_{i(r)}$, вычисляются аналогично определению значимости критериев с той разницей, что объектами сравнения становятся варианты технологий, как это показано в табл. 4, в которой принято $m_{кр} = 2$ (ПИУД-90 и МИУ-П1). Здесь $P_{ai(r)}$ абсолютный приоритет.

Таблица 1 – Критерии оценки при внедрении ПИУД-90 взамен МИУ-П1

Критерий	Обозначение
Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше	K_1
Сложность конструкции устройства дорнования. Чем меньше сложность, тем лучше	K_2
Вредные условия труда (влияние магнитного поля). Чем благоприятнее условия труда, тем лучше	K_3
Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за один удар). Чем меньше стоимость, тем лучше	K_4
Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше	K_5
Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше	K_6
Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше	K_7

Коэффициенты b_{ij} , подставляемые в узлы пересечений строк и столбцов X_1 и X_2 , установлены из следующих соображений.

По критерию K_1 – «Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. по нормативам трудоемкость составляет: $T = 6$ с – для ПИУД-90 [7], в то время когда для

МИУ-П1 она равна $T = 12$ с.

По критерию K_2 – «Сложность конструкции устройства дорнования. Чем меньше сложность, тем лучше» незначительное предпочтение отдано МИУ-П1. ПИУД-90 состоит из большого количества деталей, а вот конструкция МИУ-П1 довольно проста, но привод (генератор импульсного тока) значительно ее усложняет.

По критерию K_3 – «Вредные условия труда (влияние магнитного поля). Чем благоприятнее условия труда, тем лучше» предпочтение однозначно отдано ПИУД-90, т.к. наличие токов высокого напряжения в МИУ-П1 является небезопасным в условиях проведения сборочных работ, а также такая установка требует надежного экранирования ручного инструмента для исключения воздействия на исполнителя магнитного поля.

Таблица 2 – Ранжирование критериев оценки ПИУД-90 и МИУ-П1

№ ранга	Обозначение	Семантика критерия
1	K_6	Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий
2	K_7	Стоимость оборудования
3	K_1	Трудоемкость технологии (на одно отверстие)
4	K_5	Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии
5	K_3	Вредные условия труда (влияние магнитного поля)
6	K_4	Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за один удар)
7	K_2	Сложность конструкции устройства дорнования

Таблица 3 – Матрица значимости критериев оценки

i	j							$\sum_{j=1}^7 a_{ij}$	$\beta_{a(r)}$	β_r
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7			
K_1	1	1	1	1	1	0	0	5	15	0,1786
K_2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0,0119
K_3	0	1	1	1	0	0	0	3	6	0,0714
K_4	0	1	0	1	0	0	0	2	3	0,0357
K_5	0	1	1	1	1	0	0	4	10	0,1190
K_6	1	1	1	1	1	1	1	7	28	0,3333
K_7	1	1	1	1	1	0	1	6	21	0,2500

По критерию K_4 – «Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за один удар). Чем меньше расход, тем лучше» на основании проведенных расчетов, приведенных ниже, можно отдать предпочтение ПИУД-90, т. к. в этом случае затраты на одно отверстие за один удар составят 0,0009 грн., т.е. меньше чем для МИУ-П1 – 0,00116 грн.

Для ПИУД-90 затраты на сжатый воздух на одно отверстие за один удар со-

ставят:

$$C_{сж.в} = H_{ч} \cdot t \cdot K_{ном} \cdot Ц_{нос},$$

где $C_{сж.в}$ – затраты на сжатый воздух, грн.;

$H_{ч}$ – потребление сжатого воздуха, м³/ч;

$$H_{ч} = 600 \text{ отв./ч} \times 0,002 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

t – время использования энергоносителя, ч.

$K_{ном}$ – коэффициент, который учитывает потери в трубопроводах, который для сжатого воздуха приблизительно равен $K_{ном} = 1,5$;

$Ц_{нос}$ – стоимость 1 м³ энергоносителя, грн./м³, $Ц_{нос} = 0,3$ грн./м³;

$$C_{сж.в} = 1,2 \cdot \frac{6}{3600} \cdot 1,5 \cdot 0,3 = 0,0009 \text{ (грн.)}$$

Таблица 4 – Сводная таблица матриц предпочтительности сравниваемых вариантов оснащения – ПИУД-90 (X₁) и МИУ-П1 (X₂)

Кри- те- рий	i	j		$\sum_{j=1}^2 b_{ij}$	$P_{ai(r)} =$ $= (b_{ij})_r \cdot \left \sum_{j=1}^2 b_{ij} \right $	$\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}$	$P_i(r) =$ $= \frac{P_{ai(r)}}{\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}}$	b _r
		X ₁	X ₂					
K ₁	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,178
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	
K ₂	X ₁	0,9	1	1,9	3,81	8,02	0,475	0,012
	X ₂	1	1,1	2,1	4,21		0,525	
K ₃	X ₁	1	1,8	2,8	4,96	6,72	0,738	0,0714
	X ₂	0,2	1	1,2	1,76		0,262	
K ₄	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,0357
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	
K ₅	X ₁	1	1,3	2,3	4,51	7,82	0,577	0,119
	X ₂	0,7	1	1,7	3,31		0,423	
K ₆	X ₁	1	1	2	4,00	8	0,5	0,333
	X ₂	1	1	2	4,00		0,5	
K ₇	X ₁	1	1,3	2,3	4,51	7,82	0,577	0,25
	X ₂	0,7	1	1,7	3,31		0,423	

Для МИУ-П1 затраты на электроэнергию на одно отверстие за один удар составят:

$$C_{эн} = Ц_{эн}^{yд} \cdot t,$$

где $C_{эн}$ – затраты на электроэнергию, грн.;

$Ц_{эн}^{yд}$ – удельная стоимость затрат энергии, грн./ч;

t – время, затраченное на операцию дорнования, ч; $t = 6$ с.

$$Ц_{эн}^{yд} = Ц_{эн} \cdot N,$$

где N – установленная мощность устройства, которое используется в данной операции, кВт, $N = 5$ кВт;

$C_{эн}$ – стоимость электроэнергии (тариф), грн./кВт·ч,

$C_{эн} = 0,14$ грн./кВт·ч;

$$C_{эн}^{уд} = 5 \cdot 0,14 = 0,7 \text{ грн./ч}$$

$$C_{эн} = 0,7 \cdot \frac{6}{3600} = 0,00116 \text{ (грн.)}$$

По критерию K_5 – «Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90. Применяемое для дорнования устройство ПИУД-90 имеет габаритные размеры 570×260×77 мм, а привод (ресивер) – 90×90×300 мм, массы соответственно не более 4,0 кг и 1,0 кг. В то время когда МИУ-П1 имеет следующие габаритные размеры 110×265×110 мм (устройство) и привод – 670×760×950 мм, с массами – 3,6...4,2 кг и 525 кг соответственно. Массы устройств отличаются не существенно, а вот привод у МИУ-П1 довольно тяжелый и громоздкий, по этому преимущество имеет ПИУД-90.

По критерию K_6 – «Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше» считаем, что качество в обоих случаях одинаково, т.к. отсутствуют данные по качеству отверстий, дорнованных ПИУД-90, а прочностные и усталостные характеристики отсутствуют для обоих методов.

Альтернативы будут уточнены после проведения соответствующих экспериментов.

По критерию K_7 – «Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. стоимость ПИУД-90 – 1100 \$ (примерно в 10 раз дешевле), а МИУ-П1 – 12000 \$ [7].

На основании данных табл. 5.4 определили комплексные показатели эффективности для внедряемой $Q_{муд}$ и базовой $Q_{миу}$ технологий по формуле

$$Q_i = \sum_r P_{i(r)} \cdot \beta_r$$

Для ПИУД-90:

$$Q_{муд} = 0,525 \cdot 0,178 + 0,475 \cdot 0,012 + 0,738 \cdot 0,0714 + 0,525 \cdot 0,0357 + 0,577 \cdot 0,119 + 0,5 \cdot 0,333 + 0,577 \cdot 0,25 = 0,5504.$$

Для МИУ-П1:

$$Q_{миу} = 0,475 \cdot 0,178 + 0,525 \cdot 0,012 + 0,262 \cdot 0,0714 + 0,475 \cdot 0,0357 + 0,423 \cdot 0,119 + 0,5 \cdot 0,333 + 0,423 \cdot 0,25 = 0,4496.$$

Таким образом, по наибольшему значению Q_i заключаем, что вариант дорнования ПИУД-90 предпочтительнее варианта дорнования МИУ-П1, потому что он более эффективен. При этом величина относительной эффективности составит

$$E = \frac{Q_{муд}}{Q_{миу}} = \frac{0,5504}{0,4496} = 1,23.$$

Для вычисления экономического эффекта необходимо поэлементным расчетом получить величину затрат, связанных с внедрением пневмоимпульсного устройства дорнования как более эффективного. В связи с тем, что затраты на

внедрение существенно зависят от условий хозяйствования и уровня развития конкретного производства, экономический эффект в абсолютных величинах не считали, и для оценки экономической эффективности разработки была использована относительная или сравнительная эффективность E .

Расчет сравнительной эффективности пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) по отношению к машинам для постановки болтов типа МБЗ-1,5

Аналогично проведем расчет сравнительной эффективности E пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) (внедряемое оснащение) по отношению к машинам для постановки болтов типа МБЗ-1,5 с пневмогидравлическим насосом-мультипликатором модели ПГНМ 1-250 (базовое оснащение), которое отождествляют с отношением КПЭ этого оснащения.

Для определения численных значений КПЭ составлен список критериев оценки сравниваемого оснащения технологического процесса дорнования (табл. 5).

Таблица 5 – Критерии оценки при внедрении ПИУД-90 взамен МБЗ-1,5

Критерий	Обозначение
Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше	K_1
Количество рабочих, занятых в данном процессе. Чем меньше, тем лучше	K_2
Необходимость двустороннего подхода. Если нужно, то плохо	K_3
Расход сжатого воздуха (на одно отверстие за 1 удар). Чем меньше расход, тем лучше	K_4
Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше	K_5
Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше	K_6
Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше	K_7

На основании анализа литературных данных [8, 9, и др.] произведено ранжирование критериев оценки эффективности сравниваемого оснащения, исходя из условия использования этого оснащения при стапельной сборке. Результаты ранжирования критериев сведены в табл. 6.

На основании табл. 6 построена матрица значимости (табл. 7).

Коэффициенты b_{ij} , подставляемые в узлы пересечений строк и столбцов X_1 и X_2 , установлены из следующих соображений.

По критерию K_1 – «Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. по нормативам трудоемкость составляет: $T=6$ с – для ПИУД-90 [10], в то время когда для МБЗ-1,5 она равна $T=30$ с (в пять раз больше времени тратиться на данную операцию). Это связано с тем, что для выполнения данной операции на МБЗ-1,5 необходимо каждый раз отсоединять дорн от силового агрегата, а затем снова подсоединять его. В целях сокращения вспомогательного времени используют несколько дорнов.

По критерию K_2 – «Количество рабочих, занятых в данном процессе. Чем

меньше, тем лучше» значительное преимущество отдано ПИУД-90. Т.к. в технологии МБЗ-1,5 для сокращения вспомогательного времени требует участия в операциях дорнования двух исполнителей и нескольких дорнов, а для применения ПИУД-90 необходим всего лишь один рабочий.

Таблица 6 – Ранжирование критериев оценки ПИУД-90 и МБЗ-1,5

№ ранга	Обозначение	Семантика критерия
1.	K ₆	Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий
2.	K ₇	Стоимость оборудования
3.	K ₁	Трудоемкость технологии (на одно отверстие)
4.	K ₅	Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии
5.	K ₃	Необходимость двустороннего подхода. Если нужно, то плохо
6.	K ₂	Количество рабочих, занятых в данном процессе. Чем меньше, тем лучше
7.	K ₄	Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за 1 удар)

Таблица 7 – Матрица значимости критериев оценки

i	j							$\sum_{j=1}^7 a_{ij}$	$\beta_{a(r)}$	β_r
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇			
K ₁	1	1	1	1	1	0	0	5	15	0,176
K ₂	0	1	0	1	0	0	0	2	3	0,035
K ₃	0	1	1	1	0	0	0	3	6	0,071
K ₄	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0,024
K ₅	0	1	1	1	1	0	0	4	10	0,118
K ₆	1	1	1	1	1	1	1	7	28	0,329
K ₇	1	1	1	1	1	0	1	6	21	0,247

По критерию K₃ – «Необходимость двустороннего подхода. Если нужно, то плохо» предпочтение однозначно отдано ПИУД-90, т.к. с ним значительно расширяются технологические возможности дорнования отверстий из-за одностороннего подхода к местам упрочнения отверстий. Характерной особенностью протяжных устройств и машин для постановки болтов является возможность использования их лишь в местах массового расположения отверстий при наличии свободных двусторонних подходов к последним, по этому предпочтительно использование ПИУД-90.

По критерию K₄ – «Расход сжатого воздуха (на одно отверстие за один удар). Чем меньше расход, тем лучше» на основании проведенных расчетов, приведенных ниже, можно отдать предпочтение ПИУД-90, т. к. В этом случае расход сжатого воздуха составил 0,002 м³/цикл, что значительно меньше, чем для МБЗ-1,5 – 0,076 м³/цикл.

По критерию K₅ – «Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90. Применяемое для дорнования устройство ПИУД-90 имеет габаритные размеры 570×260×77 мм, а привод (ресивер) – 90×90×300 мм, массы соответственно не более 4,0 кг и 1,0 кг. В то время когда МБЗ-1,5 имеет следующие габаритные размеры 208×60×207 мм (устройство) и привод (насос-мультипликатор) –

505×270×280 мм, с массами – 2,5 кг и 14,6 кг соответственно. Масса устройства МБЗ-1,5 меньше чем у ПИУД-90, а вот пневмогидравлический привод у МБЗ-1,5 довольно тяжелый и громоздкий, что значительно усложняет маневренность исполнителей, поэтому преимущество имеет ПИУД-90.

Таблица 8 – Сводная таблица матриц предпочтительности сравниваемых вариантов оснащения – ПИУД-90 (X₁) и МБЗ-1,5 (X₂)

Кри- терий	i	j		$\sum_{j=1}^2 b_{ij}$	$P_{ai(r)} = (b_{ij})_r \cdot \left \sum_{j=1}^2 b_{ij} \right $	$\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}$	$P_{i(r)} = \frac{P_{ai(r)}}{\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}}$	b_r
		X ₁	X ₂					
K ₁	X ₁	1	1,5	2,5	4,75	7,5	0,633	0,176
	X ₂	0,5	1	1,5	2,75		0,367	
K ₂	X ₁	1	1,3	2,3	4,51	7,82	0,577	0,035
	X ₂	0,7	1	1,7	3,31		0,423	
K ₃	X ₁	1	1,5	2,5	4,3	6,75	0,637	0,071
	X ₂	0,5	1	1,2	2,45		0,363	
K ₄	X ₁	1	1,7	2,7	4,91	7,02	0,699	0,024
	X ₂	0,3	1	1,3	2,11		0,301	
K ₅	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,118
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	
K ₆	X ₁	1	1,2	2,2	4,36	7,92	0,551	0,329
	X ₂	0,8	1	1,8	3,56		0,449	
K ₇	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,247
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	

По критерию K₆ – «Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90. Для протяжных устройств и машин типа МБЗ характерно дорнование с постоянной скоростью движения инструмента, что имеет ряд существенных недостатков: появление наплывов на кромках отверстий, искажение образующей отверстия (корсетность). Для устранения этих недостатков требуется проведение после дорнования калибровки отверстий разверткой по 7 качеству точности, что существенно снижает эффект упрочнения дорнованных отверстий.

По критерию K₇ – «Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. стоимость ПИУД-90 – 1100 \$ (примерно в 3 раз дешевле), а МБЗ-1,5 – 3385 \$.

На основании данных табл. 6.8 определили комплексные показатели эффективности для внедряемой $Q_{ну\delta}$ и базовой $Q_{мбз}$ технологий по формуле

$$Q_i = \sum_r P_{i(r)} \cdot \beta_r \cdot$$

Для ПИУД-90:

$$Q_{ну\delta} = 0,63 \cdot 0,176 + 0,577 \cdot 0,035 + 0,637 \cdot 0,071 + 0,699 \cdot 0,024 + 0,525 \cdot 0,118 + 0,551 \cdot 0,329 + 0,525 \cdot 0,247 = 0,56638.$$

Для МБЗ-1,5:

$$Q_{мбз} = 0,367 \cdot 0,176 + 0,423 \cdot 0,035 + 0,363 \cdot 0,071 + 0,301 \cdot 0,024 + 0,475 \cdot 0,118 + 0,449 \cdot 0,329 + 0,475 \cdot 0,247 = 0,43362.$$

Таким образом, по наибольшему значению Q_i заключаем, что вариант ПИУД-90 предпочтительнее варианта дорнования МБЗ-1,5, потому что оно более эффективно. При этом величина относительной эффективности ПИУД-90 по отношению к МБЗ-1,5 составит

$$E = \frac{Q_{пуд}}{Q_{мбз}} = \frac{0,56638}{0,43362} = 1,306.$$

Выводы

Определен экономический эффект от внедрения оснащения дорнования ПИУД-90 на основании комплексного показателя эффективности на уровне экспертных оценок. Приведенные расчеты показывают, что относительная эффективность пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) по сравнению с магнитно-импульсным устройством дорнования (МИУ-П1) составляет 23%, а по сравнению с МБЗ-1,5 – 30,6%.

Список литературы

1. Методы и практика определения эффективности капитальных вложений и новой техники. – Вып. 19. – М.: Наука – 1971. – 174 с.
2. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Экономика, 1977 – 54 с.
3. Воробьев Ю.А. Определение экономической эффективности внедрения технологии импульсной клепки // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: Сб. наукових тр. Нац. аерокосмічного ун-та ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ»*. – Харьков. – 2003. – Вып. 1 (36). – С. 76-81.
4. Точилин П.В., Сагателян Г.Р., Назаров Ю.Ф. Методика расчета экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // *МГОУ–XXI–Новые технологии*. – №1. – 2001. – С. 29–34.
5. Гибкое развитие предприятия: Эффективность и бюджетирование / В.Н. Самочкин, Ю.Б. Пронин, Е.Н. Логачева и др. – М.: Дело, 2000. – 352 с.
6. Точилин П.В. Применение методики определения экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // *Экономика и производство. Журнал депонированных рукописей*. – № 1. – 2001. – с. 1–10.
7. Воробьев Ю.А., Воронько В.В. Перспективные устройства для реализации процессов дорнования отверстий // *Авиационно-космическая техника и технология: Научно-технический журнал*. – Х: Нац. аерокосм. ун-т ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», 2004. – Вып. 3 (11). – С. 28-32.
8. Современные технологии авиационного строения / Коллектив авторов; Под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
9. Воробьев Ю.А. Разработка технологического процесса и инструмента импульсной клепки авиационных конструкций из углепластика: Дис...канд. техн. наук: 05.07.04. – Х., 2004. – 166 с.
10. Точилин П.В. Применение методики определения экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // *Экономика и производство. Журнал депонированных рукописей*. – № 1. – 2001. – с. 1–10.

Особенности расчета установки оборудования с использованием амортизаторов

АНТК им.О.К. АНТОНОВА

Современные самолеты оснащены сложными агрегатами (радио-, электро- и пилотажно-навигационное оборудование), которые обеспечивают безопасный полета самолета. При этом часть оборудования устанавливается с применением специальных демпфирующих устройств – амортизаторов, предназначенных для уменьшения (смягчения) динамических перегрузок действующих на оборудование в процессе взлета, полета и посадки самолета. Агрегаты незначительного веса устанавливаются, как правило, с помощью трех-четырёх амортизаторов. В этом случае расчетные усилия небольшие и особых проблем при расчете не предвидится. Во время летных испытаний самолетов и на самолетах специального назначения применяются этажерки с оборудованием вес которых составляет 100 кгс и более, а высота более 1 м. Они, как правило, крепятся с помощью амортизаторов к рамам или отдельным балкам, установленным на полу. На рамы крепления, от этажерок через амортизаторы, приходят значительные усилия, достигающие величины 1000 и более кгс. В этих случаях геометрические параметры балок рам крепления этажерок должны быть соответственными, что, следовательно, приводит к увеличению взлетной массы самолета. Поэтому необходимо определить нагруженность элементов рамы, с учетом работы амортизаторов, и подобрать оптимальные по прочности и весу, геометрические параметры элементов рамы крепления оборудования.

Для решения задачи о нагруженности балок рам от этажерок оборудования, которые закреплены к ним посредством ряда амортизаторов, можно воспользоваться решением для изгиба балки на упругом основании которое представляет собой комбинацию тригонометрических и гиперболических функций [1, 2, 3]. При этом необходимо отметить, что решение усложняется, если коэффициенты пропорциональности амортизаторов различные. Получив решение для балки на упругом основании и, используя подходы, изложенные в работе [1], можно перейти к задаче о нагружении балки с упругими опорами и получить приближенное решение. Кроме того, для решения поставленной задачи можно воспользоваться матричным методом расчета балок [4]. Применение вышеуказанных методов приведет к использованию сложных математических выкладок и необходимости применения вычислительной техники.

В настоящей работе приведен упрощенный инженерный подход для расчета элементов рам крепления этажерок оборудования, устанавливаемых посредством амортизаторов, основанный на итерационном методе.

Рассмотрим балку закрепленную по краям в точках 1 и i шарнирно и нагруженную сосредоточенными силами P_k ($2 \leq k \leq i-1$), приложенными в точках k , расстояние между которыми a_k . Тогда изгибающий момент $M_x(z)$ для балки запишется следующим образом:

изменение длины i -ого амортизатора под действием нагрузки P , а через $\delta_{iРбалки}$ соответствующий прогиб балки под i -ым амортизатором.

Тогда можно записать следующее выражение:

$\Delta_P = \Delta + \delta_{iРаморт} + \delta_{iРбалки}$. из которого следует:

$$\delta_{1Раморт} + \delta_{1Рбалки} = \delta_{iРаморт} + \delta_{iРбалки} \text{ или } \delta_{iРаморт} - \delta_{1Раморт} = \delta_{1Рбалки} - \delta_{iРбалки}$$

Состояние амортизатора можно определить из следующих соотношений:

$$\delta_{1Раморт} + \delta_{1Рбалки} > \delta_{iРбалки} - i\text{-тый амортизатор растянут;}$$

$$\delta_{1Раморт} + \delta_{1Рбалки} = 0 - i\text{-тый амортизатор ненагружен;}$$

$$\delta_{1Раморт} + \delta_{1Рбалки} < \delta_{iРбалки} - i\text{-тый амортизатор сжат.}$$

Величины прогиба рамы Δ_k в точках приложения силы k ($3 \leq k \leq i-2$) будут больше чем в точках приложения силы 2 и $i-1$. Учитывая, что усилие в амортизаторе пропорционально его удлинению (укорочению) $P_k = C_k \Delta_k$ (C_k – коэффициент пропорциональности для k -го амортизатора) новое распределение усилий в точках k ($3 \leq k \leq i-2$) можно, записать следующим образом: $P'_k = P'_{i-1}$, $P'_k = P'_2 - C_k(\Delta_k - \Delta_2)$ где $3 \leq k \leq i-2$. Величины $P'_2 = P'_{i-1}$ определяем из условия

$$\sum_{k=1}^i P'_k = P. \text{ Определив значение изгибающего момента } M_x(z) \text{ для рамы от новых}$$

нагрузок и подставив его в уравнение 2, определим прогибы рамы Δ'_k в точках k .

Выполнив несколько итераций до выполнения условия, что различие между изгибающим моментом для двух последовательных шагов итерации не превышает, например 2%, получим реальную картину загрузки рамы и выполним подбор необходимого сечения рамы с учетом необходимой прочности и минимального веса.

Итерационный процесс в большинстве случаев требует 3-4 итерации.

В случае несимметричной установки амортизаторов на балке прогибы точек 2 и $i-1$ будут разными, в результате чего этажерка изменяет свое положение в пространстве. Поэтому определение перемещений в амортизаторах выполняется с учетом поворота этажерки как абсолютно твердого тела, после этого с учетом деформации балки определим реальное изменение длины амортизаторов. Дальнейшие вычисления аналогичны симметричному случаю. Так же поступаем и в случае, если центр тяжести этажерки не совпадает с ее геометрическим центром.

В качестве иллюстрации предложенной методики рассмотрим нагруженность балки, геометрические размеры которой приведены на рис.1. При этом для определенности примем, что момент инерции балки $J_x = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$, суммарная действующая сила $P=2\text{кН}$, коэффициент пропорциональности амортизатора $C=100 \text{ кН/м}$ и центр масс этажерки совпадает с ее геометрическим центром. Было выполнено 3 приближения. В первом приближении усилия на все амортизаторы принимались равными. Во втором и третьем приближениях усилия в амортизаторах определялись по предложенной методике. Результаты расчета в виде эпюр изгибающего момента приведены на рис. 2. Как видно из приведенных на рис.2 эпюр расхождение между величиной максимального изгибающего момента для II и III приближений составляет менее 1 %. Реальный максимальный изгибающий момент в балке, полученный в процессе последовательных приближений, на 10 % ниже, чем для I-го приближения.

Проведенные расчеты балки, представленной на рис.1 для различных значений жесткости амортизатора показали (см. рис. 3а), что увеличение коэффициента

жесткости амортизатора приводит к уменьшению изгибающего момента, действующего в пролете балки, а усилия, передающиеся через амортизаторы, зависят от места расположения амортизатора (см. рис. 3б). При этом, как видно из рисунка, значения растягивающих усилий в амортизаторах могут быть выше реакций балки на опорах. Это вызвано тем, что внутренние амортизаторы могут

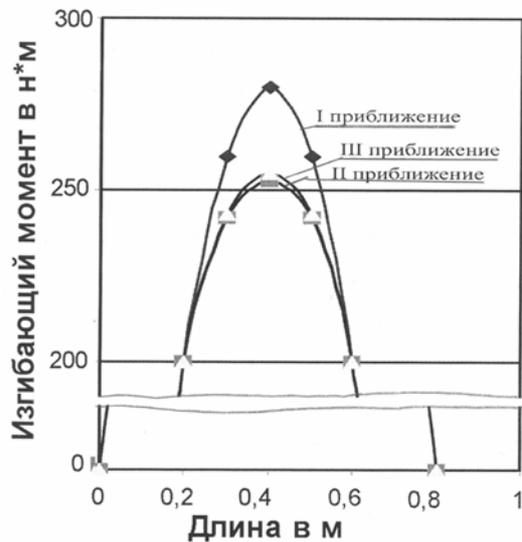


Рис. 2 Эпюры изгибающего момента для I, II, III приближений

при определенных условиях оказаться сжатыми. Кроме того изменения жесткости балки также оказывает влияние на ее нагруженность и величину усилий в амортизаторах.

На рис. 4а приведены эпюры изменения изгибающего момента по середине балки в зависимости от величины момента инерции балки J_x , а на рис.4б – эпюры изменения усилия в среднем амортизаторе. Отметим при этом, что сжимающее усилие в среднем амортизаторе достигается при жесткости амортизатора $C \approx 135$ кН/м и изгибной жесткости балки $J_x = 10^{-8} \text{ м}^4$ и $C \approx 280$ при $J_x = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$.

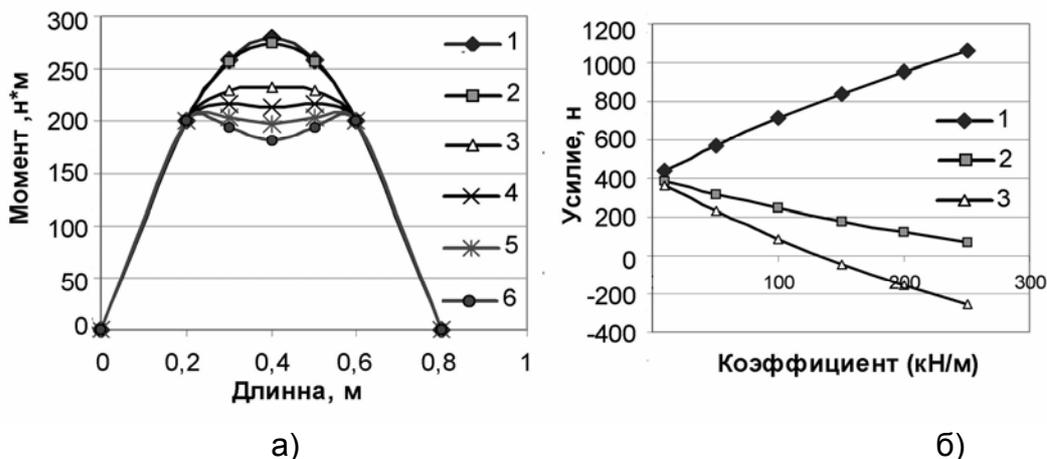
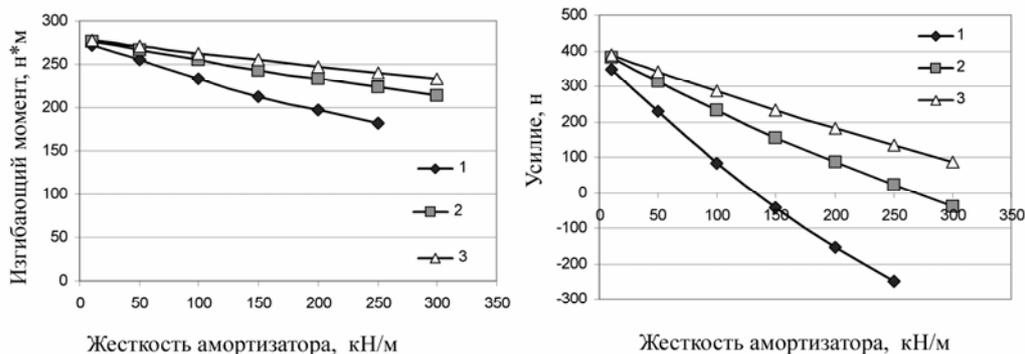


Рис. 3 Зависимость от жесткости амортизатора:

а) — изгибающего момента в балке (1-10; 2-50; 3-100; 4-150; 5-200; 6-250кН/м); б) — усилия в амортизаторах (1-3 -номер амортизатора).

Таким образом, нагруженность балок, предназначенных для крепления через амортизаторы этажерок оборудования, зависит от многих параметров z_i (жесткости амортизаторов, изгибной жесткости самой балки, месторасположения амортизаторов от точек крепления балки, величины действующих усилий, материалов балки и условий ее закрепления и др.). Для получения оптимального решения, (необходимой прочности и минимального веса балки), необходимо решить задачу, которая сводится к вопросу определения минимума функционала



а) б)

Рис. 4. Зависимость от жесткости балки (1 - $J_x = 10^{-8} \text{ м}^4$; 2 - $J_x = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$; 3 - $J_x = 3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$):

а) изгибающего момента по середине балки; б) усилия в среднем амортизаторе.

$F(z_i)$. Где z_i ($z \in U$) параметры, а U – ограничения, наложенные на параметры (допустимые напряжения в балке, допустимые перемещения и усилия в амортизаторах, ограничения по размещению амортизаторов и т.д.). Решения такой задачи в общем виде представляет определенную сложность, поэтому можно ее упростить и свести к решению задачи, в которой основными являются параметры, выражающие жесткость балки и амортизатора.

Рассмотрим пример использования методики в практике. При этом, как и раньше, будем рассматривать действие на раму лишь одной силы P_y . Для крепления радиооборудования используется этажерка весом 1,5 кН и высотой центра тяжести $h=0,6$ м. При этом ее установка в самолете выполнена в соответствии со схемой, приведенной на рис 5. Балки крепления этажерки имеют изгибную жесткость $J_x = 16 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$. В качестве амортизаторов было использовано 10 амортизаторов типа АПНМ-6.

Для расчетного случая нагружения «Аварийная посадка» с перегрузкой $n_x=9g$ усилие P_y на заднюю балку крепления этажерки достигает величины

$$P_y = \frac{n_x G h}{b} = 18000 \text{ Н}$$

Под ее крепление с учетом равномерной загрузки балки от каждого амортизатора было подобрано поперечное сечение балки, указанное на рис.5.

В первом приближении принимаем, что усилия распределяются равномерно по всем 5 амортизаторам.

Учитывая значительную величину действующих усилий, с целью определения несущей способности амортизатора, было проведено статическое испытание амортизатора АПНМ-6 до разрушения. Зависимость усилие - удлинение ($P \sim \Delta$), полученная при испытании приведена на рис.6. Как видно из рис.6 процесс деформирования имеет три характерных участка: ОВ, ВМ, МУ.

Для каждого из этих участков существует свой коэффициент пропорциональности между усилием растяжения и удлинением, который составляет: 375 кН/м для участка ОВ, 4000 кН/м для участка ВМ и 3500 кН/м для участка МУ. При этом необходимо отметить, что на сжатие амортизатор АПНМ-6 имеет ход 10-12 мм и коэффициент пропорциональности 15 кН/м.

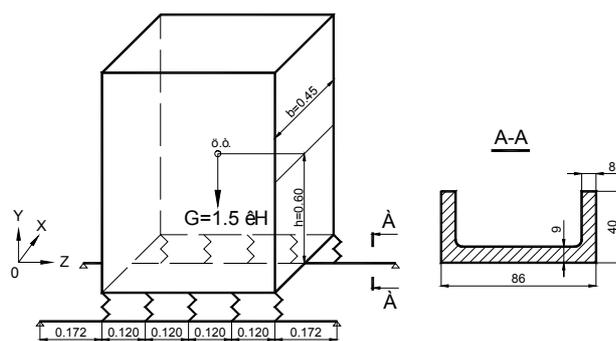


Рис. 5 Крепление реальной этажерки

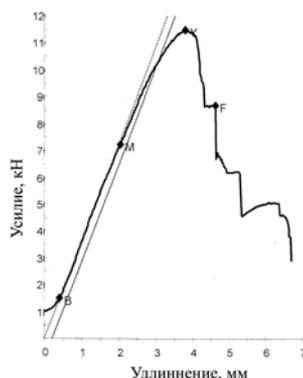


Рис. 6 Диаграмма, полученная при испытании до разрушения амортизатора АПНМ-6.

Для определения действующего изгибающего момента было выполнено 4 итерации (см. рис. 7). Для первого приближения в качестве коэффициента пропорциональности амортизатора использовалась величина $C=4000$ кН/м. В дальнейшем в каждом из приближений в зависимости от рассчитанных значений усилий в каждом амортизаторе, использовался соответствующий коэффициент пропорциональности, взятый из диаграммы испытаний амортизатора. Максимальный изгибающий момент в балке составил $M=1580$ нм, что в 1.5 раза меньше изгибающего момента, полученного в первом приближении (сила P_y равномерно распределена по всем пяти амортизаторам). Это дает основания уменьшить в 1.5 раза изгибную жесткость балки, а, следовательно, уменьшить ее вес. При этом величина усилий в амортизаторах при максимальной нагрузке составляют: $P_1 = P_5 = 9070$ н, $P_2 = P_4 = 0$, $P_3 = -144$ н.

Кроме того, уменьшение изгибающего момента в балке можно достичь за счет ее моментной заделки, но при этом необходимо провести весовую оценку конструкции заделки.

Для полного расчета балки, естественно, требуется оценки суммарного воздействия всех силовых факторов, действующих от амортизаторов на балку. В данном расчетном случае на балку от амортизаторов действует и сила P_x равная по величине $P_x = 9G$. Для нее необходимо провести расчет на изгиб балки в плоскости XOZ по такой же методике и лишь после этого подобрать геометрические параметры сечения балки. Учитывая, что величина усилия на одну балку составляет $P_x = 9G/2 = 6.75$ кН, а $J_y = 123 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$, то уровень нагруженности балки от силы P_x на порядок ниже.

В случае, если каркас этажерки не является абсолютно жестким, то при расчетах необходимо учитывать и прогибы элементов этажерки.

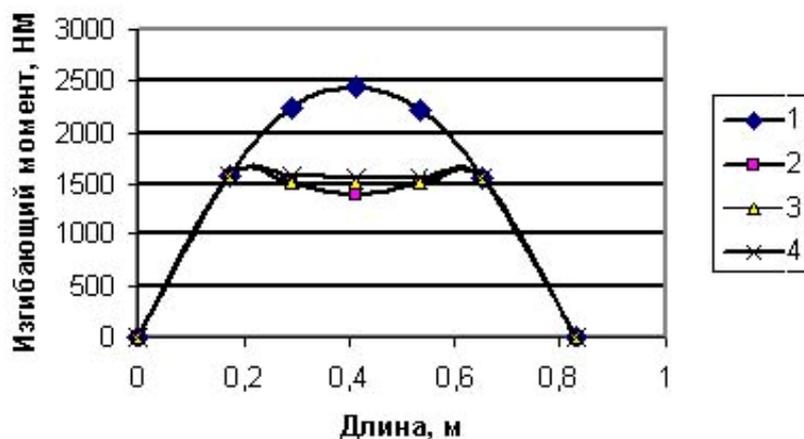


Рис. 7 Изгибающий момент в балке (1-4 - номера приближений)

Из проведенных исследований, также, следует, что в случае крепления жестких кронштейнов к деформируемым балкам в крайних элементах крепления кронштейнов (болтах, заклепках) возникают усилия превосходящие усилия, прикладываемые к кронштейнам, из-за выравнивания участка балки под «подшвой» кронштейна.

Выводы

На основании анализа исследований, полученных при помощи предложенной методики, можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением жесткости амортизаторов (при одной и той же изгибной жесткости балки под крепление амортизаторов) происходит уменьшение максимального изгибающего момента в пролете балки. Этот эффект уменьшается с увеличением жесткости балок.
2. При больших значениях жесткости балки на изгиб и коэффициента пропорциональности амортизатора расчет балки под крепления амортизаторов можно проводить как расчет балки загруженной лишь двумя усилиями, расположенными в точках крепления крайних амортизаторов.
3. Усилия в крайних амортизаторах могут превысить расчетные усилия от этажерки за счет возможного появления усилий противоположного знака в некоторых внутренних амортизаторах.

Список литературы

1. Тимошенко С.П. Курс сопротивления материалов. М., Государственное издательство, 1928.-587 с.
2. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. М., Наука, 1986.- 560 с.
3. Прочность, устойчивость, колебания: справочник в 3-х т. Под ред. Биргера И.А. и Пановко Я.Г. М.: Машиностроение, 1968.– 831с.
4. Ржаницин А.Р. Строительная механика. М., Высшая школа, 1991. – 439с.
5. Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. Справочник по сопротивлению материалов. К., «Наукова думка», 1975-с.704.

Структура управления машиностроительным предприятием в условиях применения интегрированных информационных технологий

Харьковское государственное авиационное производственное предприятие

В данной работе рассматриваются изменения в структуре управления машиностроительным предприятием, которые являются следствием внедрения в производственные процессы компьютерных информационных технологий. Эти информационные технологии коренным образом изменяют информационное обеспечение как производственных, так и управленческих процессов и, как следствие, требуют некоторых изменений их структур. Однако изменения, которые вводились на предыдущих этапах внедрения компьютерных информационных технологий, не всегда корреспондировались с целями и задачами производства и, как всегда при нововведении, происходила некоторая переоценка одних свойств информационных технологий и недооценка других.

Рассмотрим структуру управления машиностроительным предприятием. Очевидно, что целевая функция системы управления машиностроительным предприятием – получение максимальной прибыли от выпуска и реализации продукции предприятия. Для того чтобы реализовать эту цель, необходимо, чтобы, при прочих равных условиях, продукция предприятия была дешевле, чем у конкурентов. Не рассматривая вопрос стоимости продукции во всей его полноте, можно априори утверждать, что технологическая себестоимость продукции является одной из самых весомых составляющих себестоимости и, как следствие, его стоимости. Но если это так, то технологическая себестоимость также должна быть ниже технологической себестоимости продукции конкурентов или равна ей. Обеспечение минимизации технологической себестоимости продукции в машиностроении основывается на трех классах концепций: технических, организационных и экономических, которые, в свою очередь, и определяют структуру управления предприятием.

Влияние структуры управления на технологическую себестоимость предприятия косвенным образом изучалось в работах по подготовке производства и технологичности конструкций [1 – 5]. Это вопросы технологичности конструкций, типизации и унификации, применяемых на производстве технологий, подготовки и сопровождения технологии производства во время производственного цикла.

Целью данной работы является анализ влияния структуры управления предприятием на технологическую себестоимость продукции при информационном обеспечении процесса производства на базе компьютерных информационных технологий.

Для реализации мероприятий по снижению технологической себестоимости продукции предприятия управляющие воздействия различных подсистем системы управления должны быть согласованы между собой. Структура главного звена управления машиностроительным предприятием до эпохи применения компьютерных информационных технологий имела вид, представленный на рис. 1.

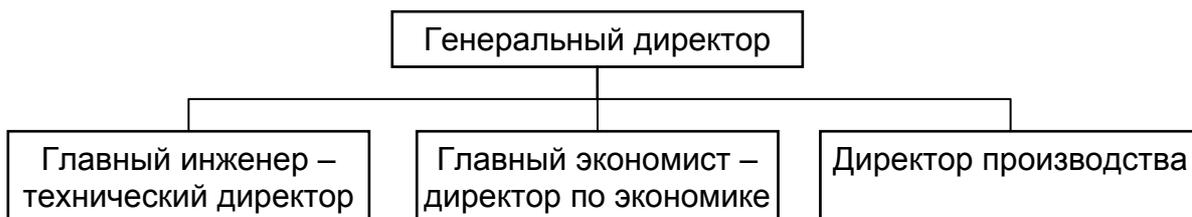


Рис. 1. Структура верхнего звена управления машиностроительным предприятием

Хотя это и не очевидно, но применение компьютерных информационных технологий не вызывает коренных изменений условий труда верхнего звена управления машиностроительным предприятием. В самом деле, в работе [6] утверждается, что директор распоряжается всеми средствами и имуществом завода, заключает необходимые договоры, открывает счета и распоряжается ими. Но процедура заключения договоров и открытия счетов на уровне директора никак не зависит от вида информационного обеспечения. А подпись на договоре даже в современных условиях директор по-прежнему ставит своей рукой, т.е. свою, а не электронную.

Первый заместитель директора – главный инженер – наравне с директором несет ответственность за производственно-техническую деятельность завода. В обязанности главного инженера входит техническое обеспечение производственной деятельности завода, и, следовательно, опять-таки его деятельность не зависит от вида информационного обеспечения, хотя в некоторых руководимых им подразделениях изменение вида информационного обеспечения, использования современных компьютерных информационных технологий приведет к коренным изменениям в их деятельности.

Главный экономист – зам. директора по экономическим вопросам (на небольших предприятиях – начальник планово-экономического отдела) – руководит работой экономических служб завода, занимается совершенствованием экономики завода, проведением экономических исследований по многим отдельным вопросам, и опять-таки его деятельность не зависит от вида информационного обеспечения.

Директор производства – главный диспетчер завода (начальник производства) – осуществляет текущее управление производственным циклом. Корректное применение компьютерных информационных технологий в информационном обеспечении его деятельности может принести некоторое снижение напряженности его труда, но только в части информации. Принятие решений по корректировке действий цехов и отделов с целью точного выполнения производственной программы также не зависит от вида информационного обеспечения.

Таким образом, верхнее звено управления, за исключением директора производства, не имеет личной заинтересованности в применении компьютерных информационных технологий, так как они практически не изменяют условий их труда.

Иначе обстоит дело на звене управления производством, следующем за верхним звеном. Для анализа изменений условий труда этого звена следует рассмотреть некоторые особенности существующего производства. Наиболее сильно они проявляются в самолетостроении и связаны с методом передачи информации о форме и размерах деталей и узлов от конструкторов к технологам, а от них – через рабочих, оборудование и инструмент к деталям, узлам и агрегатам.

Основное отличие самолетостроения от машиностроения заключается в использовании для передачи форм и размеров от конструктора к изделию плазово-шаблонного метода. Этот метод часто не совсем корректно называют методом обеспечения взаимозаменяемости, хотя, наверное, достаточно трудно, если не невозможно привести примеры взаимозаменяемости в практике самолетостроения пример перестановки крыльев или фюзеляжа с одной машины на другую.

В работе [3] сущность плазово-шаблонного метода определена так:

1. В основе метода лежит принцип связанного образования формы и размеров сопрягаемых элементов конструкции планера самолета.

2. Для сопрягаемых элементов создается как общее звено единый эталон внешних форм и размеров изделия (узла, агрегата, планера в целом) в виде теоретического плаза, представляющего собой чертеж изделия в натурном масштабе со всеми проекциями и сечениями, дающими возможность воспроизвести объемные формы изделия.

3. Производственные подразделения завода при изготовлении технологической и контрольной оснастки используют жесткие носители форм и размеров изделия – плоские металлические шаблоны, скопированные по отдельным сечениям плаза. Не имея размеров в чертежах изделия (размеры даются только для справки), всю увязку размеров сопрягаемых элементов производство делает только по плазам и шаблонам.

Не вступая в полемику с данным толкованием сущности плазово-шаблонного метода, выделим то существенное, что, по нашему мнению, определяет его суть. *Сопрягаемые* элементы – элементы сборок, и, следовательно, вместо понятия взаимозаменяемости для выполнения их сопряжения следует использовать понятие *собираемости*. Использование термина «чертеж» для объяснения сути теоретического плаза не совсем корректно, так как чертежом он является в смысле науки начертательной геометрии, а не понятием используемым в производстве. Чертеж согласно ГОСТам – это документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Теоретический плаз представляет собой набор сечений, по которым изготавливаются шаблоны. Шаблоны – жесткие носители форм и размеров – позволяют переносить размеры и форму без использования системы мер, в то время как машиностроительные производства широко используют чертеж и систему метрических мер, и поэтому содержание и сопровождение шаблонного хозяйства требуют дополнительных расходов.

Плазово-шаблонный метод накладывает особые ограничения как на технологию производства, так и на все службы предприятия. В структуре предприятия появляется огромный комплекс по обслуживанию и сопровождению плазово-шаблонного метода производства.

Внедрение в практику машиностроения компьютерных информационных технологий, призванных сократить расходы предприятия на сопровождение плазово-шаблонного метода, принесет положительный эффект в том и только том случае, если органично впишется в суть плазово-шаблонного метода, которая в том или ином виде практически присутствует в технологиях всех предприятий тяжелого машиностроения, особенно в сборочных производствах, использующих стапеля.

Использование плазово-шаблонного метода влечет за собой наличие дополнительных подразделений завода по его обслуживанию. Это плазовый цех и

склад готовых шаблонов. Следует заметить, что шаблонное хозяйство в каком-то смысле дублирует систему шкальных мер и в этом смысле является реализацией системы переноса форм и размеров графическими методами, в общем случае не требующей наличия системы координат. Но если система шкальных мер сопровождается под надзором государства, то сопровождение шаблонного хозяйства ложится дополнительным грузом на плечи предприятия. Поэтому на самолетостроительных предприятиях имеется большое вспомогательное производство, на котором ведется технологическая подготовка производства. Для проведения работ по подготовке и сопровождению предприятия в структуру управления вводят главных специалистов, которые подчинены главному инженеру.

С учетом всего вышесказанного следующее звено управления самолетостроительным предприятием имеет обычно структуру, приведенную на рис. 2.

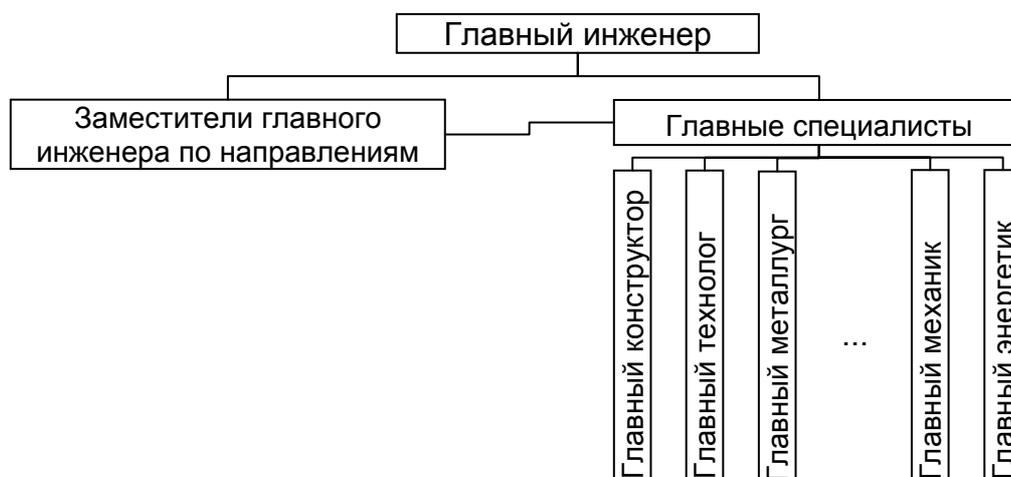


Рис. 2. Структура следующего звена управления самолетостроительным предприятием

Таким образом, главные специалисты, за исключением главного конструктора фактически обеспечивают технологическую подготовку производства и сопровождение технологии.

Широкое применение компьютерных информационных технологий, конечно же, должно найти свое отражение уже на этом уровне управления предприятием. Проведем анализ тех участков производства, которые наиболее существенно изменяются при замене существующего информационного обеспечения на информационное обеспечение на базе компьютерных информационных технологий.

Замена плаза и шаблонов на аналитический эталон и оборудование с ЧПУ с возможностью проведения измерений вызывает изменение в отношениях между главным конструктором и главным технологом. Теперь основным конструкторским документом, моделью форм и размеров самолета являются не плаз, а аналитический эталон – компьютерная математическая модель геометрии самолета и всех его деталей и узлов, и, следовательно, необходимы не только изменения процедур передачи чертежей и внесения в них изменений, но и внедрение в практику работы большого количества компьютеров и программного обеспечения.

Рабочие места операторов с ЧПУ также претерпевают аналогичные изменения (практически все современные стойки для управления оборудованием с ЧПУ содержат в своем составе компьютер, на который оператору по сети передаются задания и программы обработки).

Таким образом, можно констатировать, что использование компьютерных информационных технологий в технологической подготовке производства влечет за собой широкое применение непосредственно на рабочих местах компьютеров и программного обеспечения. Изменение структуры рабочих мест, естественно, изменяет и структуру управленческого звена, ответственного за их функционирование.

Проведем некоторые аналогии между компьютерами и металлообрабатывающими станками на рабочих местах. Станок преобразует заготовку в деталь, а компьютер используется для преобразования и доставки информации. За состоянием станков на производстве отвечает служба главного механика, а ремонт электродвигателей осуществляет служба главного энергетика. Действия рабочего по преобразованию заготовки в деталь на рабочем месте регламентируются службой главного технолога путем выпуска документа «Технологический процесс». Если допустить, что принципиальной разницы между алгоритмами сопровождения станков и компьютеров на рабочих местах нет, то тогда напрашивается введение в рассматриваемый уровень структуры управления предприятием еще двух главных специалистов – главного электроника и главного информатика.

К компетенции главного электроника следует отнести сопровождение и ремонт всех слаботочных сетей и устройств: компьютерные, телефонные сети и сети наблюдения предприятия, оборудование компьютерных и других слаботочных информационных сетей, стойки оборудования с ЧПУ, компьютеры на рабочих местах операторов, рабочих, ИТР и служащих. Для обслуживания этого оборудования необходимо создание службы главного электроника, аналогичной службе главного механика. Во всех цехах завода существуют бюро или группы цеховых механиков по обслуживанию и ремонту оборудования, которые состоят из мастерской по ремонту оборудования, бригады дежурных слесарей, дежурных электромонтеров и заведующего хозяйством, в подчинении которого находятся цеховые уборщицы. В функции бюро цехового механика входит руководство техническим обслуживанием оборудования цеха, поддержание хозяйства цеха в хорошем состоянии и уборка цеха.

Аналогично будет отнесено в ведение службы электроника цеха обслуживание слаботочного оборудования. Если, особенно на первых порах, такого оборудования в цехе или отделе недостаточно, то в этих подразделениях возможна организация работы электроников с неполным рабочим днем.

Главный информатик не имеет аналога в существующей структуре управления предприятием и это связано с тем, что в современной практике, когда обработку информации ведут специалисты с высшим образованием, а количество обрабатываемой информации на одном рабочем месте сравнительно невелико, необходимость технологических процессов обработки информации неочевидна. Эта необходимость появляется в случае обработки однородной информации на различных рабочих местах, например сводки цехов по выпускаемым деталям с параметрами их качества. Для формирования массива этих данных необходимо, чтобы они были представлены в одном формате, что в неявном виде осуществляется всегда, например, данные о начисленной зарплате, передаваемые в бухгалтерию или информационный центр. Необходимость главного информатика обусловлена также тем, что технологические процессы обработки информации связаны с наличием в компьютерах системного программного обеспечения, и технологические процессы обработки производственной информации должны учитывать как сис-

темное программное обеспечение персонального компьютера, так и системное обеспечение компьютерной сети.

К компетенции главного информатика следует отнести выбор и сопровождение программного обеспечения, а также разработку технологических процессов обработки информации на рабочих местах. Особенно важным участком работы главного информатика является разработка технологических процессов обработки технологической информации, и поэтому он должен работать в тесном контакте главным технологом и под его методическим руководством.

Особо значимой и ответственной работой отдела главного информатика является ведение и сопровождение заводских и цеховых баз данных. Для этого необходим штат ведущих и цеховых администраторов баз данных. В компетенцию ведущих администраторов входит сопровождение баз данных в части общих вопросов программного обеспечения и уровня и прав доступа пользователей к данным, а в компетенцию цеховых администраторов – реализация этих прав и сопровождение баз данных в соответствии с требованиями программного обеспечения.

Кроме того, в компетенцию главного информатика должна входить разработка системы дублирования и сохранения данных для обеспечения их достоверности. Поэтому отделу главного информатика следует уделить особое внимание вопросам доказательности авторства информации в компьютерном виде. На наш взгляд, широко рекламируемая электронная подпись на самом деле является паролем для доступа к изменению данных, что противоречит общепринятой практике скрепления документа подписью. Подпись на документе, который понимается нами как сведения для предотвращения или для нахождения решения конфликта между двумя сторонами, означает, что эти сведения на время действия документа неизменяемы. Последнее, в условиях компьютерного хранения документа, может быть обеспечено дублированием документа в нескольких компьютерных базах данных, что не позволит автору документа изменить его.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод о необходимости изменения структуры управления производством на уровне главных специалистов при широком внедрении компьютерных информационных технологий для информационного обеспечения производства.

Список литературы

1. Амиров Ю. Д. Научно-техническая подготовка производства. – М.: Экономика, 1989. – 229 с.
2. Амиров Ю. Д. Технологичность конструкций изделий: Справочник / Ю. Д. Амиров, Т. К. Алферова, П. Н. Волков и др.: Под общ. ред. Ю. Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
3. Горбунов М. Н. Основы технологии производства самолетов. – М.: Машиностроение, 1976. – 260 с.
4. Демьянюк Ф. С. Технологические основы поточно-автоматизированного производства. – М.: Высш. шк., 1965. – 690 с.
5. Красильщиков М. С. Типизация технологических процессов на металлообрабатывающих заводах. – М.-Л.: Гизместпром, 1939. – 232 с.
6. Климов А. Н. Организация и планирование производства на машиностроительном заводе / А. Н. Климов, И. Д. Оленев, С. А. Соколицин. – Л.: Машиностроение, 1973. – 496 с.

Выбор оптимальных параметров системы стабилизации ракеты-носителя

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

Постановка проблемы

При проектировании летательных аппаратов (ЛА) важнейшей задачей является выбор оптимальных параметров проектируемого объекта, обеспечивающих максимальную надежность ЛА. В статье [1] приведено описание различных критериев оптимизации параметров технических систем - как вероятностных, так и детерминированных. Разработка вероятностных критериев оптимизации помогла преодолеть главный недостаток детерминированных методов, заключающийся в детерминированном учете случайных возмущений. В настоящей статье приводятся результаты исследований по оптимизации параметров системы стабилизации (СС) ракеты-носителя (РН) по критерию вероятности устойчивости (ВУ). Рассматриваемая методика по выбору оптимальных значений параметров основана на модифицированном максиминном критерии оптимизации [1]. Для сравнения в качестве функции цели принимается набор безразмерных аргументов Гаусса одновременно по нескольким линейным моделям (ЛМ) критериальных функций (КФ).

Объект и цель исследования

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

$$\begin{aligned} \ddot{z} &= a'_{zz} \dot{z} + a'_{z\psi} \dot{\psi} + a_{z\psi} \psi + a_{z\delta} \delta + \sum_{i=1}^4 (a''_{zs_{\psi_i}} \ddot{s}_{\psi_i} + a_{\psi s_{\psi_i}} \dot{s}_{\psi_i}); \\ \ddot{\psi} &= a'_{\psi z} \dot{z} + a''_{\psi\psi} \dot{\psi} + a_{\psi\psi} \psi + a_{\psi\delta} \delta + \sum_{i=1}^4 (a''_{\psi s_{\psi_i}} \ddot{s}_{\psi_i}); \\ \ddot{s}_{\psi_i} + \varepsilon_{s_{\psi_i}} \dot{s}_{\psi_i} + \omega_{s_{\psi_i}}^2 s_{\psi_i} &= a''_{s_{\psi_i} z} \ddot{z} + a''_{s_{\psi_i} \psi} \ddot{\psi} + a_{s_{\psi_i} \psi} \dot{\psi}; \\ T_2 \ddot{\delta} + T_1 \dot{\delta} + \delta &= K_{\phi} \psi + K_{\dot{\phi}} \dot{\psi} - K_z \dot{z}, \end{aligned} \tag{1}$$

где ψ - отклонение угла рыскания ракеты как твердого тела от программного значения; z - отклонение центра масс от программного значения; δ - угол отклонения управляющих органов; 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_z - коэффициент усиления по

скорости отклонения центра масс; i – количество тонов упругих колебаний; j – количество баков с топливом.

Параметры a_{ij} , T_1 , T_2 , K_ϕ , $K_{\phi\phi}$, T_d имеют существенные случайные разбросы.

В качестве условий работоспособности [2] принимаются:

1) упрощенные условия устойчивости системы (1)

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

$$\frac{a_{q\delta}a_{\delta q}K_\phi T_d^2 T_2}{(|a_{qq}|T_2 T_d - T_d + T_1)T_1} - 1 < 0; \quad (3)$$

2) условия устойчивости на основании корней системы (1), которые имеют вид:

$$\begin{aligned} z &= x \text{ (вещественные корни);} \\ z &= x + iy, \\ z &= x - iy \text{ (комплексно-сопряженные корни).} \end{aligned} \quad (4)$$

В качестве условий устойчивости принимаются условия

$$R_k < 0, \quad (5)$$

где $R_k = x$ – вещественные корни или действительные части комплексно-сопряженных корней (4).

Цель данного исследования:

- провести выбор оптимальных значений параметров СС по критериальным функциям, соответствующим упрощенным условиям устойчивости (2) и (3);
- провести выбор оптимальных значений параметров СС по характеристическим корням системы;
- провести сравнительный анализ эффективности и полученных результатов оптимизации параметров СС двумя вышеописанными способами.

Методика исследования

В процессе выбора оптимальных параметров используется построение линейных моделей КФ – классической, граничных секущей и касательной ЛМ - и вычисление безразмерных аргументов Гаусса (U_i) по каждой модели, соответствующих вероятности устойчивости системы. Рассматриваемый критерий оптимизации (равно как и вероятностный максиминный критерий [1]) применяет гипотезу о нормальном распределении КФ и ее ЛМ.

Для определения направления оптимизации задают величины шага α по вектору параметров, строят ЛМ, затем сравнивают наборы аргументов Гаусса по

ЛМ, соответствующие полученным значениям параметра, и делают вывод о направлении изменения параметра.

Алгоритм оптимизации носит итерационный характер. В процессе оптимизации происходит замена значения параметра предыдущего шага новым значением следующего шага в случае, если последнее соответствует большим аргументам U_i , либо уменьшение коэффициента шага в обратном случае. Изменение параметра продолжается до достижения коэффициентом шага минимального допустимого значения.

При оптимизации в наборах аргументов Гаусса по ЛМ значения U_i , удовлетворяющие условию $U_i^r - U_z \geq 0$ (где U_z - аргумент Гаусса, соответствующий заданному допустимому значению ВУ), не принимают во внимание; целью оптимизации является максимально возможное увеличение значений $U_i^r < U_z$.

Алгоритм оптимизации параметров

1. Задание начального вектора параметров и начальной величины шага изменения параметров α_0 .

2. Формирование матрицы Гаусса на основании системы дифференциальных уравнений (1) для вычисления корней системы в виде $z = x$, $z = x + iy$, $z = x - iy$.

3. Нахождение невозмущенных значений КФ (действительные части корней системы (1)).

4. Построение ЛМ КФ в виде $\lambda = \lambda_0 + \sum_{i=1}^n b_i \eta_i$ (где b_i - коэффициенты линеаризации, λ_0 - свободный член).

4.1. КЛМ проходит через точку исходной КФ $\lambda(\eta) = \lambda(0) = \lambda_0$, в которой случайные возмущения параметров отсутствуют. Для построения КЛМ λ_0 принимаются равными $\lambda_{0i} = \lambda_i(0)$, т.е. невозмущенным значениям КФ. Коэффициенты линеаризации определяются по формуле $b_i = \frac{\lambda(\Delta\eta_i) - \lambda(-\Delta\eta_i)}{2\Delta\eta_i}$, $i = \overline{1, n}$, 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 , $\lambda(\Delta\eta_i)$ либо $\lambda(-\Delta\eta_i)$ - значения КФ для вектора η , у которого все компоненты, кроме i -й, равны нулю, а i -я компонента равна $\Delta\eta_i$ либо $-\Delta\eta_i$.

4.2. СГЛМ имеет две общие точки с исходной КФ: точку $\lambda_0, \eta_k = 0$ и точку $\eta_k^* = \frac{\Lambda_0 b_k \sigma_k^2}{\sum_{i=1}^n b_i^2 \sigma_i^2}$ - точку пересечения КФ с границей работоспособности ($k = \overline{1, n}$).

Для построения данной модели предварительно строят КЛМ, а затем КоЛМ - линейную модель, компланарную классической и проходящую через точку

$\eta_k^* = \frac{\Lambda_0 b_k \sigma_k^2}{\sum_{i=1}^n b_i^2 \sigma_i^2}$. КоЛМ строят путем «параллельного сдвига» КЛМ до пересечения с

границей работоспособности, т.е. путем изменения лишь свободного члена КЛМ - $\lambda^r_0 = \lambda^{r-1}_0 - \alpha \Delta \lambda^{r-1}$ (где $\Delta \lambda^{r-1}$ - абсолютная погрешность аппроксимации, $0.1 < \alpha < 0.5$ - коэффициент приращения свободного члена). Процесс построения КолМ носит итерационный характер. При нарушении условия $\varepsilon^r_\lambda \leq \varepsilon^{r-1}_\lambda$, (где ε_λ - относительная погрешность аппроксимации КФ) уменьшается коэффициент α . Выполнение условия $|\varepsilon_\lambda| \leq \varepsilon_d$ (где ε_d - допустимое значение относительной погрешности аппроксимации) означает, что модель г-й итерации удовлетворительно аппроксимирует КФ в окрестности границы работоспособности и пригодна для оценки вероятности потери работоспособности. С целью лучшей аппроксимации КФ полученную КолМ разворачивают таким образом, чтоб она пересекала исходную КФ в точке λ_0 , - коэффициенты b_i меняются: $b'_i = b_i \frac{\Lambda - \lambda_0}{\Lambda - \lambda^{(r)}_0}$, $i = \overline{1, n}$. «Развернутая» таким образом КолМ является СГЛМ.

4.3. КГЛМ проходит через точку λ_0 исходной КФ. Для построения данной модели необходимо предварительно получить КЛМ. Процесс построения КГЛМ носит итерационный характер:

находят точку пересечения КЛМ с границей работоспособности

$$\eta^*_k = \frac{\Lambda_0 b_k \sigma_k^2}{\sum_{i=1}^n b_i^2 \sigma_i^2};$$

определяют абсолютную и относительную погрешности аппроксимации; вычисляют значения коэффициентов b_i -

$$b_{ri} = \frac{\lambda(\eta^{*r-1} + \Delta \eta_i) - \lambda(\eta^{*r-1} - \Delta \eta_i)}{2\Delta \eta_i}, (i = \overline{1, n}, \Delta \eta_i = 2\sigma_i) \quad \text{и} \quad \text{свободный член}$$

$$\lambda_r = \lambda(\eta^{*r-1}) - \sum_{i=1}^n b_i \eta^{*r-1}, r = 1, 2, 3, \dots \quad \text{г-й итерации, а также проверяют условия } \varepsilon^r_\lambda \leq \varepsilon^{r-1}_\lambda$$

(при его нарушении уменьшается шаг итерации $\Delta \eta^{*r} = \alpha \Delta \eta^{*r-1}$, $0.1 < \alpha < 0.5$) и $|\varepsilon_\lambda| \leq \varepsilon_d$ (выполнение которого означает, что модель г-й итерации удовлетворительно аппроксимирует КФ в окрестности ее пересечения с границей работоспособности).

5. Определение безразмерных аргументов Гаусса на основании построенных ЛМ по формуле $u_\lambda = \frac{\Lambda - m_\lambda}{\sigma_\lambda}$, где m_λ и σ_λ - параметры распределения

линейной модели. На основании центральной предельной теоремы КЛМ, СГЛМ и КГЛМ имеют нормальный закон распределения. На основании теорем о числовых характеристиках ФСА находят их параметры распределения: математическое ожидание $M[\lambda] = m_\lambda = \lambda_0$ и с.к.о. $\sigma_\lambda = \sqrt{D_\lambda} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b'_i)^2 D_i}$ (где D_i ($i = \overline{1, n}$) - дисперсии случайных разбросов).

6. Выбор направления изменения оптимизируемого параметра, который состоит в получении аргументов Гаусса U_i по построенным ЛМ для значений параметра, равных $a = a_0 \alpha$ (где a_0 - начальное значение параметра, $\alpha = 0.2$ и 0.2), и сравнении полученных наборов U_i .

7. Поиск минимальных $U_i < U_z$, соответствующих вероятности, меньшей заданного допустимого значения. Пошаговое изменение оптимизируемого параметра в направлении увеличения минимальных U_i . Уменьшение коэффициента шага Δa при невыполнении условия $\{U^{r-1}\} < \{U^r\}$ (где U^r - набор минимальных аргументов Гаусса на r-м шаге).

Пункты 2 - 6 повторяются до достижения заданного значения коэффициента шага α_{dop} .

Примечание. Для случая оптимизации по упрощенным условиям устойчивости (2) и (3) пункт 2 включает лишь вычисление значения КФ по соответствующей формуле.

Блок-схема алгоритма выбора оптимальных значений параметров изображен на рис. 1.

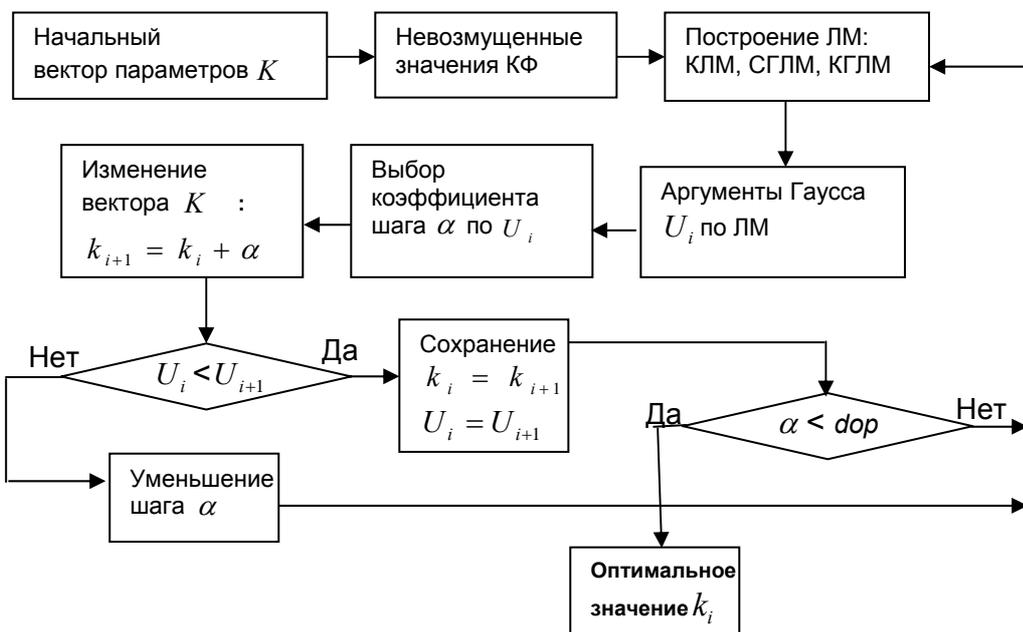


Рис. 1. Блок-схема алгоритма выбора оптимальных значений параметров

Результаты исследования

Номинальные значения и случайные разбросы параметров, соответствующие времени полета $t=70$ с. первой ступени РН «Циклон-3», предоставленные научно-производственным предприятием «Хартрон-Аркос», 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

Окончание табл. 1

Параметр	Разброс, %	Значение	Параметр	Разброс, %	Значение
$a_{z\delta}$	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	$a_{s\psi 1}$	10	-26,0652
ε_{q2}	20	0,4005	$a_{s\psi 2}$	10	-26,9907
ω_{q1}^2	35	247,8232	$a_{s\psi 3}$	10	-32,5062
ω_{q2}^2	45	630,5364	$a_{s\psi 4}$	10	-44,212
$a_{q\delta 1}$	10	-2,4192	T_1	40	0,1108
$a_{q\delta 2}$	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 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 $\sigma_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{3}$.
- В качестве оптимизируемых параметров приняты коэффициент усиления по каналу рыскания K_ϕ (начальное значение 10) и постоянная времени дифференцирования T_d (начальное значение 0,5).
- Так как вполне удовлетворительным значением ВУ при проектировании объектов авиационной техники является 0,999999 (т.е. $U_i = 5,3$), то в качестве допустимого заданного аргумента принимают $U_i = 6$.

Выбор оптимальных значений параметров K_ϕ и T_d для упрощенных КФ (2) и (3)

- Невозмущенные значения КФ (2) и (3) соответственно равны **-0,3464** и **-1,1014**.
- Значения безразмерного аргумента Гаусса U_i по ЛМ при исходных значениях K_ϕ и T_d таковы:

для КФ (2) $U_{КЛМ} = 3,58$, $U_{СГЛМ} = 4,85$, $U_{КГЛМ} = 2,85$;

для КФ (3) $U_{КЛМ} = 22,49$, $U_{СГЛМ} = 285,2$, $U_{КГЛМ} = 42,64$.

- Начальное значение коэффициента шага для K_ϕ равно +2, для T_d -0.1.

- Минимальное допустимое значение коэффициента шага – 0.0001.

- Оптимальные значения параметров соответственно равны:

$K_\phi = 14,02$, $T_d = 0,55$.

- Невозмущенные значения КФ (2) и (3) соответственно таковы: **-0,5415** и **-1,1467**.

- Полученным оптимальным значениям K_ϕ и T_d соответствуют следующие значения аргумента Гаусса U_i по линейным моделям:

для КФ (2) $U_{КЛМ} = 7,99$, $U_{СГЛМ} = 19,64$, $U_{КГЛМ} = 5,52$;

для КФ (3) $U_{КЛМ} = 17,13$, $U_{СГЛМ} = 31,77$, $U_{КГЛМ} = 19,73$.

Время выполнения оптимизации – 4 с.

Траектория оптимизации параметра K_ϕ по упрощенным условиям устойчивости представлена на рис. 2.

K_ϕ
10
12
14
16
14,2
14,02

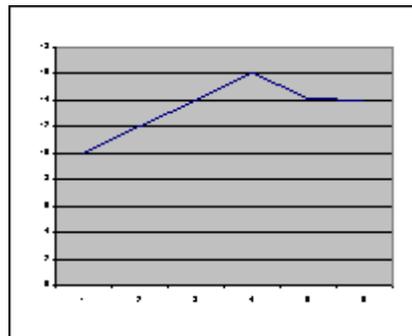


Рис. 2. Траектория оптимизации параметра K_ϕ по упрощенным условиям устойчивости

Выбор оптимальных значений параметров K_ϕ и T_d для КФ (4)

Ниже приводятся только корни системы (1), реагирующие на изменения значений оптимизируемых параметров K_ϕ и T_d , остальные корни в оптимизации не участвуют.

- Корни системы (1) при исходных значениях параметров равны: -44.5226, -9.5524, -0.6374+0.7803i, -0.6374-0.7803i, -0.0639+0.3665i, -0.0639-0.3665i.

- Невозмущенные значения КФ (вещественные корни и действительные части комплексно-сопряженных корней) таковы: **-44.5226**, **-9.5524**, **-0.6374**, **-0.0639**.

Значения безразмерного аргумента Гаусса U_i по ЛМ при исходных значениях K_ϕ и T_d представлены в табл. 2.

Таблица 2

$U_{КЛМ}$	$U_{СГЛМ}$	$U_{КГЛМ}$
3,28	4,40	7,49
2,90	300,4	9,55
4,13	6,3	7,19
1,46	2,33	0.88

Начальное значение коэффициента шага для K_ϕ равно +2, для T_d - -0.1.

Минимальное значение коэффициента шага – 0.0001.

Оптимальные значения параметров K_ϕ и T_d : $K_\phi = 12,28$; $T_d = 0,5$.

Корни системы (1) при оптимальных значениях параметров равны: -44.5176, -9.6708, -0.5801+1.2317i, -0.5801-1.2317i, -0.0645+0.2660i, -0.0645-0.2660i.

Невозмущенные значения КФ, соответствующие оптимальным значениям параметров таковы: **-44.5176, -9.6708, -0.5801, -0.0645**.

Соответствующие оптимальным значениям параметров значения аргументов U_i представлены в табл. 3.

Таблица 3

$U_{КЛМ}$	$U_{СГЛМ}$	$U_{КГЛМ}$
3,28	4,40	7,49
2,96	244,7	18,4
5,95	6,67	6,80
6,61	9,25	10,77

В табл. 4 приведены для сравнения полученные безразмерные аргументы Гаусса при исходных и оптимальных значениях параметров K_ϕ и T_d .

Таблица 4

Исходные параметры	Оптимальные параметры	Исходные параметры	Оптимальные параметры	Исходные параметры	Оптимальные параметры
$U_{КЛМ}$		$U_{СГЛМ}$		$U_{КГЛМ}$	
3,28	3,28	4,40	4,41	7,49	7,49
2,90	2,96	300,4	244,7	9,55	18,4
4,13	5,95	6,3	6,67	7,19	6,80
1,46	6,61	2,33	9,25	0.88	10,77

Время выполнения оптимизации – 2.8 мин.

Траектория оптимизации параметра K_ϕ по характеристическим корням системы (1) представлена на рис. 3.

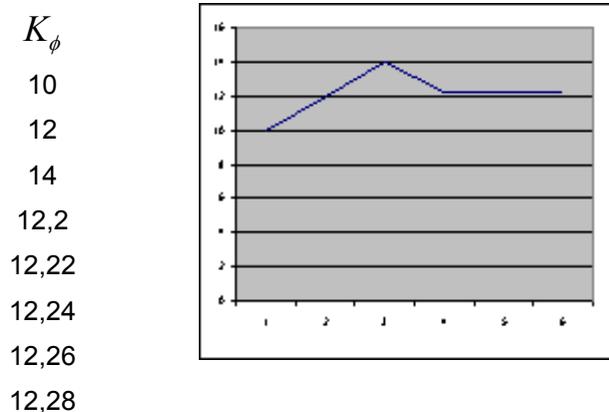


Рис. 3. Траектория оптимизации параметра K_ϕ по упрощенным условиям устойчивости

Выводы

В результате проведенной оптимизации значительно увеличены значения безразмерных аргументов Гаусса, а следовательно, и вероятности устойчивости системы. Выполнение оптимизации параметров по упрощенным условиям устойчивости занимает примерно в 40 раз меньше машинного времени и менее требовательно к ресурсам компьютера по сравнению с оптимизацией по корням системы. Однако метод оптимизации по корням позволяет более полно учесть всю специфику проектируемого объекта.

Список литературы

1. Лежнина М.В. Оптимизация параметров систем стабилизации ракет-носителей по критерию вероятности устойчивости// Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Х.: НАКУ «ХАИ». – 2004. – Вып. 23. - С. 107-111.
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. Сухоребрый 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.
5. Айзенберг Я.Е., Сухоребрый В.Г. Проектирование систем стабилизации носителей космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1986.- 220с.

Дискретно-событийное моделирование процесса 2D-кристаллизации

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

Введение

Основные физические свойства твердого тела определяются свойствами атомов веществ, из которых оно состоит [1]. Сопоставим с каждым атомом, имеющим номер k , вектор \vec{X}_k , компонентами которого являются вектор координат центра \vec{x}_k и вектор скорости \vec{v}_k . Совместное поведение n атомов может быть смоделировано в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{\vec{X}}_k = \vec{F}_k(\vec{X}_1, \vec{X}_2, \dots, \vec{X}_n). \quad (1)$$

Количество уравнений, входящих в систему, очень велико. Тем не менее, с развитием вычислительной техники постоянно делаются попытки составления и решения таких систем уравнений. Чем точнее описывается взаимодействие атомов, тем меньше возможностей для численного решения.

В данной работе рассмотрена модель атома, несколько более сложная, чем модель твердых сфер [2]. Парное взаимодействие задается следующим образом:

- если расстояние $\rho_{ij} = |\vec{x}_j - \vec{x}_i|$ между центрами модельных частиц с номерами i и j превышает величину $D_{\text{внешн}}$, то частицы перемещаются свободно;
- если выполняется неравенство $D_{\text{внутр}} < \rho_{ij} < D_{\text{внешн}}$, то потенциальная составляющая U полной энергии движения обеих частиц является постоянной отрицательной величиной; полная энергия двух частиц, суммарный импульс и суммарный момент импульса неизменны;
- при выполнении равенства $\rho_{ij} = D_{\text{внутр}}$ происходит упругое отражение частиц друг от друга.

Таким образом, каждую из частиц моделируют в виде двух концентрических сфер. Внутренние сферы радиусами R_{0i} и R_{0j} (причем $R_{0i} + R_{0j} = D_{\text{внутр}}$) абсолютно упруги; если расстояние между частицами превышает сумму радиусов внешних сфер R_{1i} и R_{1j} , равную $D_{\text{внешн}}$, то частицы не взаимодействуют. Взаимодействие задается потенциалом $U(\rho)$ с бесконечно большой положительной центральной частью при выполнении неравенства $\rho \leq D_{\text{внутр}}$ и прямоугольной ямой глубины $|U|$ на интервале $(D_{\text{внутр}}, D_{\text{внешн}})$. Если $\rho > D_{\text{внешн}}$, потенциал взаимодействия равен нулю. Существенно то, что в моменты времени, когда не выполняется ни одно из равенств $\rho_{ij} = D_{\text{внешн}}$, $\rho_{ij} = D_{\text{внутр}}$, система уравнений (1) принимает следующий вид:

$$\dot{\vec{x}}_k = \vec{v}_k = \text{const}, \quad \dot{\vec{v}}_k = 0. \quad (2)$$

Значит, между этими моментами времени каждая из частиц перемещается прямолинейно с постоянной скоростью.

Формулирование проблематики

Математическое моделирование является эффективным, если найден метод для установления координат центров и скоростей всех модельных частиц в произвольный момент времени. Для этого должна быть численно решена система уравнений (1) с учетом соотношений (2). Стандартные методы численного решения, приведенные, например, в работах [1 – 4], совершенно неприменимы, поскольку правые части уравнений системы содержат дельта-функции, зависящие от расстояний ρ_{ij} . Дискретно-временные алгоритмы [5, 6] неоптимальны. К

настоящему времени развит аппарат дискретно-событийного программирования в применении к задачам физики [7 – 10]. В его основе лежат следующие постулаты:

- основным понятием является «событие»; каждому событию соответствует значение ведущего параметра t , который обычно называется временем;
- события рассматриваются в порядке возрастания соответствующих моментов времени;
- после реализации ближайшего по времени события возникает некоторое множество новых событий, которые могут произойти в будущем; для каждого из них необходимо вычислить соответствующее значение параметра t и поставить в очередь.

При рассмотрении модели вещества, задаваемой системой уравнений (1) и соотношениями (2), возникают следующие задачи:

- установить структуру событий для данной конкретной модели;
- установить степень адекватности предложенной модели реальному поведению совокупности атомов (молекул) реального вещества;
- оценить влияние параметров отдельной модельной частицы на поведение их совокупности в целом.

Решение поставленных задач

Предлагается воспользоваться расчетной схемой, рассмотренной в [7 – 9]. Она является оптимальной по затратам времени расчетов на ЭВМ; установлена ее эффективность в применении к изучению одноатомного газа [9, 10]. Очередность наступления событий строят на базе хипа [8, 9, 11]. Систему модельных частиц (или агентов) в целом разбивают на подсистемы, так что для каждого из агентов, участвующих в событиях, требуется последовательно рассмотреть агенты только в его подсистеме и соседних с ней подсистемах. Вводят новый тип событий, связанных с переходом из одной подсистемы в другую. В качестве подсистем рассматривают подмножества агентов, находящихся в ячейках квадратной сетки, нанесенной на рабочую область.

Существенным элементом рассматриваемого алгоритма является то, что перемещаются только те из агентов, которые участвуют в событии. Это означает, что на каждом шаге вычисления, связанные с перемещением, относятся только к одному – двум агентам, а не ко всем.

Каждый агент рассматривают как структуру, полями которой являются неизменные физические свойства (радиусы R_0, R_1 , масса m), координаты x, y центра агента, координаты вектора скорости v_x и v_y , локальное время t_{loc} , момент времени t наступления ближайшего события, тип ближайшего события $event$, номер объекта $next$, с которым должно произойти ближайшее по времени событие,

мультииндекс [i,j] ячейки, в которой находится агент и, возможно, иные поля, связанные со спецификой задачи.

Следует подчеркнуть, что не используют априорные вероятностные распределения. Таким образом, данная расчетная схема является строго детерминистической в отличие от широко распространенных вариантов метода частиц, основывающихся на методе Монте-Карло [2, 5, 6].

События, характерные для рассматриваемой задачи, можно перенумеровать следующим образом:

- «0» – внешнее столкновение модельных частиц;
- «1» – столкновение внешних оболочек частиц изнутри;
- «2» – упругое столкновение внутренних частей;
- «3» – упругое столкновение частицы с отражающей стенкой;
- «11» – пересечение центром модельной частицы границы подобласти.

Отметим, что в модели твердых сфер события «0» и «1» отсутствуют, поскольку в наличии имеется только одна (внутренняя) граница.

Моменты наступления указанных событий сводятся к простому решению линейных и квадратных уравнений [9].

Скорости частиц, участвующих в событии, изменяются. Рассмотрим две частицы с номерами 1 и 2. Предположим, что они участвуют в событии «2». Учет сохранения суммарных энергии, импульса и момента импульса при упругом отражении приводит к следующим формулам, позволяющим вычислить скорости \vec{v}'_1, \vec{v}'_2 после столкновения:

$$\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 + \frac{\lambda_2}{m_1} \cdot \vec{\mu}, \quad \vec{v}'_2 = \vec{v}_2 - \frac{\lambda_2}{m_2} \cdot \vec{\mu}, \quad (3)$$

где $\lambda_2 = 2 \cdot M \cdot (\Delta\vec{v}, \vec{\mu})$, $M = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$, $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$, $\vec{\mu} = \frac{\Delta\vec{r}}{|\Delta\vec{r}|}$, $\Delta\vec{r} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$.

В формулах пересчета скоростей при наступлении событий «0» и «1» должно быть учтено изменение величины потенциальной энергии. Введем в рассмотрение следующую величину:

$$\Delta_{\pm} = (\Delta\vec{v}, \vec{\mu})^2 \pm 2 \cdot \frac{U}{M}.$$

При внешнем столкновении скорости изменяются согласно формулам

$$\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 + \frac{\lambda_0}{m_1} \cdot \vec{\mu}, \quad \vec{v}'_2 = \vec{v}_2 - \frac{\lambda_0}{m_2} \cdot \vec{\mu}, \quad (4)$$

где $\lambda_0 = M \cdot \left\{ (\Delta\vec{v}, \vec{\mu}) + \sqrt{\Delta_-} \right\}$.

Рассмотрим реакцию на событие «1». Если выражение Δ_+ неотрицательно, то в результате столкновения внешних границ модельные частицы покидают зону притяжения и разлетаются со следующими новыми скоростями:

$$\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 + \frac{\lambda_1}{m_1} \cdot \vec{\mu}, \quad \vec{v}'_2 = \vec{v}_2 - \frac{\lambda_1}{m_2} \cdot \vec{\mu}, \quad (5)$$

где $\lambda_1 = M \cdot \left\{ (\Delta\vec{v}, \vec{\mu}) - \sqrt{\Delta_+} \right\}$.

Если же кинетической энергии частиц недостаточно для преодоления потенциального барьера, т.е. $\Delta_+ < 0$, то происходит обычное упругое отражение и формулы для пересчета скоростей совпадают с формулами (3).

Рассмотрим реакцию агента на событие, связанное с пересечением проницаемой границы. При этом из списка агентов, принадлежащих ячейке с мультииндексом $[i, j]$, в которой находился агент до столкновения, вычеркивается номер данного агента. После нахождения мультииндекса ячейки, в которую переходит агент, список агентов этой ячейки должен быть дополнен номером данного агента. При наличии векторного поля к вектору скорости при переходе границы добавляются вектор поля в данной точке.

Результаты расчетов

При использовании рассматриваемой схемы количество модельных частиц, для которого время расчетов на обычном персональном компьютере можно считать разумным, не превышает 10...20 тысяч. Это значительно меньше, чем при использовании модели твердых сфер ($10^5 \dots 10^6$), что связано с более сложной структурой модельных частиц. Для иллюстрации приведены примеры расчетов, в которых количество частиц имеет порядок нескольких сотен.

Пусть всем n модельным частицам приписывают одинаковые параметры R_0 , R_1 , U , m , причем $U = -1$, $m = 1$. Каждый вариант численного эксперимента характеризуется начальной величиной суммарной кинетической энергии Q_0 , зависящей от тепловой скорости $v_{\text{тепл}}$:

$$Q_0 = 0.5 \cdot \sum_{k=1}^n (\bar{v}_k(0))^2 = 0.5 \cdot n \cdot v_{\text{тепл}}^2 \quad (6)$$

Использование рассматриваемой математической модели вещества допускает проведение как адиабатических, так и изотермических процессов. Поддержание постоянной температуры осуществляется регулярным исправлением скоростей модельных частиц так, чтобы суммарная кинетическая энергия

$Q(t) = 0.5 \cdot \sum_{k=1}^n (\bar{v}_k(t))^2$ оставалась постоянной:

$$\bar{v}'_k(t) = \sqrt{\frac{Q_0}{Q(t)}} \cdot \bar{v}_k(t), \quad k=1 \dots n. \quad (7)$$

Если тепловая скорость $v_{\text{тепл}}$ гораздо больше единицы, то влияние потенциальных ям незначительно, модельные частицы ведут себя как совокупность твердых сфер и давление обратно пропорционально объему рабочей области. При понижении тепловой скорости возникают и испаряются очаги конденсации, причем давление остается приблизительно постоянным вне зависимости от объема рабочей области. Таким образом, воспроизводится поведение газа Ван-дер-Ваальса (рис.1). Наконец, при тепловой скорости, имеющей порядок единицы, очаги конденсации с течением времени сливаются в компактную совокупность модельных частиц. Для каждой из них в любой текущий момент времени можно подсчитать количество соседних частиц, удаленных от нее на расстояние, не превышающее $2R_1$. Общую совокупность модельных частиц можно разбить на классы, собрав в класс 0 те из них, которые не имеют соседей, в класс 1 – имеющих двух соседей и т.д. Характеристикой фазового состояния моделируемого вещества является набор величин n_0, n_1, \dots , каждая из которых равна отношению количества частиц, входящих в соответствующий класс, к общему их количеству n . Одним из методов оценки адекватности рассматриваемой модели является проверка равенства среднеквадратических скоростей частиц, входящих в каждый класс, и скорости

$v_{\text{тепл}}$. Кроме того, такое представление вещества в целом позволяет достаточно просто оценить внутреннюю энергию в каждом из классов, а значит, и во всем объеме.

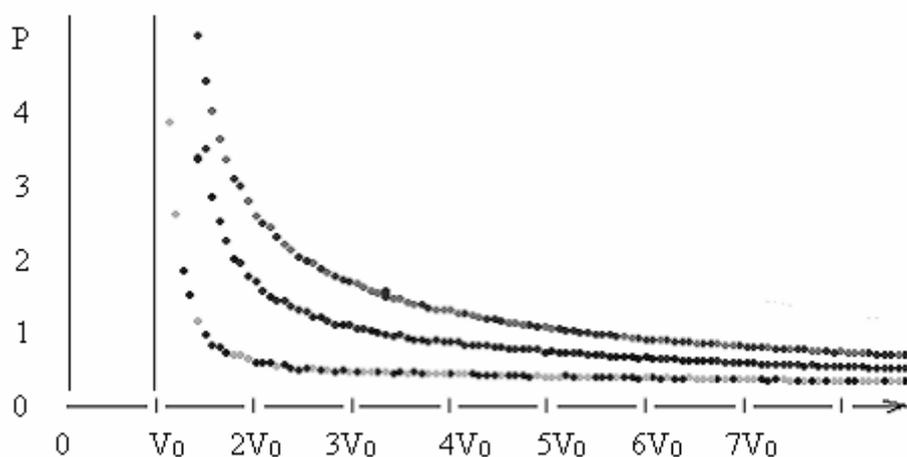


Рис. 1. Изотермы при $V_{\text{тепл}} = 0.8, 0.9$ и 1 ;
 V_0 – объем полностью сконденсированного вещества

При дальнейшем понижении тепловой скорости наблюдаются фазовые переходы, заключающиеся в изменении степени близости порядка. Состояние, близкое к жидкому, наблюдается при соблюдении ближнего порядка и нарушении дальнего. При некотором значении тепловой скорости, зависящем от отношения ширины потенциальной ямы к ширине центральной части, т.е. от величины $\delta = \frac{R_1 - R_0}{R_0}$, начинается процесс кристаллизации, характеризующийся возникновением дальнего порядка.

Рассматриваемая модель двумерной кристаллизации очень проста, и поэтому разнообразие форм ячеек кристаллов невелико. В том случае, если $\delta < 0.5$ или $\delta > 1$, основная ячейка возникающих плоских кристаллов является правильным треугольником, что соответствует плотной упаковке кругов. Числа n_m при выполнении условия $\delta < 0.5$ отличны от нуля, только если $m \leq 6$. Довольно неожиданным является эффект возникновения ячеек квадратной формы для интервала $0.5 < \delta < 1$. При этом числа n_8 (а также n_7) оказываются ненулевыми. Это значит, что количество соседних частиц равно восьми. С понижением тепловой скорости объем класса 8 растет, а количество частиц в остальных классах резко уменьшаются.

Процесс модельной кристаллизации сопровождается появлением неправильностей структуры, которые можно определить как плоские дислокации. В случае треугольной формы ячеек основным видом дислокаций являются «дырки» или их линейные последовательности. Если ячейки – квадраты, то дислокации более разнообразны. На рис.2 показаны примеры кристаллизации в рассмотренных двух случаях; тепловая скорость доведена до величины 0,3. «Правильность» кристалла зависит от скорости снижения температуры: чем быстрее охлаждается модельный образец, тем больше вероятность возникновения неправильностей.

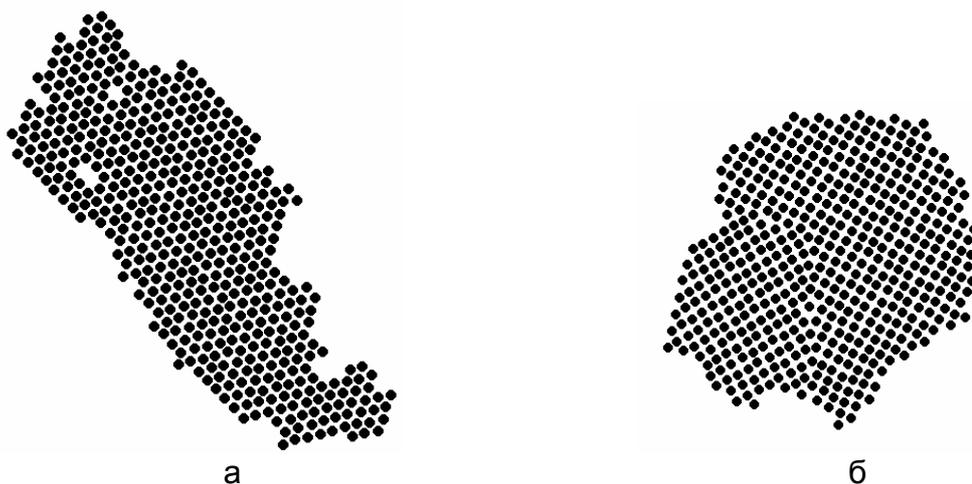


Рис. 2. 2D-кристаллизация простого вещества: а – $\delta = 0,17$; б – $\delta = 0,67$.

Одним из достоинств рассматриваемого метода имитационного моделирования является то, что эволюция системы в целом прослеживается в реальном масштабе времени. На каждом шаге алгоритма время совпадает с глобальным ведущим параметром, который наращивается дискретно от события к событию с интервалами, равными интервалам времени между последовательными событиями. Это, в частности, позволяет достаточно просто подсчитывать давление внутри подсистемы как суммарный импульс, отнесенный к произведению интервала времени и площади границы (в двумерном случае – длины границы).

Если в начальный момент времени скорости частиц близки к нулю, а сами они свободны (т.е. ни в одной паре центры модельных частиц не находятся на расстоянии, меньшем $D_{\text{внешн}}$), то при адиабатической кристаллизации тепловая скорость возрастает и достигает некоторого предельного значения. Это позволяет численно определить температуру, удельную теплоемкость и удельную теплоту для каждого из фазовых переходов.

В том случае, когда моделируется процесс кристаллизации совокупности веществ, предварительно следует задать законы взаимодействия модельных частиц. Это сводится к заполнению таблицы, отображающей такие параметры, как внешний и внутренний диаметры взаимодействий для каждой пары взаимодействующих модельных частиц, а также значения потенциалов парных взаимодействий. Пример заполнения на форме для четырех типов веществ приведен в таблице. При заполнении данных в таблице достаточно ограничиться ячейками, находящимися по одну сторону главной диагонали; предусматривается автоматическая симметризация каждой из трех матриц U , D_0 , D_1 , а также автоматическое исправление величин D_0 и D_1 для соблюдения условия $D_0 < D_1$. Моделируют две пары веществ; взаимодействие существенно внутри каждой из пар. Вещества из разных пар взаимодействуют слабо. Вещество типа 1 взаимодействует с веществом как типа 1, так и типа 2. Таким образом, возникают две изолированные системы кристаллов различных типов.

При введении модельной гравитации образуется дисперсная структура чередующихся кристаллов. Если температура достаточно высока, то вместо кристаллов возникают «капли» веществ различных типов (рис.3).

При установлении теплового равновесия средние кинетические энергии модельных частиц каждого из типов веществ выравниваются.

Параметры парного взаимодействия модельных частиц четырех типов

Потенциаль	1	2	3	4
1	-1.00000	-1.00000	-0.01000	-0.01000
2	-1.00000	-0.01000	-0.01000	-0.01000
3	-0.01000	-0.01000	-0.01000	-1.50000
4	-0.01000	-0.01000	-1.50000	-0.01000

Внутр. D0	1	2	3	4
1	0.50000	0.40000	0.90000	0.90000
2	0.40000	0.50000	0.90000	0.90000
3	0.90000	0.90000	0.40000	0.40000
4	0.90000	0.90000	0.40000	0.40000

Внешн. D1	1	2	3	4
1	0.65000	0.75000	0.91000	0.95000
2	0.75000	0.55000	0.91000	0.95000
3	0.91000	0.91000	0.60000	0.60000
4	0.95000	0.95000	0.60000	0.60000

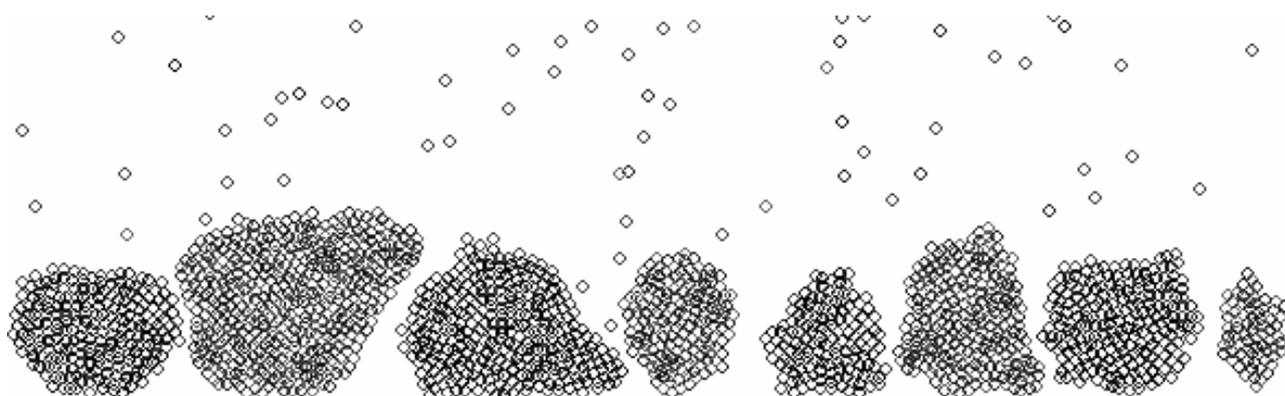


Рис. 3. Дисперсная система кристаллов для четырех типов веществ.

Выводы и заключение

При большом количестве объектов для обеспечения эффективности мультиагентного подхода следует применять дискретно-событийные алгоритмы, так как использование дискретно-временных алгоритмов приводит к резкому возрастанию времени расчетов.

Предложенный метод моделирования вещества может получить развитие по следующим направлениям.

- Формулы пересчета скоростей (3) – (5) применимы как в двумерном, так и в трехмерном случае. В данной работе рассматривался процесс 2D-кристаллизации в основном по той причине, что в двумерном случае проще воспроизводится графическая интерпретация процесса.
- Процесс конденсации отличается от процесса химического взаимодействия тем, что при конденсации не происходит существенной перестройки структуры электронной оболочки взаимодействующих частиц. Учесть химические преобразования в рамках рассматриваемого метода математического моделирования можно путем присвоения нового типа (с новыми параметрами парных взаимодействий) частице, которая вступает в химическое соединение.
- В данной работе рассмотрена простейшая потенциальная яма; для описания более сложной структуры потенциала с целью сохранения основного алгоритма следует применить кусочно-постоянную аппроксимацию. Однако это приводит к появлению новых событий, связанных с переходами из областей с различными значениями потенциала. Время расчетов в среднем линейно зависит от количества новых типов событий.

Список литературы

1. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1969. – 560 с.
2. Берд Г. Молекулярная газовая динамика. – М.: Мир, 1981. – 320 с.
3. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. – М.: Мир, 1990. – 360 с.
4. Поттер Д. Вычислительные методы в физике. – М.: Мир, 1975. – 392 с.
5. Alder, B. J., Wainwright, T. 1958 Molecular dynamics by electronic computers. // Proceedings of the International Symposium on Transport Processes in Statistical Mechanics (ed. I. Prigogine). – P. 97-131.
6. Kerr W., Spears D., Spears W., Thayer D. Multi-agent Sweeping and Obstacle Avoidance / Springer-Verlag. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 3228, [2004](#) // wkerr@cs.uwyo.edu
7. Чернышев Ю.К. Прямое моделирование течения газа в каналах сложной формы при малых числах Кнудсена //Труды Междунар. научн.-техн. конф. «Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования». – Х.: Ин-т проблем машиностроения НАН Украины. – 1997. –С. 238 – 240.
8. Чернышев Ю.К. Применение теории систем для алгоритмизации прямого математического моделирования течения газа // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 2. – С. 44–47.
9. Чернышев Ю.К. Решение задач имитационного моделирования поведения большого количества модельных частиц. – Х.: ХАИ, 2006. – 58 с.
10. Левин С.С., Лоян А.В., Чернышев Ю.К. Трехмерное имитационное моделирование газодинамических процессов в стационарном плазменном двигателе в предпусковом состоянии // Открытые информационные и компьютерные технологии. – 2006. – Вып. 31. – С. 82 – 94.
11. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы. Построение и анализ. – М.: МЦНМО, 2000. – 956 с.

Обзор и анализ возможностей виртуальных машин как средства обеспечения безопасности функционирования программных средств

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

Введение

Наиболее уязвимы с точки зрения защищенности информационных ресурсов являются так называемые критические компьютерные системы, угрозы безопасности функционирования которых могут возникать как в процессе создания программного обеспечения для его работы, так и в процессе эксплуатации. Под критическими компьютерными системами (КС) будем понимать сложные компьютеризированные организационно-технические и технические системы, блокировка или нарушение функционирования которых потенциально приводит к потере устойчивости организационных систем государственного управления и контроля, утрате обороноспособности государства, разрушению системы финансового обращения, дезорганизации систем энергетического и коммуникационно-транспортного обеспечения государства, глобальным экологическим и техногенным катастрофам [1].

1. Постановка задачи

В настоящее время основные проблемы безопасности техносферы возникают при эксплуатации критических систем, к которым относятся транспортные, энергетические, военно-технические, связные и другие системы. Отказ критической системы класса может привести к значительному экономическому, политическому, моральному и другим ущербам. Безопасность таких систем непосредственным образом зависит от цифровых электронных вычислительных машин со всем их содержимым и в первую очередь от совокупности общих и специальных программных средств создания, обработки и хранения компьютерных данных и собственно компьютеризированных данных. Именно поэтому проблема обеспечения безопасности функционирования систем такого назначения является актуальной.

Зависимость критических систем от технических мер защиты (ТМЗ) порождает необходимость придания применяемым в них программным средствам заданных свойств безопасности и способности противостоять разрушению, нарушениям функционирования системы, сбоям, преднамеренным воздействиям злоумышленников и ошибкам различных видов при выполнении критической системой основной целевой функции. Под ТМЗ понимаются различные электронные устройства и специальные программы, входящие в состав автоматизированной системы, которые выполняют функции защиты информации [2].

Все вышесказанное вынуждает считать проблему обеспечения функциональной безопасности ПО критических систем актуальной и требующей разрешения.

Целью работы является обзор и анализ теоретических возможностей виртуальных машин и их типов, а также возможности их использования как

инструментального средства для обеспечения безопасности функционирования систем критического назначения.

2. Анализ типов виртуальных машин. Архитектура и свойства

Идея виртуализации применима не только к отдельным подсистемам вроде дисков, но и к машине в целом. Для построения виртуальной машины (ВМ) к реальному компьютеру добавляется слой программного обеспечения, поддерживающий желаемую архитектуру. Таким путем можно обойти проблему совместимости реальных машин и ресурсные ограничения оборудования [3].

Существует несколько видов виртуальных машин:

– процессные виртуальные машины, которые создают виртуальные среды ABI (application binary interface) для пользователей и приложений. Различные их разновидности позволяют в многозадачном режиме осуществлять репликацию операционной среды, эмулировать систему команд, оптимизировать код или выполнять программы на языках высокого уровня. Такими машинами являются оптимизаторы двоичного кода, интерпретаторы и динамические трансляторы двоичного кода и т.д. [3]. Одной из простейших процессных машин является сама операционная система. Она предоставляет каждому требующему выполнения процессу отдельное адресное пространство, тем самым осуществляя многозадачность. Таким образом, операционная система предоставляет для каждого выполняемого приложения процессную виртуальную машину;

- системные виртуальные машины, обеспечивающие полнофункциональную среду, в которой могут сосуществовать операционная система и несколько процессов, относящихся к разным пользователям. С помощью системных ВМ одна аппаратная платформа способна одновременно поддерживать несколько изолированных гостевых операционных систем [3]. Большинство системных ВМ обеспечивают примерно одинаковые функциональные возможности, но различаются деталями реализации. Большая часть системных виртуальных машин имеют приблизительно одинаковые возможности, отличие их - лишь в реализации. Например, при классическом подходе [4] монитор устанавливается на аппаратной платформе, а сама виртуальная машина устанавливается поверх него. Если это вложенная виртуальная машина, то она устанавливается поверх на установленную хост-систему. Преимущество таких виртуальных машин состоит в том, что пользователь устанавливает их как обычную программу. Иногда для системных виртуальных машин хостовая и гостевая ОС имеют общую архитектуру систем команд базового оборудования, в таком случае интегральные ВМ виртуализируют операционную систему и все программы.

Одним из важнейших применений технологии системных ВМ является изоляция систем, одновременно работающих на общей аппаратной платформе (в статье речь идет именно о такой ВМ). В таких случаях отказ в работе или нарушение безопасности одной из гостевых систем не влияет на программное обеспечение, выполняющееся на других гостевых системах. Т.е. при помощи одной такой виртуальной машины на одном компьютере можно запустить одновременно как операционную систему (ОС) Windows так и Linux. Такая ситуация положительно отражается на работе по тестированию программного обеспечения, так как нет необходимости устанавливать на одной ЭВМ несколько операционных систем и использовать их постоянно перегружая ЭВМ. Использование виртуальной машины позволяет применять обе ОС посредством

переключения между ними одной операцией. Связи хостовой и гостевых ОС отображены на рисунке.

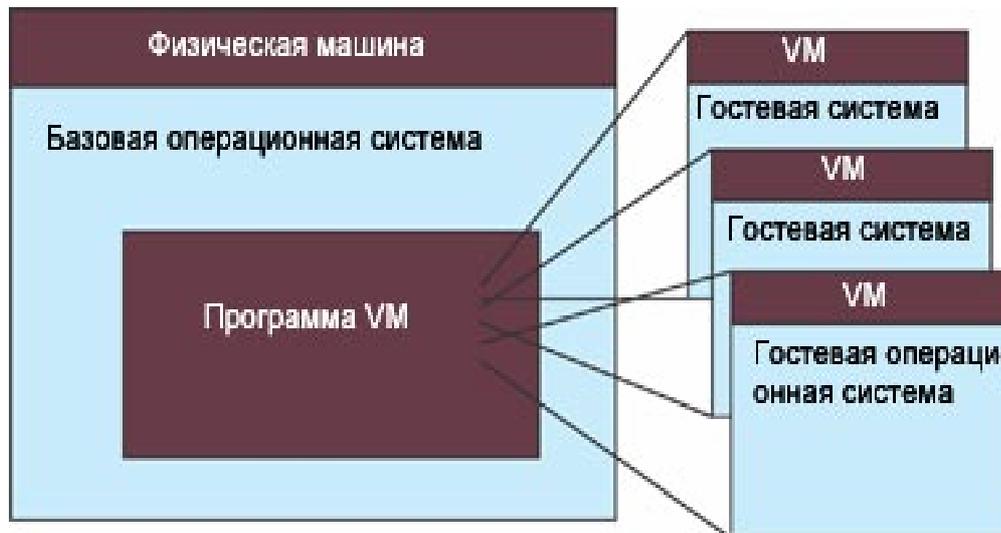


Рис. Связи между хостовой операционной системой и гостевыми VM

Ещё одним преимуществом такой машины является возможность демонстрации сетевого взаимодействия между машинами на одном компьютере. Например, продукт VMware Workstation поддерживают четыре типа виртуальных сетевых соединений: None, Host-Only, Bridged и NAT (Network Address Translation — трансляция сетевых адресов) [5], что в свою очередь позволяет говорить о замене шаблона безопасности, использующего аппаратную избыточность на резервирование программными методами.

Виртуальная машина может использовать практически любое оборудование, установленное на компьютере: сетевые карты, порты, звуковые карты, приводы и так далее. Виртуальная машина без проблем переносится между любыми компьютерами с помощью копирования файла конфигурации.

Для полноценной работы любой гостевой операционной системы необходимо выделить ей соответствующий размер ОЗУ, что в материальном смысле намного дешевле приобретения ещё одной аппаратной платформы. Такие же требования следует отнести и к дисковой подсистеме, и к производительности процессора. И даже при этом покупка мощного аппаратного обеспечения для одной ЭВМ и последующая установка виртуальной машины на ней являются более выгодными в финансовом плане, нежели покупка нескольких компьютеров.

У такого решения есть и свой минус – выход из строя любого из аппаратных обеспечений приведет к отказу всей системы. Недостаток окупается повышенной безопасностью работы, простотой развертывания новых платформ и снижением стоимости владения.

3. Обеспечения отказоустойчивости критической системы

Отказоустойчивость, или, другими словами, безопасность технических средств обеспечивается путем резервирования и реконфигурации [6]. Однако это очень трудоемкий и не самый дешевый в финансовом плане процесс. Для обеспечения отказоустойчивости программного обеспечения необходимо иметь

развитые средства обнаружения дефектов, средств ограничения влияния обнаруженной ошибки на работоспособность, а также средств восстановления работоспособности программ после обнаружения ошибки.

Одним из способов обеспечения отказоустойчивости является мягкое резервирование – переход от основного комплекта к резервному, вывод из работы для восстановления работоспособности отказавших модулей, возвращение восстановленных или новых модулей, происходит без нарушения процесса функционирования других работоспособных модулей либо без нарушения других временных ограничений на процесс выполнения программ и подготовки выдаваемых другими модулями информации [6]. В нашем случае предполагается замена резервного аппаратного комплекса программным. Используя специально разработанную модель функционирования, можно воспользоваться заданными возможностями виртуальных машин, в случае обнаружения ошибки.

Выводы

Таким образом, главное преимущество виртуальной машины - это возможность использования общих файлов и приложений за счет взаимодействия по виртуальной сети и запуска различных приложений на одном компьютере под управлением разных операционных систем. Следствием этого является возможность использования системной ВМ как инструментального средства для обеспечения безопасности функционирования системы критического назначения.

Основной идеей данного исследования является попытка оценить эффективность совместного применения виртуальных машин, как инструментальных средств обеспечивающих работу нескольких операционных систем одновременно на одной аппаратной платформе и известных шаблонов проектирования обеспечивающих надежность и функциональную безопасность. При реализации программного обеспечения таких систем могут быть применены различные схемы организации работы многоверсионных программных комплексов.

Список литературы

1. Казарин О.В. Безопасность программного обеспечения компьютерных систем. – М:МГУЛ, 2003.-212 с.
2. Лукацкий А.В. Краткий толковый словарь по информационной безопасности. - М, 2000.- 177 с.
3. Смит Дж., Наир Ра. Архитектура виртуальных машин // Открытые системы. - №5-6, 2005.- 40-46 с.
4. R.P. Goldberg, Survey of Virtual Machine Research. // Computer. –1974. - Vol.6.
5. Оти .М. VMware Workstation 4 или Microsoft Virtual PC 2004? // Windows IT Pro. - №4 2004. - 30-34 с.
6. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: Учеб. пособ. СПб.: Питер, 2005. - 478 с.

Модели, метод и информационная технология экономического мониторинга наукоемкого высокотехнологичного производства

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

Актуальность. Проблемы эффективного использования наукоемких технологий актуальны в силу их особой значимости для поступательного развития экономики и общества, поскольку они способствуют и обеспечивают повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции за счет интенсивных факторов: роста производительности труда, снижения относительного уровня потребления и повышения качества использования трудовых ресурсов предприятия.

Примером наукоемкого высокотехнологичного производства (НВП) могут служить приборостроительные предприятия аэрокосмической отрасли Украины. Являясь приоритетной сферой развития экономики Украины, самолетостроение и ракетостроение характеризуются не только уникальностью и сложностью производимой продукции, но и уникальностью большинства технологических процессов и оборудования, используемых исключительно в этой отрасли машиностроения. Специальные и специализированные станки для изготовления деталей, а также сборочные приспособления и стапеля для сборки самолетных и ракетнокосмических конструкций, многочисленные стенды для проверки функциональной работоспособности сложных механических, пневмогидравлических и электронно-электрических систем летательных аппаратов (ЛА) требуют огромных капитальных вложений и трудовых затрат, которые в себестоимости изготовления продукции составляют для мелкосерийного производства (каковым является производство ЛА) 25-30 % общих затрат на изготовление.

Успешное развитие НВП зависит от многих факторов, среди которых автоматизированное управление производственной программой предприятия является одним из основных.

Предметом исследования являются модели, методы и информационные технологии автоматизированного управления производственной программой наукоемкого высокотехнологического производства (НВП).

Цель заключается в обеспечении автоматизированного управления производственной программой НВП, направленного на снижение себестоимости продукции вследствие увеличения фондоотдачи уникального оборудования с помощью разработки информационной технологии экономического мониторинга.

Исследование системы наукоемкого высокотехнологичного производства включает в себя: выявление особенностей формирования технологической себестоимости наукоемкой высокотехнологичной продукции в рыночных условиях хозяйствования и комплексной системы показателей, характеризующей функционирование НВП; разработка информационной модели взаимосвязей структурных элементов системы НВП для экономического мониторинга в структуре АСУП и процедуры оценки эффективности функционирования НВП с целью автоматизированного управления производственной программой предприятия.

В литературе для предприятий, осуществляющих серийный и массовый выпуск продукции, получила широкое распространение следующая формула расчета себестоимости продукции, основанная на экономическом подходе:

$$Z_{пр} = Z_M + Z_{п.у} + Z_{теп} + Z_{эн} + Z_{з.п} + Z_{соц.стр} + Z_{ам} + Z_{др} = \sum_{i=1}^n Z_i + Z_{ам}, \quad (1)$$

где Z_M – затраты на сырье, материалы, $Z_{п.у}$ – затраты на покупные комплектующие изделия, $Z_{теп}$ – затраты на тепло, $Z_{эн}$ – затраты на энергию, $Z_{з.п}$ – затраты на оплату труда (зарплату), $Z_{соц.стр}$ – отчисления на соцстрахование, $Z_{ам}$ – амортизационные отчисления, $Z_{др}$ – прочие затраты.

Для НВП особенно актуальна проблема уменьшения себестоимости выпускаемой продукции. Один из путей ее решения – снижение доли амортизационных отчислений в себестоимости каждой единицы продукции за счет более полной загрузки основных производственных фондов (ОПФ). Поскольку величина амортизации дорогостоящего уникального по выполняемым функциям оборудования велика и может на порядок превосходить фонд заработной платы за аналогичный период, необходимо выделить ОПФ в НВП как основную структурную составляющую себестоимости такой продукции.

Параметры заказа представлены функционалом:

$$Z_i = F(T_{ij}, t_i, k_{mn}, r_i \dots), \quad i=1, 2, 3, \dots, n, \quad j=1, 2, 3, \dots, m, \quad (2)$$

где i – количество заказов; j – количество групп технологического оборудования (цеха, производственные участки, оборудование); t_i – срок выполнения i -го заказа (результаты расчетов ПЭО либо консалтинговой фирмой (КФ), согласованные с заказчиком); T_{ij} – трудоемкость выполнения работ по i -му заказу на j -ой группе технологического оборудования (данные ПЭО, либо независимой консалтинговой фирмой (КФ)); k_{mn} – коэффициент параллельно-последовательного выполнения работ на j -ой группе технологического оборудования по i -му заказу; r_i – приоритет заказа (выполняемый, внешний, внутренний).

Установление взаимодействий между выявленными элементами системы НВП, определение их функций и порядка прохождения информационных потоков между ними позволило разработать функциональную схему взаимосвязей структурных элементов системы НВП (см. рис. 1).

С целью формализации описания процессов разработки, испытаний, производства и сервисного обслуживания наукоемкой высокотехнологической продукции были исследованы существующие модели и методы количественного исследования производственных систем и выявлены классы моделей, отвечающие специфике системы НВП (см. рис.2).

В результате изучения области применения методов анализа производственных систем было установлено, что существующие методы не позволяют достаточно полно описать объект исследования (что не соответствует поставленным в работе задачам). Поэтому, с целью обеспечения полноты охвата характеристик системы НВП был сделан акцент на адаптацию и совместное использование балансовой модели, модели промышленной динамики и методов детерминированного факторного анализа.

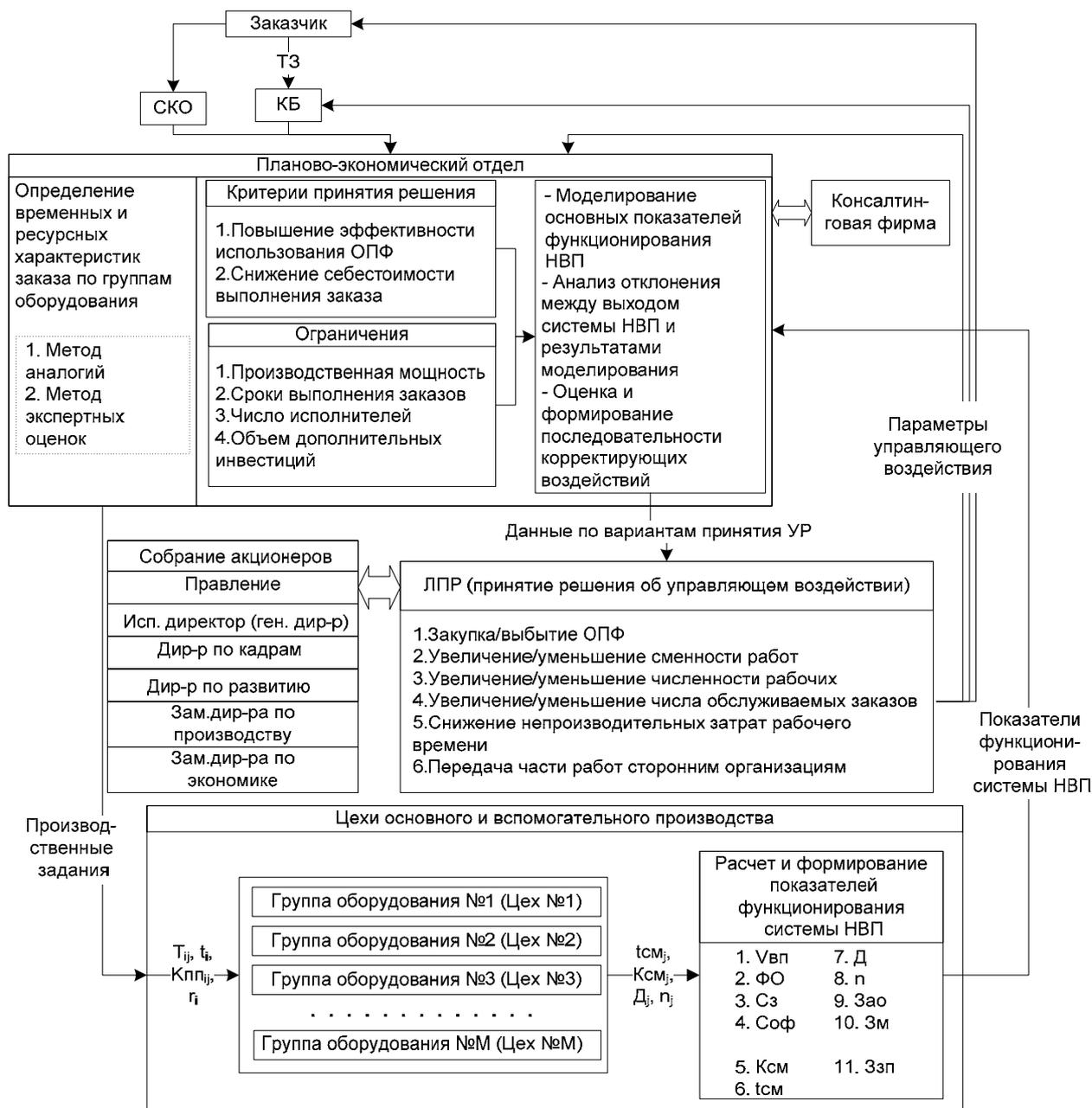


Рис. 1. Функциональная схема взаимосвязей структурных элементов системы НВП

Путем адаптации балансовой модели В.В. Леонтьева для наукоемкого высокотехнологического производства была получена Балансовая модель предприятия с n подразделениями, m участками, выполняющими k заказов (см. рис. 3).

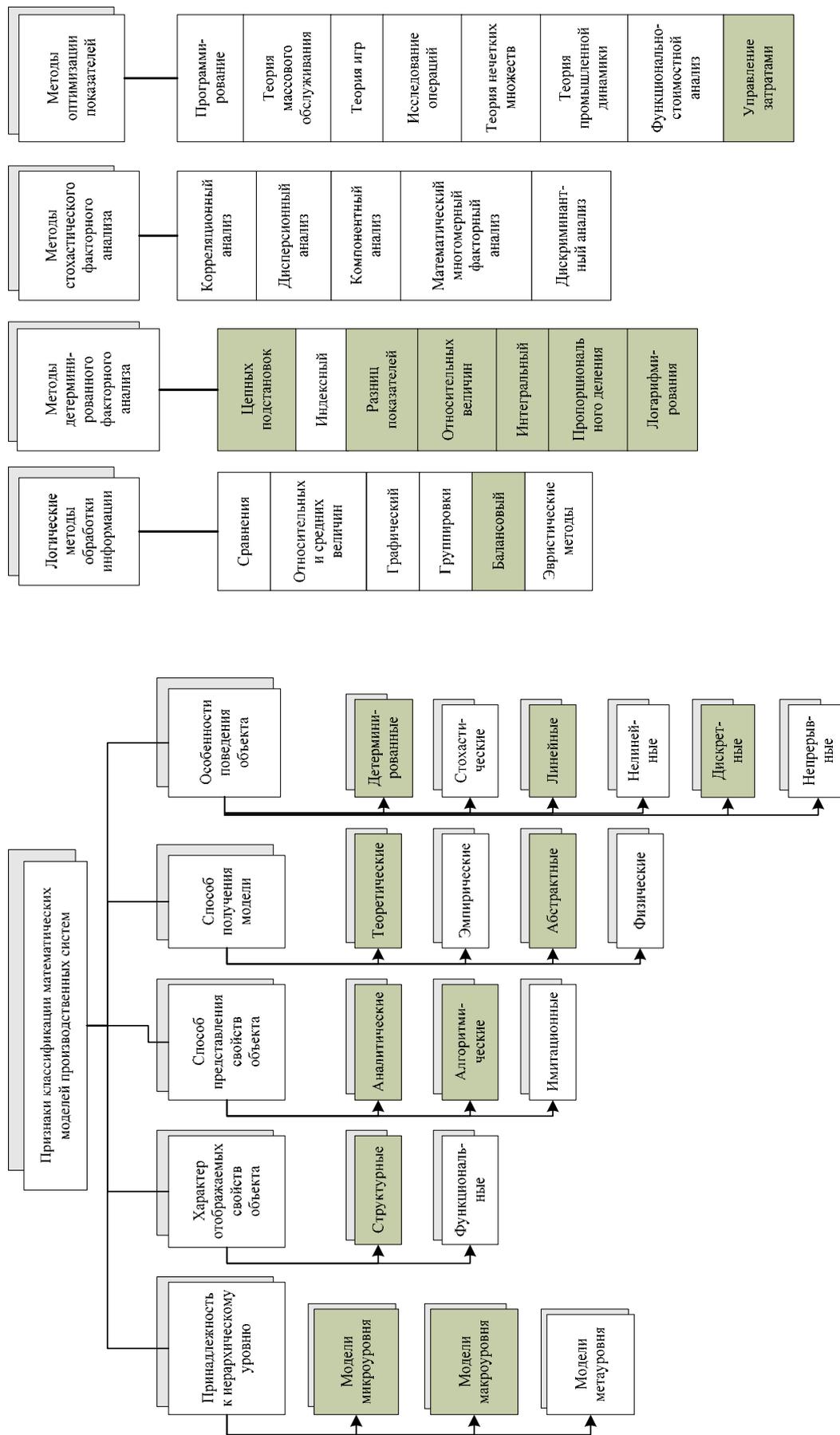


Рис. 2. Модели и методы количественного исследования производственных систем

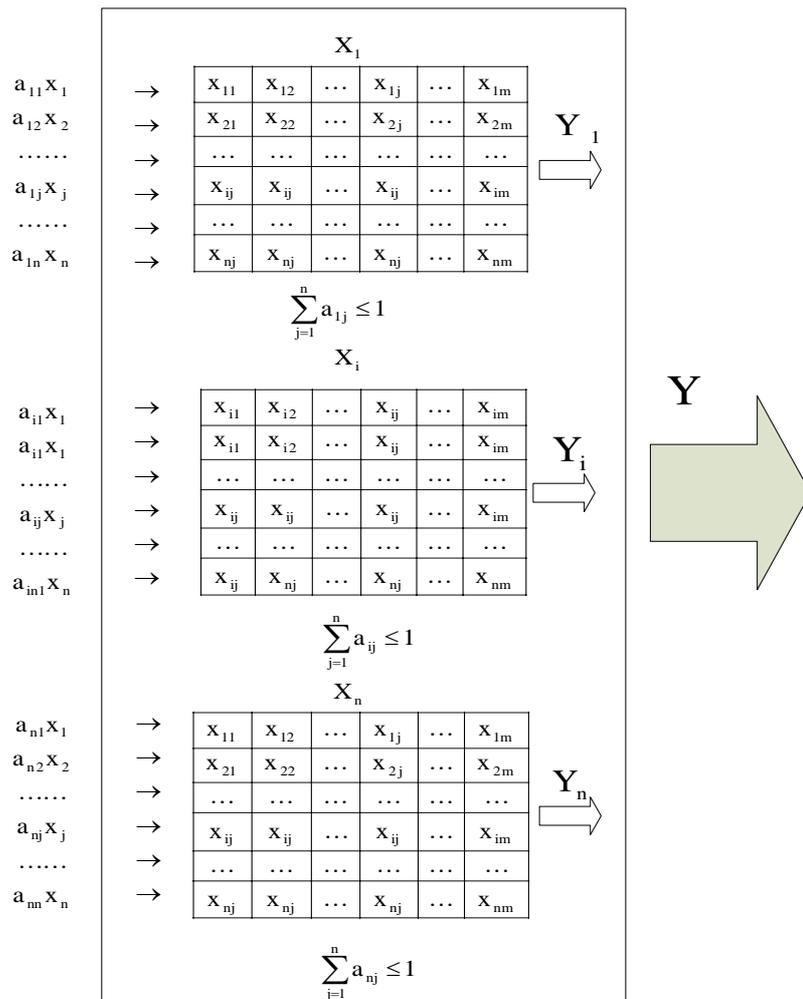


Рис. 3. Информационная модель наукоемкого высокотехнологичного производства

Балансовая модель подразделения с m участками, выполняющими k заказов:
 $X=BZ$. (3)

Z – выпуск продукции участками.

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_i \\ \dots \\ X_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11}z_{11} + b_{12}z_{12} + \dots + b_{1m}z_{1m} \\ b_{21}z_{21} + b_{22}z_{22} + \dots + b_{2m}z_{2m} \\ \dots \\ b_{i1}z_{i1} + b_{i2}z_{i2} + \dots + b_{im}z_{im} \\ \dots \\ b_{n1}z_{n1} + b_{n2}z_{n2} + \dots + b_{nm}z_{nm} \end{pmatrix}$$

Для k заказов

$$X^* = \sum_{l=1}^k A_l X^* + Y^*, \quad Y^* = (E - \sum_{l=1}^k A_l) X^* = P^* X^*, \quad X^* = (E - \sum_{l=1}^k A_l)^{-1} Y^* = (P^*)^{-1} Y^*$$

$$a_{ij} = \sum_{j=1}^n a_{ij} \leq 1. \quad (4)$$

По формуле Крамера для системы уравнений $PX = Y$

$$X_1 = \frac{D_1}{D}; X_2 = \frac{D_2}{D}; \dots X_n = \frac{D_n}{D}. \quad (5)$$

D_i – определитель, полученный из D заменой столбца, составленного из коэффициентов P_{kj} при неизвестном X_j столбцом составленным из Y_i :

$$D_1 = \begin{vmatrix} y_1 & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_n & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{vmatrix}. \quad (6)$$

Представленные модели позволяют рассмотреть следующие постановки задач:

1. По известному X найти Y . Она решается после преобразования матриц из соотношения: $Y = (E - A)X$.

Входной информацией является вектор валовой продукции, выходной – потребление.

2. По заданному потреблению найти валовую продукцию: $X = (E - A)^{-1}Y$

Здесь решается задача планирования выпуска продукции подразделений для желаемого потребления Y .

Особенности рассматриваемых балансовых моделей, которые необходимо учитывать при программной реализации вычислительных методов и выборе инструментальных средств:

- размерность матрицы,
- количество исследуемых переменных, представленных в аналитической форме,
- разреженность матрицы (процентное отношение нулевых элементов $p_{ij}(k_1, k_2, \dots, k_m)$ к их общему числу);
- а также допускается, что отдельные элементы модели являются *полиномиальными* выражениями, зависящими от показателей ПХД системы НВП.

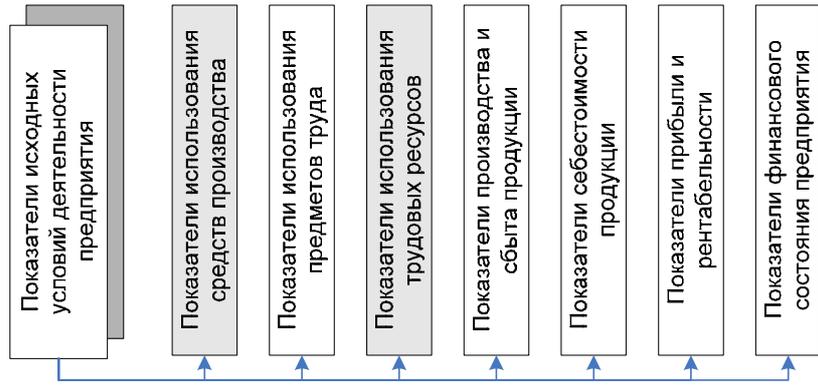
Ограничениями на параметры вычислительного процесса являются время обращения матрицы и точность при вычислениях.

Исследование системы показателей производственно-хозяйственной деятельности предприятия с учетом специфики НВП позволило выявить основные группы показателей, необходимые для решения поставленных задач снижения себестоимости продукции НВП за счет увеличения фондоотдачи уникального дорогостоящего оборудования (см. рис.4).

Следовательно, при разработке конкретной производственной программы надо учесть сроки и объемы поставок продукции на рынок (чем обычно занимается отдел маркетинга — план сбыта) и максимальную равномерную загрузку производственных мощностей (за это отвечает ПДО). Соответственно на основании производственной программы должны быть сформированы (или скорректированы) другие разделы комплексного плана предприятия.

Производственная программа содержит данные по производству и реализации продукции по объемным показателям (вал, товар, реализация),

Система показателей комплексного анализа
производственно-хозяйственной
деятельности предприятия



Структурно-логическая модель анализа
фондорентабельности и фондоотдачи

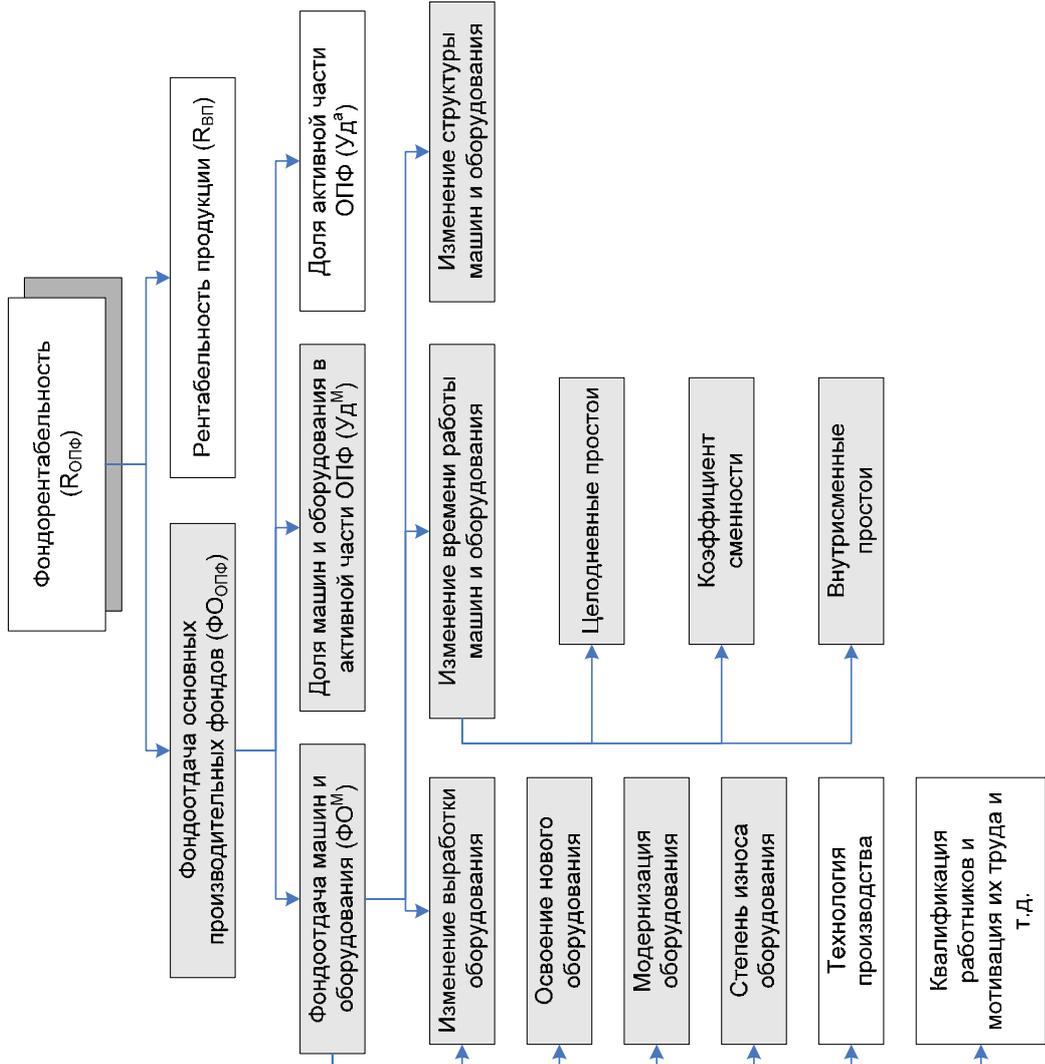


Рис. 4. Система показателей комплексного анализа

номенклатуре, ассортименту и качеству с разбивкой по календарным периодам, исходя из плана сбыта и является результатом согласования следующих целей фирмы:

- получение максимальной прибыли;
- учет реальных финансовых и иных ресурсных возможностей;
- возможно полное удовлетворение потребностей рынка сбыта;
- максимальное снижение производственных издержек, в т.ч. и максимально возможная загрузка оборудования.

Оптимизация плана заключается в согласовании противоречивых требований выполнения календарных сроков поставок по договорам с потребителем и снижения производственных издержек (в первую очередь, полной загрузки оборудования) с учетом изменяющихся ограничений по ресурсам.

С целью получения количественной оценки степени использования основных средств НВП был разработан метод преобразования первичной информации для количественной оценки степени использования основных фондов НВП, представляющий собой последовательность этапов.

1. Определение суммарного портфеля заказов:

$$\Pi_3 = \sum_{i=1}^n Z_i = \sum_{i=1}^k Z_i' + \sum_{i=1}^l Z_i'' + \sum_{i=1}^p Z_i''' , \quad k, l, p \geq 0, \quad k + l + p = n, \quad (7)$$

где Z_i' – заказы, находящиеся в производстве; Z_i'' – заказы, поступившие от внешних заказчиков; Z_i''' – заказы внутренние.

2. Представление параметров заказа функционалом:

$$Z_i = F(T_{ij}, t_i, k_{mi}, r_i \dots), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (8)$$

при условии выполнения неравенства:

$$\sum_{j=1}^m t_{ij} \leq t_i \times k_{mi}, \quad (9)$$

3. Расчет соответствующих заказам суммарных трудоемкостей по группам оборудования:

$$T'(M_j) = \sum_{i=1}^k T_{ij}, \quad T''(M_j) = \sum_{i=1}^l T_{ij}, \quad T'''(M_j) = \sum_{i=1}^p T_{ij}. \quad (10)$$

4. Определение производственного потенциала оборудования:

$$T(M_j) = M_j \times t_{cmj} \times k_{cmj} \times D_{ед.об.j}, \quad (11)$$

5. Расчет длительности работы j -ой группой оборудования по i -му заказу:

$$t_{ij} = \frac{T_{ij}}{T(M_j)_{он}}, \quad (12)$$

где $T(M_j)_{он} = M_j \times t_{cmj} \times k_{cmj}$, – дневная мощность оборудования j -ой группы оборудования

6. Определение количества рабочих и рабочего времени, необходимого для выполнения определенного объема работ:

$$n_{pa6} = \frac{T(M_j)}{t_{pa6j}}, \quad t_{pa6j} = t_{cmj} \times D_{ed.ob.j}. \quad (13)$$

7. Расчет величины фонда амортизационных отчислений за исследуемый период времени:

$$\Phi_{ам.отч} = \sum_{j=1}^m C^{of}(M_j) \times r_{aj} = \sum_{j=1}^m \Phi_{ам.отч.j}, \quad (14)$$

где $\Phi_{ам.отч.j} = C^{of}(M_j) \times r_{aj}$ – фонд амортизационных отчислений по j -ой группе.

8. Определение доли амортизационных отчислений, входящих в состав себестоимости выполнения заказа:

$$\Delta\Phi_{ам.отч.ij} = \Phi_{ам.отч.j} \times k_{t_{ij}}, \quad (15)$$

где $k_{t_{ij}}$ – поправочный коэффициент:

$$k_{t_{ij}} = \frac{T_{ij}}{M_j \times t_{cmj} \times k_{cmj} \times t_{норм}}. \quad (16)$$

9. Формирование системы интегрированных показателей анализа производственно-хозяйственной деятельности предприятия:

$$X = F(V_{mn}, Z_{ao}, Z_{zn}, Z_m, C_{of}, D_p, t_{cm}, k_{cm}, n_p, D_{нев}, t_{непр}, \dots), \quad (17)$$

10. Формирование адаптированной балансовой модели функционирования НВП на основе разработанной системы интегрированных показателей анализа производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

11. Анализ производственного потенциала предприятия с целью определения возможности выполнения потенциального портфеля заказов (в соответствии с системой интегрированных показателей анализа производственно-хозяйственной деятельности предприятия).

12. Визуализация результатов анализа с помощью РМД с целью обеспечения наглядности и обоснованности в процессе принятия управленческих решений по формированию потенциального портфеля заказов наукоемкому высокотехнологичному производству.

В отличие от известных разработанный метод позволяет учитывать любую степень детализации выполнения производственной программы предприятия и осуществлять автоматизированное управление ею, используя наглядную визуализацию результатов с помощью радиально-метрических диаграмм. В основе метода лежит многоуровневая балансовая модель НВП, использующая систему показателей комплексного анализа производственно-хозяйственной деятельности.

Для наглядной визуализации анализа эффективности ОПФ НВП в целях обеспечения автоматизированного управления производственной программой был применен математический аппарат радиально-метрических диаграмм, который в процессе автоматизированного управления производственной программой позволит однозначно определить степень адекватности

существующих возможностей НВП требованиям, накладываемым потенциальным портфелем заказов (см. рис. 5).

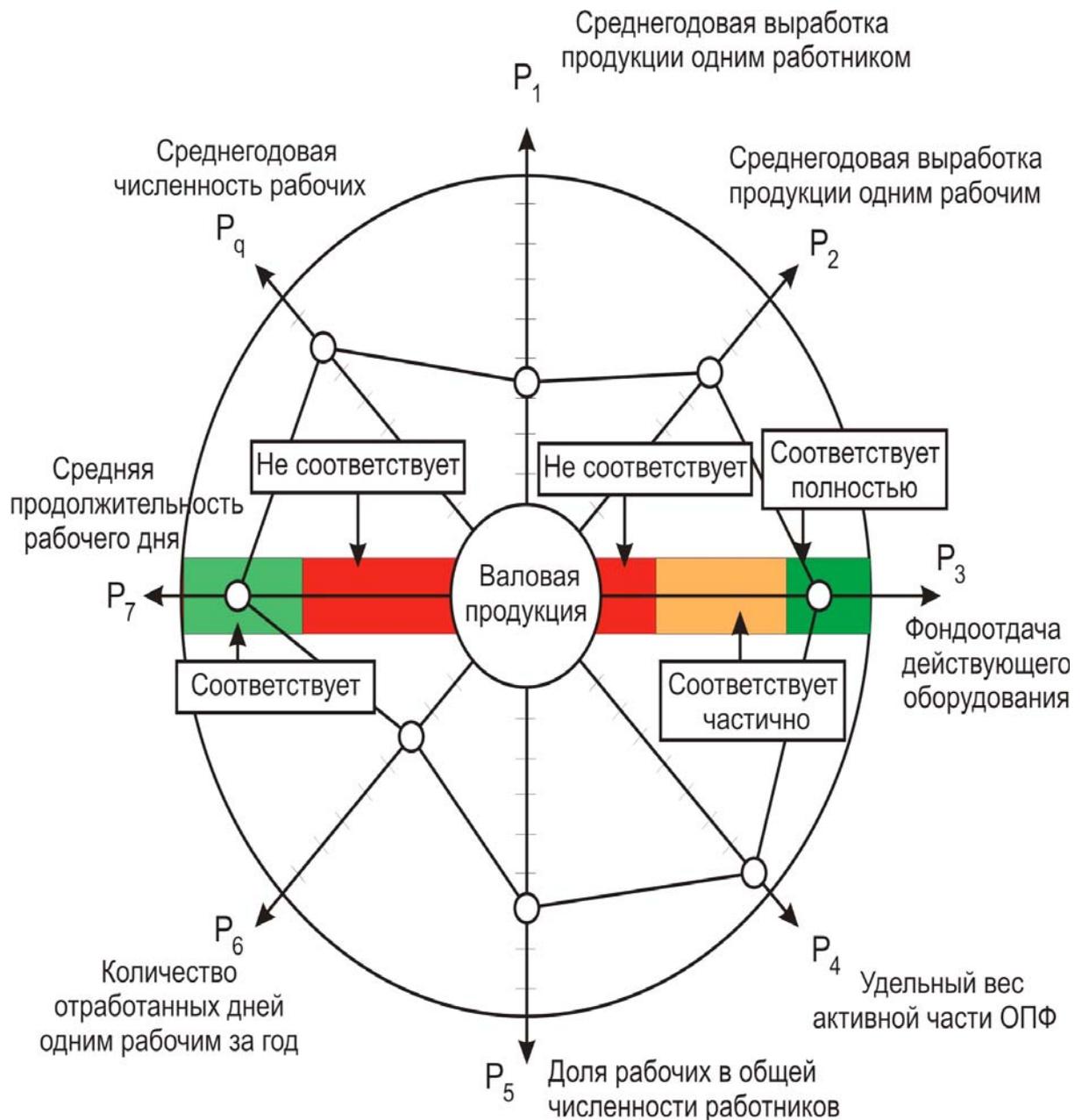


Рис. 5. Визуализация результатов анализа эффективности НВП

Интеграция разработанных моделей, метода и информационной технологии экономического мониторинга наукоемкого высокотехнологического производства в систему автоматизированного управления предприятием представлена на схеме экономического мониторинга НВП в АСУП (см. рис. 6).

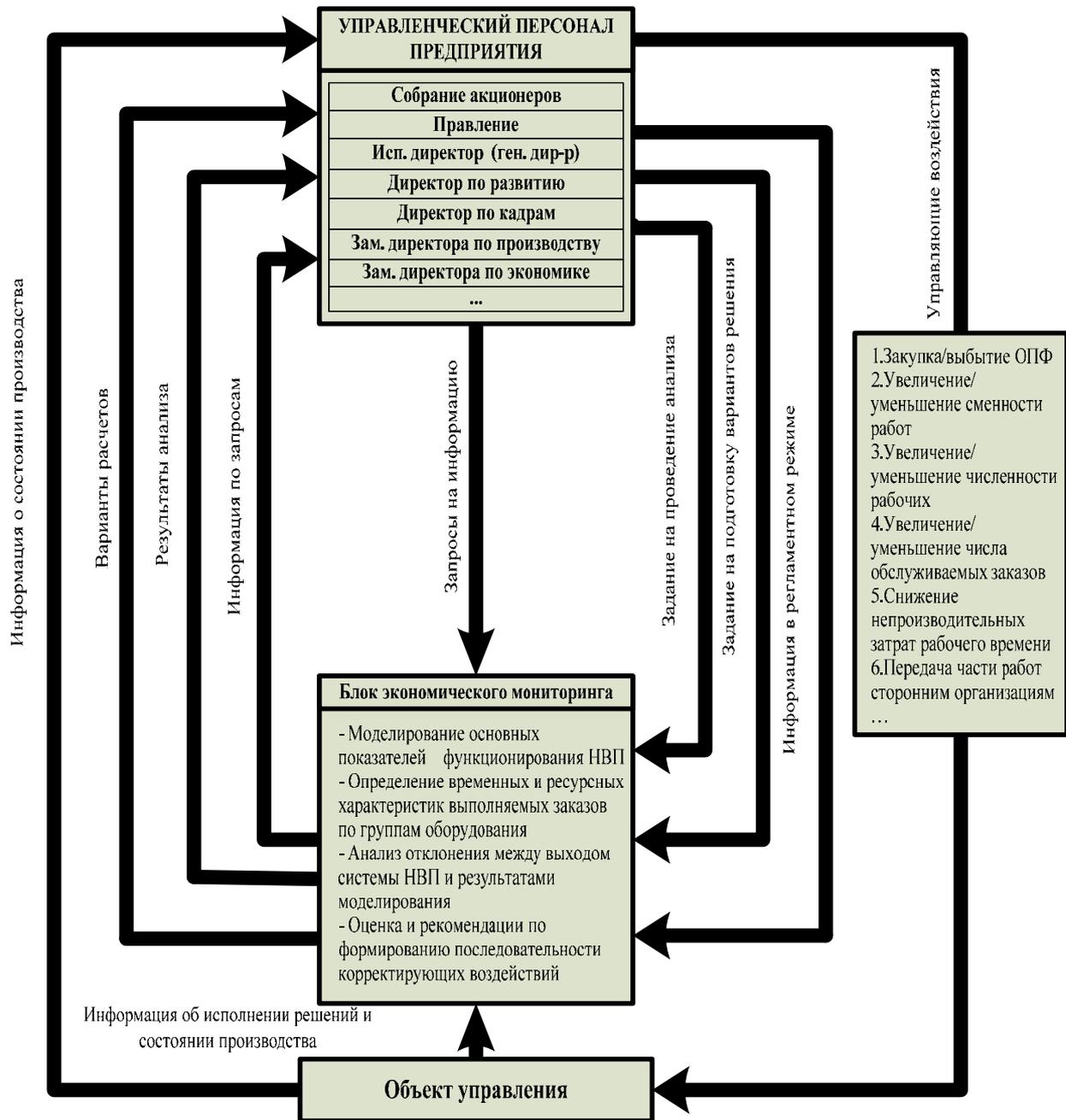


Рис. 6. Схема экономического мониторинга НВП в АСУП

На основании чего, с учетом ранее разработанной функциональной схемы взаимосвязей структурных элементов системы НВП была предложена процедура автоматизированного управления производственной программой НВП (см. рис. 7).

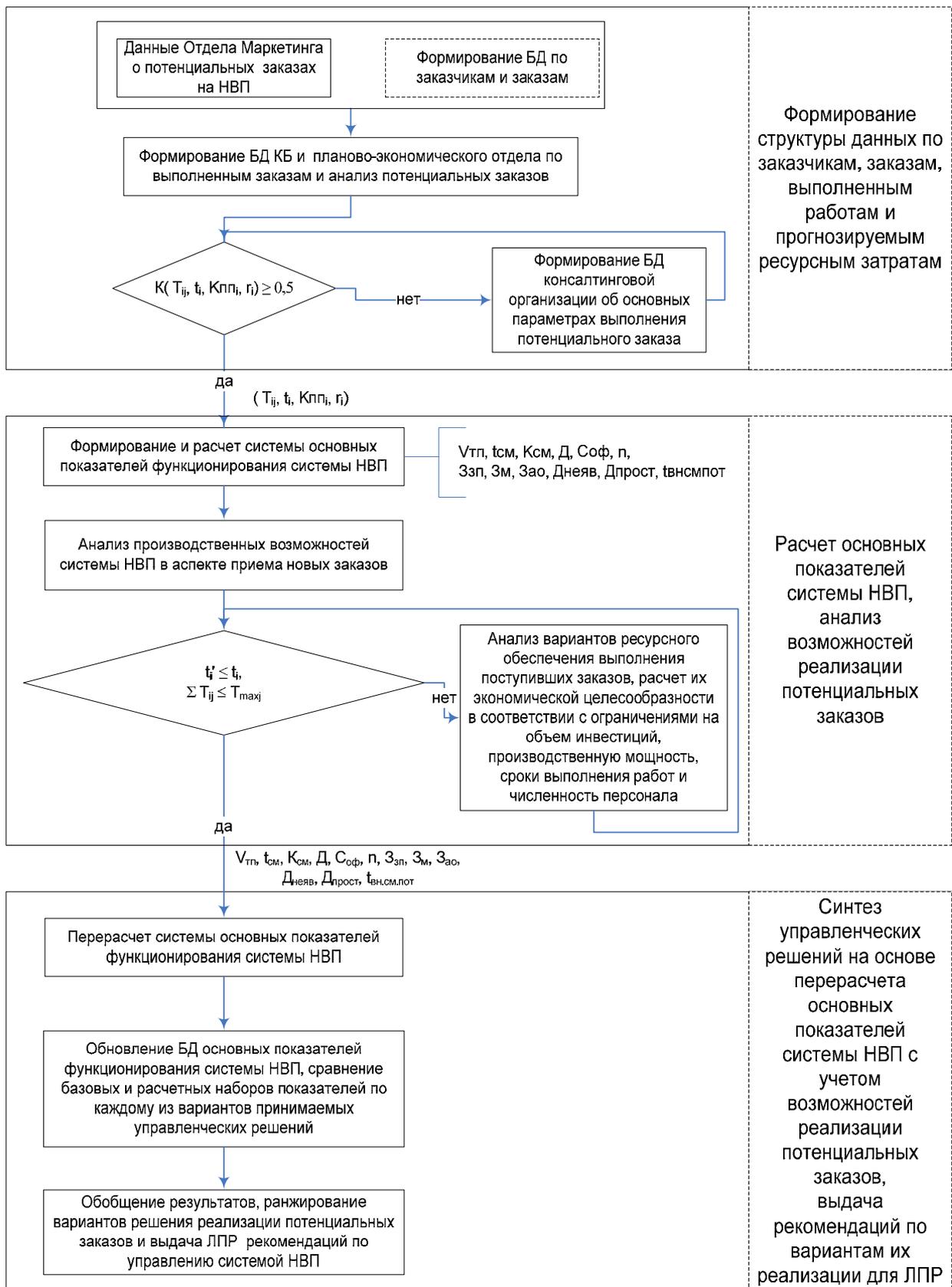


Рис. 7. Процедура оценки эффективности в сфере автоматизированного управления производственной программой НВП

На базе интегрированной системы показателей с помощью применения адаптированной балансовой модели, аппарата РМД и реализованной на их основе информационной технологии экономического мониторинга на одном из харьковских предприятий были проведены:

- анализ эффективности использования ОПФ НВП;
- анализ ХД НВП на основе интегрированной системы показателей использования трудовых ресурсов.

На основании проведенного анализа предложены пути повышения эффективности использования ОПФ НВП.

Выводы

Получила дальнейшее развитие информационная модель описания производственных систем за счет адаптации ее к задачам экономического мониторинга наукоемкого высокотехнологичного производства с учетом его специфических особенностей, путем включения в нее системы показателей использования средств производства и трудовых ресурсов, что позволяет осуществлять мониторинг производственной деятельности с заданной степенью детализации и на ее основе разработан метод преобразования первичной информации для количественной оценки степени использования основных фондов НВП по системе показателей комплексного анализа производственно-хозяйственной деятельности, основанный на многоуровневой балансовой модели, позволяющей в отличие от известных, учитывать любую степень детализации выполнения производственной программы предприятия и осуществлять автоматизированное управление ею, используя наглядную визуализацию результатов с помощью радиально-метрических диаграмм.

Список литературы

1. Вартанян В.М., Узун Д.Д. Особенности структуры организации производства наукоемкой высокотехнологичной продукции в задачах формирования управленческих решений // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2005. – Вып. 26. – С. 117-122.

2. Узун Д.Д. Модели и методы анализа состояния наукоемкого высокотехнологического производства в целях поддержки принятия управленческих решений // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», – 2005. - Вып. 27. – С. 215-218

О цифровой идентификация личности

В последнее время значительно повысился интерес к тематике цифровой идентификации личности, что принято связывать с ростом угроз международного терроризма, проблемами процессов демократизации при переходе к информационному обществу. Интерес к цифровой идентификации личности возрастает также в связи с увеличением объемов торговых операций, осуществляемых через глобальные компьютерные сети, в частности через Интернет.

Цифровая идентификация личности неразрывно связана с такими понятиями, как идентификация личности, биометрия, электронная цифровая подпись, электронные регистры, паспорта. Данная статья большей частью посвящена биометрическим аспектам цифровой идентификации личности.

Идентификация личности (лат. *Identificare*) – отождествлять. Установление тождества личности человека по совокупности признаков путем сравнительного их исследования. В следственной и судебной практике осуществляют Идентификация личности подозреваемых в совершении преступления, уголовных преступников, неизвестных лиц, задержанных правоохранительными органами, неизвестных трупов и др. (Медицинская справочная, <http://medarticle12.moslek.ru/articles/17940.htm>)

Биометрия (англ. *Biometrics*) – технология идентификации личности, использующая физиологические параметры субъекта (отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза и т. д.) (Википедия)

Биометрические технологии активно применяются во многих областях связанных с обеспечением безопасности доступа к информации и материальным объектам. С целью цифровой идентификации личности многие государства в ближайшей перспективе планируют ввести в обращение паспорта с биометрическими данными. Приведем лишь некоторые примеры, свидетельствующие об этих процессах.

В рамках безвизовой программы США подписала с 27 странами соглашение, по которому граждане этих государств смогут въезжать на территорию США сроком до 90 дней без визы при обязательном наличии биометрических документов. Начало действия программы – 26 октября 2005.

Британское правительство намерено с 2008 года выдавать визы с биометрическими данными тем иностранцам, которые намерены въехать в Великобританию для работы, обучения или проживания на срок более шести месяцев. Для этого по всему миру будут организованы 150 центров для сканирования биометрических данных.

В Российской Федерации уже утверждена форма нового заграничного паспорта. За 2006 год в России выдано около 3 тысяч загранпаспортов с биометрическими данными. В 2007 новый российский загранпаспорт будет введен в массовое обращение. Паспорт включает фотографию, сделанную методом лазерной гравировки и отпечатки пальцев.

Украина также не стоит в стороне от применения биометрических данных при решении определенных задач.

Постановлением Кабинета Министров Украины от 9 ноября 2004 года № 1500 на выполнение Указа Президента Украины от 30 апреля 2004 года № 500 «Про создание Единого государственного реестра физических лиц» (в данный момент указанные Постановление Кабинета Министров Украины и Указа Президента Украины недействительны) была утверждена Концепция создания Единого государственного реестра физических лиц, которая предусматривала, в качестве основы построения информационного обеспечения этого Реестра, использование данных биометрической идентификации и машинночитываемой информации.

Концепция создания Единого государственного реестра физических лиц дала определение термина «биометрическая идентификация», как способу подтверждения личности, принадлежности паспорта его владельцу путем распознавания и сопоставления, зафиксированных носителями биометрической информации биометрических данных (цвету глаз, рисунка сетчатки глаза, отпечатков пальцев, геометрии руки, а также рисунка лица).

23-го февраля 2007 года Верховный Совет Украины 233 голосами народных депутатов принял Постановление Верховного Совета Украины «Про внесение изменений в Постановление Верховного Совета Украины «Про утверждение положений о паспорте гражданина Украины и свидетельства о рождении», которым утверждается «Положение о паспорте гражданина Украины для выезда за границу».

Этим «Положением о паспорте гражданина Украины для выезда за границу» предусматривается внесение ведомостей до страницы данных паспорта путем лазерной гравировки и лазерной перфорации. Кроме того, предусматривается, что дополнительная информация (в частности, биометрическая) о владельце паспорта, содержание которой определяется действующим законодательством, может отображаться бесконтактным электронным носителем, который вмонтирован в паспорт.

Однако необходимо заметить, что принятое указанное Постановление Верховного Совета Украины создаёт определенную юридическую коллизию – одновременно действует и Указ Президента Украины «О внесении изменений в Положение о паспорте гражданина Украины для выезда за границу и признания утратившими силу некоторых указов Президента Украины» от 10 марта 2005 года № 457, положения которого не предусматривают применения при изготовлении заграничных паспортов ни лазерной гравировки, ни лазерной перфорации, ни дополнительной информации (в частности, биометрическая) о владельце паспорта, кроме как, по просьбе гражданина Украины, данных про его место проживания, номера телефона, а также группы крови и резус-факторе.

15 декабря 2006 года 255-ю голосами народных депутатов Украины Верховный Совет Украины принял в первом чтении проект Закона Украины «О Национальном демографическом регистре». В статье 9 «Информация регистру» этого проекта Закона Украины предусматривается, в случае принятия Верховным Советом Украины соответствующих решений, внесение в паспорт гражданина Украины для выезда за границу и биометрических данных личности, а также применение биометрической информации для идентификации личности на электронном носителе (микрочипе), который предполагается вмонтировать в правый форзац документа. Также этот законопроект предполагает использование

высокотехнологичных методов изготовления документов, в том числе и лазерное гравирование, и лазерную перфорацию.

Два основных подхода к биометрической идентификации

Существующие процедуры биометрической идентификации личности условно можно разделить на два класса (<http://www.pniei.penza.ru/sbornik/s8893/s8893.htm>).

Первый класс – это статические методы, построенные на анализе статических образов; к ним относятся системы идентификации личности по геометрии руки, папиллярному рисунку пальца, по особенностям радужной оболочки глаза, по геометрическим параметрам лица и т.д.

Второй класс – это динамические методы идентификации личности, построенные на анализе динамики воспроизведения сложных подсознательных движений; к ним, например, относятся методы идентификации по голосу, подписи, особенностям клавиатурного почерка.

Существуют промышленные системы, охватывающие оба названных подхода, например, предлагаемая компанией Motorola полнофункциональная цифровая система Omnitrak. В этой комплексной биометрической системе могут храниться самые различные изображения: отпечатки пальцев и ладоней, фотоснимки лиц, образцы подписей, описания граждан, с которых сняты отпечатки пальцев, а также различные документы: заявления о приёме на работу, паспортные данные, данные уголовных расследований и т.д. (*CNews.ru*).

Современные методы статической биометрической идентификации

Статические методы биометрической идентификации личности основываются на неотъемлемых физиологических характеристиках человека данных ему от рождения. К этим методам относятся:

- **Анализ отпечатков пальцев.** В основе этого метода лежит уникальность для каждого человека рисунка папиллярных узоров на пальцах. Данная технология является самой распространенной среди всех биометрических методов.

Компания NEC разработала сенсор для распознавания отпечатков пальцев, вероятность ошибки (false acceptance rate, FAR) которого – менее одной десятиmillionной, что на два порядка лучше, чем у распространенных в настоящее время сенсоров.

Компания Microsoft начала продажи USB-устройства распознавания отпечатка пальца "Fingerprint Reader". Новинка совместима со всеми версиями операционной системы Windows XP, включая Media Center Edition и Tablet PC Edition, ее стоимость \$75. Устройство "Fingerprint Reader" позволяет ассоциировать отпечаток пальца с паролями пользователя и использовать его для быстрого доступа, например, к веб-сайтам, требующих ввода пароля, или же для быстрой смены пользователя, в случае если компьютером пользуются несколько человек и т.д.

Компания APC также представила биометрический менеджер паролей (Biometric Password Manager) – персональный сканер отпечатков пальцев, облегчающий пользователям компьютеров управление личными паролями. Биометрический менеджер паролей запоминает до двадцати эталонов отпечатков пальцев, что позволяет хранить пароли двадцати пользователей на одной компьютерной системе. Для идентификации пользователю достаточно приложить к устройству палец. В комплект поставки включен кабель USB длиной 1,8 м и совместимое с операционными системами Windows (XP, ME, 2000 и 98) программное обеспечение, позволяющее хранить неограниченное количество имен пользователей и паролей.

Российская компания Смартлок, поставщик биометрических дверных замков, объявила о применении в смартлоках оптических сенсоров нового поколения, использующих технологию распознавания nRoll-360, которая позволяет прикладывать палец к сенсору под любым углом, до 360°. Новые сенсоры используют усовершенствованный алгоритм распознавания, который сам разворачивает изображение и сравнивает его с эталоном. Показатели ошибок – вероятности непропуска «своего» (FRR – False Reject Ratio) и пропуска «чужого» (FAR – False Accept Ratio) составляют рекордные показатели 0,001% и 0,0001% соответственно (*Sec.ru*).

- **Анализ формы ладони.** Данный метод, построен на геометрии кисти руки. С помощью специального устройства строится трехмерный образ кисти руки, по которому формируется свертка и распознается личность. Например, устройство под названием «Biometric Hand Reader» IR Recognition Systems одновременно анализирует более 31,000 точек руки и производит более 90 измерений руки, определяя соответствие человека и его ID. Такая процедура занимает менее секунды и производит идентификацию с высокой степенью точности.

- **Анализ формы лица.** В данном методе идентификации строится трехмерный образ лица, выделяются контуры бровей, глаз, носа, губ и т.д. Компания Lenovo приступила к поставкам индийским покупателям новых ноутбуков Y300 и Y500. Ноутбуки оснащены встроенной системой биометрической идентификации Veriface. Указанная система идентифицирует хозяина ноутбука по его лицу. Моментальное фото хозяина преобразуется в цифровую "карту" лица владельца ноутбука, и она превращается в "пароль" для доступа в Windows и прикладные программы. Таким образом, сами пароли владельцу ноутбука ни создавать, ни тем более запоминать и постоянно вводить не требуется. Министерство внутренней безопасности США (The U.S. Department of Homeland Security, DHS) одобрило стандарт по лицевому распознаванию, разработанный, чтобы соответствовать международным биометрическим стандартам, используемым в таких приложениях, как проездные документы.

- **Анализ запаха.** Не так давно химики из Лестерского университета разработали устройство, способное распознавать людей и местность по запаху. Электронный нос сможет узнать марку духов или определить "владельца" дыхания или запаха тела менее чем за минуту, анализируя летучие органические соединения и сравнивая их с имеющимися в базе данных. Таким образом, к набору биометрических данных о человеке добавился еще один параметр – "отпечаток запаха".

Кроме названных статических методов биометрической идентификации личности можно указать еще и на такие, как анализ радужной оболочки глаза и анализ ДНК, а также имеются и другие методы.

Динамическая идентификация – идентификация психологическая

Динамические методы биометрической идентификации личности основываются на поведенческой характеристике человека, т.е. построены на особенностях, характерных для подсознательных движений в процессе какого-либо действия. Динамические биометрические процедуры идентификации личности основываются на анализе подписей, особенностей голоса, клавиатурного почерка, других признаках сложных подсознательно управляемых движений.

Привлекательной чертой систем динамической идентификации является то, что они способны параллельно с идентификацией оценивать текущее психическое состояние личности. Динамика подписи и динамика воспроизведения голосом ключевой фразы существенно изменяется, например, при опьянении или при попадании личности в стрессовое состояние. По этой причине динамические методы рассматриваются как психологические. Рассмотрим некоторые из этих методов:

- **Анализ почерка.** Как правило, для этого вида идентификации человека используется его подпись. Анализируется как сама подпись (степень схожести начертаний), так и динамическим характеристикам написания. Например, ученые из Римского университета, проводившие работы под руководством Джузеппе Ширрипа Спаньоло, разработали трехмерную технологию анализа рукописных надписей, позволяющую с очень высокой точностью идентифицировать автора документа или подписи. Система выявляет микроскопические углубления, оставленные ручкой на бумаге, и "ямки", образующиеся в местах пересечения линий. В результате может быть составлен своеобразный "портрет" подписи. Далее, сравнивая тестируемый образец надписи с оригиналом, можно без труда выявить подделку. В частности, точность распознавания в ходе экспериментов достигла 90 процентов в общем случае и 100%, когда речь шла о надписи, сделанной шариковой ручкой на бумаге.

- **Анализ клавиатурного почерка.** Основной характеристикой, по которой строится свертка для идентификации – динамика набора кодового слова;

- **Анализ голоса.** При этом анализируются различные сочетания частотных и статистических характеристик голоса.

- **Анализ энцефалограммы.** В процессе электроэнцефалографического исследования определяется область и интенсивность электрических импульсов длительностью в несколько миллисекунд в мозге пациента. Система осуществляет мониторинг электрической активности мозга и отправляет информацию по беспроводной связи на компьютер. Далее формируется своеобразный цифровой портрет пользователя. При последующей идентификации снимаемая электроэнцефалограмма сравнивается с ранее записанной, и компьютер делает вывод о личности человека.

- Другие методы, в которых применяется, например, трехмерное моделирование движения. В банке датского городка Альсгарде во время грабежа

один из двоих преступников убил посетителя ([Sec.ru](#)). Система охранного телевидения DigiEye зарегистрировала событие. Однако, несмотря на регистрацию изображений, полиция не смогла сразу идентифицировать грабителей, которые были в капюшонах. Была использована новая технология, которая объединяет изображения, полученные с помощью видеоохранной системы и фотограмметрическое программное обеспечение PhotoModeler. Методика фотограмметрических измерений генерирует точные 3D модели и точные измерения пропорций тела по изображениям охранного телевидения. Анимация реберных моделей людей, дает возможность выяснить, являются ли пропорции тела и движения подозреваемого идентичными пропорциям тела и движениям злоумышленника. Доказательство, обеспеченное фотограмметрическими изображениями PhotoModeler позволило найти и наказать преступников.

Области применения

Можно назвать некоторые из большого списка областей применения методов биометрической идентификации:

- **Паспорта, проверка граждан, въезжающих в страну.** Например, США расширяют применение программы оценки автоматизированных процедур биометрической проверки отъезжающих «US-VISIT» в отношении иностранных граждан. Иностранцы, отбывающие из США, должны пройти регистрацию в качестве выезжающих в специальных регистрационных кабинках. Как и при прохождении процедуры регистрации при въезде, при прохождении процедуры проверки въезжающих будет производиться контроль их проездных документов, электронное сканирование двух отпечатков указательных пальцев в регистрационной кабинке и изготовление цифрового фотографического снимка, после этого въезжающие получают печатную квитанцию о прохождении регистрации. Министерство внутренней безопасности США сообщило, что сформированная в рамках программы US-VISIT база отпечатков пальцев соискателей американских виз включает сведения о 70 млн. человек.

- **Корпоративные системы идентификации сотрудников.** Около 1300 сотрудников Пентагона пользуются системой идентификации по отпечаткам пальцев U.are.U Pro компании DigitalPersona Inc. в рамках пилотного проекта, который был инициирован отделом информационных технологий Министерства Безопасности США. Зарегистрированные пользователи входят посредством одного отпечатка пальца в восемь различных защищенных программ, например, в программу бухгалтерского учета. Также биометрическая система компании DigitalPersona используется для предоставления доступа пользователям Common Access Cards для подписи электронных документов и работы с электронной почтой. Заявки в службу обеспечения по поводу проблем с паролями снизились на 90%, в то время как процент обращений в службу по поводу биометрической идентификации, составил лишь 0,05%. Компания Ingersoll Rand Security Technologies объявила об очередном внедрении разработанной ею биометрической системы учета рабочего времени. Российский биометрический портал Biometrics.ru со ссылкой на пресс-релиз Ingersoll Rand Security Technologies сообщает, что упомянутая система функционирует в офисе

израильской фирмы DBtell, которая специализируется в сфере телемаркетинга и предоставляет заказчикам услуги колл-центра.

- **Охранные системы.** Компания bioMETRX приступила к выполнению заказов на новые биометрические терминалы контроля доступа в гаражи. Для идентификации пользователей терминала используются сведения об отпечатках их пальцев. Уже в первом квартале 2007 г. bioMETRX планирует отгрузить потребителям, дистрибьюторам и ритейлерам до 30 тысяч биометрических терминалов. Большой заказ получен от крупнейшей сети Home Depot, серьезный интерес к новинке проявляют три ведущих производителя гаражных ворот. Объем продаж биометрических терминалов на 2007 год в целом оценивается в 150 тысяч штук. Южнокорейские производители сотовых телефонов в последнее время охотно оснащают свои аппараты системой распознавания отпечатков пальцев. Система задумана таким образом, что отпечатки пальцев являются ключиком для доступа к телефону. Поскольку отпечатки пальцев уникальны для каждого человека, то считается, что такая система безопасности телефона очень надежна. Однако, на самом же деле любой, кто владеет паролем, сможет получить доступ к телефону (*Российский биометрический портал*).

- **Платежные системы.** Компания Brown Investments объявила о выпуске нового платежного киоска серии Pinnacle, одной из ключевых функций которого служит идентификация пользователя по отпечаткам пальцев. Кроме отпечатков пальцев, киоск может узнавать клиентов и по другим идентификаторам, принимать чеки, устанавливать их подлинность и даже за небольшую комиссию выпускать платежную дебетовую карту, счет которой будет равен сумме чека.

- **Медицинские системы.** В скором времени работники локомотивных и поездных бригад РЖД, обслуживающих поездные рейсы, будут отправляться в путь, имея на руках персонифицированные флэш-карты, содержащие полную информацию о состоянии здоровья и результаты предрейсовых медицинских осмотров. Медицинская информация на флэш-карте структурирована по следующим разделам: информация для экстренных ситуаций (группа крови и резус-фактор, аллергические реакции, телефоны лечащих врачей, номер страхового полиса, оперативные вмешательства, текущие назначения и т.п.); основная информация (поликлинический и стационарный эпикризы на момент последних посещений медицинских учреждений) о состоянии пациента с возможностью быстрого перехода к первичным результатам обследований (рентгеновским снимкам, ЭКГ и пр.); полная медицинская карта пациента; для локомотивных бригад в карте содержатся данные предрейсовых обследований.

- **Образование.** Британское управление квалификационных испытаний и учебных планов распространило доклад на тему "Цифровые технологии и мошенничества на экзаменах и тестах". Доклад был подготовлен группой экспертов университета Nottingham Trent и в качестве ключевых рекомендаций содержит выводы о необходимости расширить применение технологий биометрической идентификации и нанотехнологий. Глава группы экспертов Джин Ундервуд отмечает, что наряду с интернет-плагиатом и активным использованием средств мобильной связи на экзаменах еще одним видом мошенничества во время различных испытаний становится имперсонализация – участие в тестах одних людей вместо других. Как полагает Ундервуд, единственным способом

подтвердить идентичность того, кто должен проходить тест, и того, кто на самом деле явился на тестирование, служит биометрическая идентификация.

- **Игорный бизнес.** Иллинойс станет первым американским штатом, где вводится обязательная идентификация личности клиентов казино при входе. (<http://www.all-games.ru/news/2006/06/26/nn8481.html>). Эта процедура должна оградить игорные дома от посещений патологических игроков. Сканирование штрих-кодов на документах позволяет сверить данные клиента с базой данных о нежелательных игроках и гражданах. Таким образом, автоматически происходит отсев малолетних желающих сыграть во «взрослые» игры – тех, кто младше двадцати одного года.

Недостатки методов цифровой идентификации личности

Практически все существующие методы опознавания по биометрическим параметрам основаны на недоказанной гипотезе "уникальности" этих параметров и их неизменности в течение всей жизни человека. При этом известно, что существующие модели не позволяют адекватно описать 4 – 6% населения Земли, кроме того, инструментальная погрешность методов составляет зачастую десятки процентов. Так профессор антропологии Университетского колледжа Лондона Анжела Сесс утверждает, что биометрические сканеры, которые будут использоваться в системе внутренних паспортов Великобритании, о которых говорилось выше, невозможно применять для идентификации людей с некоторыми физическими недостатками (SecurityLab.ru). К примеру, применение сканеров сетчатки глаза будет сложным для тех, кто носит очки или контактные линзы, а человек, больной артритом, не сможет ровно положить палец на сканер отпечатка. «Процент тех, для кого невозможно использовать биометрию, оказывается гораздо больше, чем предполагалось», – считает профессор. В Западной Европе почти половина населения ходит в очках или носит контактные линзы. Преступники, по словам г-жи Сесс, смогут легко обмануть биометрические системы. Некоторые срезают свои отпечатки пальцев или сжигают их кислотой.

Социальные угрозы

Бесспорно, любой сбор персональных данных, в том числе и данных, идентифицирующих личность, без согласия граждан незаконен и противоречит Конституциям многих стран, в частности, Украины. Вместе с тем, уже открыто обсуждается вопрос о дублировании учетной записи на теле человека для его идентификации. Общеизвестно, что лишь в гестапо, узникам давали личный номер, который потом дублировался в виде татуировки на правой руке взрослых или ноге ребенка. В 1946 году Нюрнбергским Международным трибуналом такие деяния были осуждены как преступления против человечности. Вместе с тем, в ходе процессов глобализации, через шесть десятилетий, на самом высоком уровне все чаще звучат призывы рассматривать человека как объект штрихового кодирования. Европейская комиссия по этике в 2005 году заявила: "Применение ИКТ имплантантов для слежения и надзора допустимо, если законодатель решит, что в этом существует срочная и оправданная потребность". Для идентификации физических лиц, кроме технологий штрихового кодирования, предлагается также

использовать подкожные микрочипы, устройства слежения и обнаружения людей, в которых применяют источники энергии и системы актуализации, позволяющие функционировать годами без подзарядки. Энергия в них генерируется электромеханически от движения человеческого тела. Предполагается, что занесенные в микрочип документа такие характеристики, как "отпечатки пальцев, отпечатки ладони, результаты анализа ДНК, цифровой образ лица, сетчатки глаза и другие" позволят однозначно утверждать, что находящийся в том же микрочипе идентификационный номер принадлежит конкретному человеку.

В итоговых документах круглого стола, организованного Государственной Думой Федерального Собрания РФ еще 2001 г. отмечено, что в русле глобализационных проектов просматриваются явные признаки создания нового общественного устройства, которое можно определить как "электронный концлагерь". В этих же документах говорится, что переход в ближайшей перспективе к применению биоэлектронных устройств (вживляемых "меток" и "чипов") превратит свободную личность в гибрид человека с машиной.

Кроме того, как отметил профессор В. Ильин (<http://www.volsk.info/>), в результате возможных хакерских атак цифровая идентификация может превратиться в высокоточное оружие, массового поражающее права и возможности людей, приводящее к утрате таких прав и свобод, как презумпция невиновности, права защиты информации личного характера, свобода передвижения, свобода политического волеизъявления, и т.д.

Перспективы рынка

Несмотря на вышесказанное, развитие мирового биометрического рынка выглядит весьма перспективным. Аналитическая служба компании International Biometric Group (IBG) подготовила обзор тенденций развития мирового биометрического рынка на 2007 – 2012 гг. Согласно оценкам экспертов этой компании, оборот на отраслевом рынке, за пять лет увеличится почти в 2,5 раза, с 3,01 млрд. долларов США в 2007 г. – до 7,41 млрд. долларов в 2012 г.

Лидерами развития биометрического рынка станут государственные программы идентификации, реализуемые правительствами различных стран в общенациональных масштабах, и новое направление – "потребительский" сегмент средств идентификации.

По удельному весу технологий, позволяющих идентифицировать людей с помощью различных идентификаторов, биометрический рынок в 2007 г. будет сегментирован следующим образом: наиболее значительная доля (38,1%) останется за средствами идентификации по отпечаткам пальцев; второе место сохранится за средствами идентификации по лицу (19,0%); на третье место выйдет идентификация по радужной оболочке глаз (7,7%), причем оборот компаний, действующих в этом сегменте, к 2010 г. достигнет 400 млн. долларов. Эксперты IBG оптимистично оценивают и перспективы средств идентификации по рисунку вен. Прогнозируется, что в сегменте средств контроля физического доступа доля этих средств со временем достигнет 10%.

Межкадровое полиадическое кодирование изображений с выявлением серий одинаковых элементов

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

1. Введение

Основные требования, предъявляемые к аппаратным средствам систем управления, а системы связи являются основой этих средств, связаны с обеспечением оперативности обмена требуемым объемом и видом информации, а также с устойчивостью систем связи к внешним воздействиям. Для этого в процессе управления необходимо обеспечить: своевременность, информативность, достоверность, надежность, устойчивость к несанкционированному доступу и преднамеренным помехам. Причем требуется учитывать как особенности прикладной области, так и то, что построение систем управления проводится в условиях ограниченности финансовых средств. Отличительная особенность систем управления железнодорожным (ЖД) транспортом заключается в перевозке пассажиров и опасных грузов. В этом случае существует потребность в передаче жизненно важной информации в кратчайшие сроки. В этих условиях одним из эффективных стандартов организации систем связи является стандарт TETRA [1].

2. Формулировка проблемы

Основное противоречие существующее в процессе организации передачи данных на ЖД транспорте состоит в том, что с одной стороны для снижения вероятности принятия не правильных и не своевременных решений необходимо организовывать видеоинформационное взаимодействие диспетчеров с объектами контроля и управления, а с другой стороны в настоящее время передача видеоданных в стандарте TETRA не проводится. Главная причина такого противоречия заключается в больших объемах видеоданных и относительно низких скоростях передачи для средств радиосвязи. Уменьшение объемов видеоданных возможно за счет их компактного представления. Существующие методы не обеспечивают требуемых степеней сжатия изображений без потери качества [2; 3]. Это обусловлено нестационарностью статистических характеристик изображений. Отсюда **цель статьи** заключается в разработке методов сжатия, базирующихся на выявлении новых закономерностей в фрагментах изображений, учитывающих особенности функционирования систем управления ЖД транспортом.

3. Обоснование выбора направления повышения степени сжатия изображений

Особенность организации видеоинформационного взаимодействия на ЖД транспорте состоит в том, что значительная часть информации передается о стационарных объектах. В этом случае изменяется только часть объектов. Значит в последовательности изображений, несущих информацию о объектах контроля и

управления, существует межкадровая избыточность [4]. Однако, изменение обстановки имеет нестационарный характер, а информация должна доводиться без потерь качества. В связи с этим методы, основанные на устранении статистической и психовизуальной избыточности изображений, не обеспечат требуемой степени сжатия. Поэтому предлагается осуществлять сжатие последовательности изображений на основе полиадического кодирования, сокращающего комбинаторную избыточность [4].

4. Разработка межкадрового полиадического кодирования массивов длин серий

В связи с тем, что в последовательности кадров существуют области, не меняющие своего содержания, то предлагается предварительно осуществлять выявление серий одинаковых элементов с последующим формированием массивов длин серий L :

$$L = \{l_{ij}\}, i = \overline{1, m_{дс}}, j = \overline{1, n_{дс}}. \quad (1)$$

где l_{ij} - длина ij -й серии одинаковых элементов; $m_{дс}$, $n_{дс}$ - размеры массива длин серий.

В вычислительной системе длины серий представляются стандартными машинными словами, а их сжатие достигается в результате полиадического кодирования. В этом случае метод сжатия состоит из следующих этапов:

На первом этапе необходимо задать начальные параметры процесса сжатия. К таковым относят: величина машинного слова M , максимальная длина серии l_{max} , количество сравниваемых кадров v_k , количество строк n и столбцов m формируемого массива.

На втором этапе происходит выявление длин серий (рис 1).

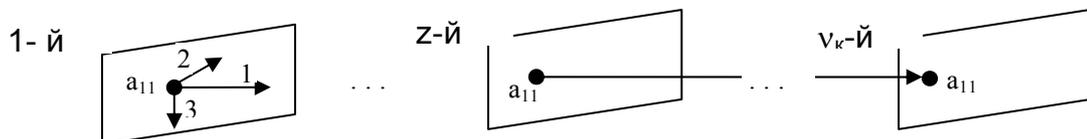


Рис. 1. Схема выявления серий одинаковых элементов в последовательности кадров

На рис. 1 направление обхода элементов в последовательности кадров задается следующими направлениями: 1 - путь, выявления серий одинаковых элементов между кадрами; 2, 3 – путь выявления серий внутри кадра. При этом серии выявляются путем сравнения элементов, расположенных в соседних кадрах на одинаковых позициях. Процесс выявления серий задается следующими действиями:

1.1. Выявляются серии одинаковых элементов в последовательности кадров. Если между элементами на позициях $(i; j)$ в соседних кадрах выполняется равенство, то длина текущей ξ -й серии увеличивается на 1, т.е. $l_{\xi} = l_{\xi} + 1$. В случае, когда равенство элементов выполняется для элементов a_{ij} и $a_{i+1, j}$, то процесс формирования длины текущей серии продолжается для очередной последовательности элементов, расположенных в смежных кадрах на позиции $(i + 1; j)$.

1.2. Если равенство между элементами не выполняется, то заканчивается процесс формирования длины текущей серии и начинается процесс образования длины очередной серии.

В соответствии с этапами процесса выявления серий система выражений для получения их длин имеет вид: $l_{\xi} = 1$, если не выполняется равенство между: элементами на позиции $(i; j)$ в соседних кадрах; элементом a_{ij} в v_k -м кадре и элементом $a_{i+1, j}$ в первом кадре; элементом a_{mj} в v_k -м кадре и элементом $a_{1, j+1}$ в первом кадре; $l_{\xi} = l_{\xi} + 1$, если выполняется равенство между: элементами на позиции $(i; j)$ в соседних кадрах; элементом a_{ij} в v_k -м кадре и элементом $a_{i+1, j}$ в первом кадре, т.е. $a_{ij} = a_{i+1, j}$; элементом a_{mj} в v_k -м кадре и элементом $a_{1, j+1}$ в первом кадре, т.е. $a_{mj} = a_{1, j+1}$. Процесс выявления серий продолжается до тех пор пока не будет обработан элемент a_{mn} в v_k -м кадре.

На третьем этапе осуществляется формирование массива длин серий L и матрицы C цветовых характеристик серий:

$$\begin{cases} c_{ij} = a_{ij}, & \leftarrow a_{i, j-1} \neq a_{ij}; \\ l_{i, j-\xi-1} = \xi + 1, & \leftarrow a_{i, j-1} = a_{ij} \text{ и } a_{i, j-1} = a_{i, j-\xi-1}; \\ l_{i, j-1} = 1, & \leftarrow a_{i, j-2} = a_{i, j-1} = a_{i, j}, \end{cases} \quad (2)$$

где c_{ij} - элемент массива цветовых координат C ;

Система выражений (2) позволяет сформировать массивы длин серий и цветовых координат для предложенного подхода при выявлении серий одинаковых элементов в изображении. Формирование последовательности цветовых координат проводится из исходного изображения с учетом сдвига на количество элементов, равное серии одинаковых элементов. Если длина $i j$ - й серии одинаковых элементов равна ξ , то текущий элемент $c_{i, j+\xi}$ цветовой координаты находится на расстоянии l_{ij} от предыдущего c_{ij} элемента цветовой координаты.

На четвертом этапе проводится формирование кодовой комбинации сжатого представления массивов длин серий, которая состоит из: служебной и информационной частей. В служебную часть входит информация об отведенном количестве бит на передачу минимального значения массива длин серий l_{\min} , а также о максимальном количестве бит на матрицу оснований λ_i полиадического числа. Информационная часть кодовой комбинации содержит код полиадического числа. Общая схема вычисления полиадических кодов столбцов массива L задается выражениями [4]:

$$N_j = \sum_{i=1}^{m_{dc}} l_{ij} h_i; \quad h_i = \prod_{\xi=i+1}^{m_{dc}} \lambda_{\xi}, \quad \text{где } N_j -$$

значение полиадического числа для j -го столбца массива L , $j = \overline{1, n_{dc}}$; λ_{ξ} - максимальное значение длины серии в ξ -й строке массива L , увеличенное на единицу; h_i - накопленное произведение величин λ_{ξ} для $m_{dc} - i - 1$ строки. Процесс полиадического кодирования завершается тогда, когда под каждое число N_j отводится некоторое количество разрядов M_j [4]. Для определения величины M_j используется правило отбора элементов массива длин серий,

основанное на неравенстве $N_j < \prod_{\xi=1}^{m_{dc}} \lambda_{\xi}$. Поэтому добавление элементов столбца массива длин серий в полиадическое число, для которого формируется код, организуется на основе правила $M_j < \prod_{\xi=1}^{m_{dc}} \lambda_{\xi}$. В результате полиадического кодирования массивов длин серий даже незначительное уменьшение диапазона способно привести к снижению затрат разрядов на представления полиадических чисел N_j , а, следовательно, к повышению коэффициента сжатия, так как полиадическое кодирование является кодированием динамических диапазонов. Минимальное значение длины серии (по определению) равно единице. Поэтому всегда можно сократить диапазон массивов L как минимум на 1. Затем определяем максимальное число бит на передачу матрицы оснований. Это число определяется выражением $m_{dc}(\log_2 \ell_{\max} + 1)$.

Таким образом, разработаны основные этапы метода сжатия на основе межкадрового полиадического кодирования массивов длин серий. Созданный метод обеспечивает компактное представление последовательности изображений без внесения погрешности.

5. Выводы

На основе изложенного можно сделать следующий вывод. Разработан метод межкадрового полиадического кодирования изображений с выявлением серий одинаковых элементов. Научная новизна созданного метода заключается в том, что в отличие от других методов сжатие изображений без потери качества достигается за счет: сокращения межкадровой избыточности в последовательности кадров, обусловленной неизменным содержанием части кадров; уменьшения комбинаторной избыточности, вызванной неравномерностью динамических диапазонов длин серий, выявленных в различных областях последовательности кадров. Практическая значимость результатов состоит в том, что за счет дополнительного повышения степени сжатия видеоданных без потери качества время передачи данных снижается в среднем на 20%.

Список литературы

1. 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.
2. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Бондарев В.Н, Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Севастополь: СевГТУ, 1999. – 398 с.
4. 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.

Элементы и устройства функциональной микроэлектроники. Резонаторы на поверхностных акустических волнах: модели базовых структур

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

1. Постановка задачи

ПАВ-резонатор является перспективным элементом для применения в устройствах обработки сигналов. Высокودобротные ПАВ-резонаторы используются в качестве частотных каналов фильтровых ПАВ-процессоров, для синтеза многоэлементных полосовых фильтров, в высокостабильных автогенераторах и пр. [1,4,5]. Дифференциальные структуры различной топологии на основе высокодобротных ПАВ-резонаторов могут составить основу прецизионных датчиков различных физических величин: давления, температуры, влажности, характеристик электромагнитного поля, плазмы и пр. Современная технология и техника проектирования позволяют создавать прецизионные высокотехнологичные ПАВ-резонаторы и фильтры в очень популярном диапазоне частот десятки-сотни мегагерц с приемлемыми массогабаритными и высокими эксплуатационными характеристиками [3].

2. Резонатор на основе протяженного ВШП.

Простейший ПАВ-резонатор реализуется в виде протяженного ВШП (рис.1,а), реактивная акустическая проводимость которого достаточно велика по сравнению с емкостной проводимостью (рис.1,б). Полная проводимость многоэлементного двухфазного ВШП определяется соотношением [7]

$$Y = G_a \left(\frac{\sin^2 x}{x^2} \right) + j \left(2\pi f C_{\text{пр}} + G_a \frac{\sin 2x - 2x}{2x^2} \right) \quad (1)$$

где $x = N_{\text{вшп}} \pi (f - f_0) / f_0$; $C_{\text{пр}}$ - емкость преобразователя; $G_a = 8K^2 f_0 C_{\text{пр}} N$; f_0 - частота синхронизма; K - коэффициент электромеханической связи; $N_{\text{вшп}}$ - число пар электродов.

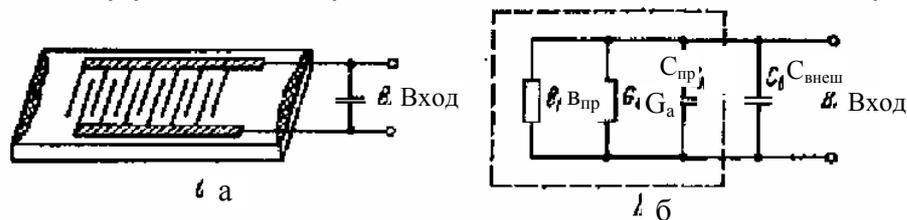


Рис. 1. Структура (а) и эквивалентная схема резонатора (б) с протяженным ВШП

Из выражения (1) следует, что при достаточно большом количестве электродов между электрическими выводами преобразователя наблюдается последовательный резонанс на частоте акустического синхронизма. При этом реактивная составляющая входной проводимости равна нулю, а активная - максимальна. Это ограничивает добротность последовательного резонанса. На частотах выше частоты акустического синхронизма реактивная составляющая входной проводимости

многоэлементного преобразователя имеет индуктивный характер, поэтому возможен параллельный резонанс на частотах, где активная проводимость обращается в нуль:

$$G_a \sin^2 x / x^2 = 0; \quad G_a (\sin 2x - 2x) / 2x^2 = -2\pi f C_{\text{п}}. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (2), находим частоту параллельного резонанса $f_p = f_0(1 + 1/N)$. Минимальное число пар электродов в преобразователе определяется неравенством $N_{\text{min}} \geq \pi^2 / 4K^2$. Для ниобата лития YZ-среза $K^2 = 0,05$ и $N_{\text{min}} \approx 49$; для пьезокварца YX-среза $K^2 = 0,002$ и $N_{\text{min}} = 1230$. Наибольшее значение добротности резонатор имеет при условии $N_{\%0\text{ш}} = \pi^2 / 4K^2$, т. е. на частоте параллельного резонанса f_p , где активная составляющая входной проводимости обращается в нуль, а фазы акустических волн, излучаемых противоположными концами ВШП, отличаются на 180° . При этом излучение поверхностных волн отсутствует и преобразователь обменивается запасаемой энергией с емкостью $C_{\text{внеш}}$. Максимальное значение добротности резонатора на основе протяженных ВШП ограничивается потерями, обусловленными генерацией преобразователем паразитных объемных волн и переизлучением ПАВ смежными электродами. Для уменьшения генерации объемных волн и многократных отражений между электродами применяют многоэлементные преобразователи с "расщепленными" электродами и подложки с малым коэффициентом электромеханической связи. ПАВ-резонаторы рассмотренного типа используются для синтеза полосовых и режекторных фильтров. На рис. 2,а изображена схема полосового фильтра. Здесь емкость C выбирается равной емкости преобразователя $C_{\text{пр}}$. Вдали от резонанса сигналы, прошедшие через емкости C и $C_{\text{пр}}$, компенсируются и напряжение на нагрузке, равно нулю. Вблизи частоты параллельного резонанса f_p сопротивление контура резко возрастает, и сигнал проходит только через ветвь, содержащую емкостной элемент. Схема режекторного фильтра с ПАВ-резонатором изображена на рис. 2.,б. Он получен из Т-образного мостового фильтра при замене емкостных элементов ПАВ-резонатором.

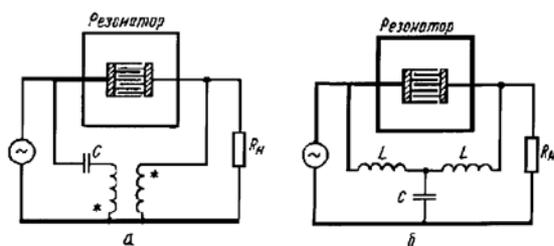


Рис. 2. Полосовой (а) и режекторный (б) фильтры с использованием резонатора на ВШП

Резонаторы типа интерферометра Фабри-Перо. Более добротный и технологичный резонатор типа Фабри - Перо состоит из двух распределенных отражателей с большим коэффициентом отражения, разнесенных на расстояние, обеспечивающее аддитивную интерференцию последовательных отражений между ними. Подобно оптическому интерферометру Фабри - Перо условия резонанса в общем случае выполняются на нескольких частотах (многомодовый режим). Одномодовый режим работы ПАВ-резонатора достигается соответствующим выбором частотных характеристик отражателей и расстояния между ними. Для возбуждения и съема поверхностных волн используются преобразователи встречно-штыревого типа. На рис. 3 показано несколько возможных комбинаций располо-

жения отражающих структур и преобразователей связи на звукопроводе. Одно-входовые конструкции представляют собой двухполюсник с резким изменением импеданса вблизи резонансной частоты (рис.3,а,б,в). Такая конструкция менее удобна, так как при синтезе фильтров возникает необходимость введения дополнительных элементов. Двухвходовые резонаторы имеют передаточную характеристику высокодобротных полосовых фильтров. Встречно-штыревые преобразователи связи могут быть расположены вне полости резонатора (случай слабой связи резонатора с нагрузкой, рис.3,е) и внутри полости резонатора (сильная связь с нагрузкой, рис.3,д,е,ж). Если отражательные структуры выполнены внедрением ионов или диффузией металла и имеют плоскую поверхность, преобразователи могут быть расположены непосредственно над отражателями (рис.3,в,ж). Два преобразователя, достаточно длинных и правильно размещенных, также образуют резонатор (рис.3,з). По аналогии с добротностью оптического интерферометра типа Фабри - Перо ненагруженная добротность резонатора определяется длиной резонансной плотности $l_{эф}$ и модулем коэффициента отражения $|\Gamma|$ отражательной структуры $Q = 2\pi l_{эф} / \lambda (1 - |\Gamma|^2)$. Здесь эффективная длина резонансной полости $l_{эф}$ состоит из расстояния между отражателями l_{Γ} и двойной глубины l_p эффективного проникновения энергии в отражатель: $l_{эф} = l_{\Gamma} + 2l_p$.

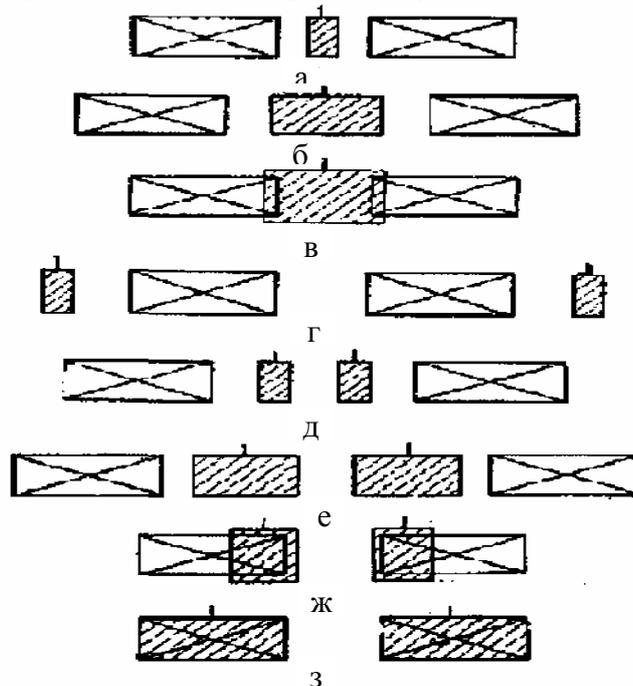


Рис. 3. Возможные схемы расположения отражательных структур и преобразователей связи на звукопроводе

Для получения резонанса на центральной частоте отражательной структуры f_p необходимо выполнение условия баланса фаз $\Phi = \Phi_T + \Phi_{\Pi} = m\pi$; m - целое число, где Φ_T - фаза отражательной решетки; Φ_{Π} - набег фазы при распространении волны между отражателями. Подробнее остановимся на исследовании двухвходового резонатора с сильной связью с нагрузкой, для реализации заданных характеристик которого необходимо получить высокий коэффициент отражения отражательной структуры, выполнить условие баланса фаз в резонансной полости и обеспечить оптимальное расположение ВШП связи в максимумах стоячей волны. В конструкциях применяют **распределенные отражатели (ОР)**, основан-

ные на различных механизмах отражении поверхностной волны. Рассмотрим основные модели ОР. **Модель длинной линии с рассогласованием импедансов.** Наиболее простой моделью периодической отражающей решетки является модель рассогласованной длинной линии [1,4], в которой свободная поверхность подложки представляется как линия передачи с характеристическим сопротивлением Z_0 , а в пределах неоднородности Z_1 . Неоднородности можно выполнить в виде структур [1,4] либо их комбинаций: канавки в материале подложки; разомкнутые металлические полоски; замкнутые металлические полоски; замкнутые через комплексное сопротивление полоски; металлические полоски на подслое металла; полоски из диэлектрика; полоски, полученные ионной имплантацией; полоски, полученные диффузией металла в подложку. Каждый однородный отрезок описывают матрицей передачи. Матрицу всей решетки находят как произведение цепочечных матриц всех участков. На рис. 4 изображены принятые обозначения.

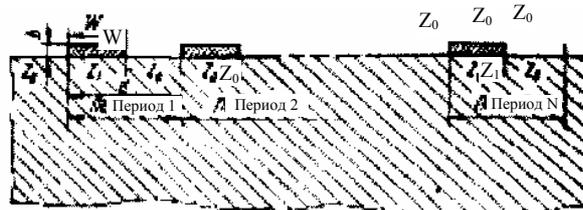


Рис. 4. Модель рассогласованной длинной линии ``отражающих решеток ПАВ

Аналитически матрицу решетки записывают

$$[T_N] = \begin{bmatrix} A_N & B_N \\ C_N & D_N \end{bmatrix} = \prod_{n=1}^N [T_n], \quad (3)$$

где $[T_N]$ - матрица решетки, A_N, B_N, C_N, D_N - ее элементы, $[T]$ цепочечная матрица участка, которая находится как произведение цепочечных матриц отрезков длиной W и $(d - W)$, соответствующих ширине отражающей неоднородности и ширине промежутка между ними:

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos WkjZ_1 & \sin kW \\ (j/Z_1) \sin kW & \cos kW \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos k(d - W) & jZ_0 \sin k(d - W) \\ (j/Z_0) \sin k(d - W) & \cos k(d - W) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $k = 2\pi/\lambda$ - волновое число; W - ширина неоднородности; d - пространственный период решетки; $t = W/(d - W)$ - скважность решетки.

Учитывая введенные обозначения, элементы матрицы $[T]$ будут иметь вид

$$\left\{ \begin{array}{l} A = ((Z + 1)/Z) \cos kd + \frac{Z - 1}{2Z} \cos(1 - 2t)kd; \\ B = jZ_0 \left\{ ((Z + 1)/2) \sin kd - \frac{Z - 1}{2Z} \sin(1 - 2t)kd \right\}; \\ C = \frac{j}{Z_0} \left\{ ((Z + 1)/2Z) \sin kd + \frac{Z - 1}{2Z} \sin(1 - 2t)kd \right\}; \\ D = ((Z + 1)/2) \cos kd - ((Z - 1)/2) \cos(1 - 2t)kd. \end{array} \right. \quad (5)$$

Элементы матрицы $[T_N]$ из выражения (2.91) можно найти, используя полиномы Чебышева 2-го рода

$$A_N = AP_N(y) - P_{N-1}(y); B_N = BP_N(y); C_N = CP_N(y); D_N = DP_N(y) - P_{N-1}(y), \quad (6)$$

где $P_N(y)$ полином Чебышева 2-го рода N -го порядка, $y = A + D$ - след матрицы $[T]$;

$$P_N(y) = \sin[N \arccos(y/2)] / \sin[\arccos(y/2)]. \quad (7)$$

Учитывая выражения теории четырехполюсников, имея значения A_N, B_N, C_N, D_N , нетрудно записать коэффициенты отражения и пропускания решетки, приняв нагрузку эквивалентной линии равной характеристическому импедансу свободного звукопровода Z_0 , что соответствует нанесению на концы реального звукопровода поглощающих покрытий. Коэффициент отражения

$$d = (A_N + B_N/Z_0 - C_N Z_0 - D_N) / (A_N + B_N/Z_0 + C_N Z_0 + D_N). \quad (8)$$

$$\text{Коэффициент пропускания } \pi = 2 / (A_N + B_N/Z_0 + C_N Z_0 + D_N). \quad (9)$$

На первой гармонике отражения решетки, когда $d = \lambda/2$, выражения для модулей коэффициентов отражения и пропускания существенно упрощаются

$$|d| = |Z^{2N} - 1| / Z^{2N} + 1; \quad (10)$$

$$|\pi| = 2Z^N / Z^{2N} + 1. \quad (11)$$

Рассмотренная модель на второй гармонике отражения, когда $d = \lambda$, приводит к результату $[\Gamma] = 0$, что не соответствует экспериментальным данным. Поэтому разработана модель, учитывающая так называемый эффект накопления энергии на краях неоднородности.

Модель накопления энергии на краях неоднородностей. На рис. 5 изображена эквивалентная схема отражающей решетки (ОР) с введением в длинную линию с отрезками различного характеристического импеданса реактивной проводимости jB в сечениях соединения этих отрезков [9].

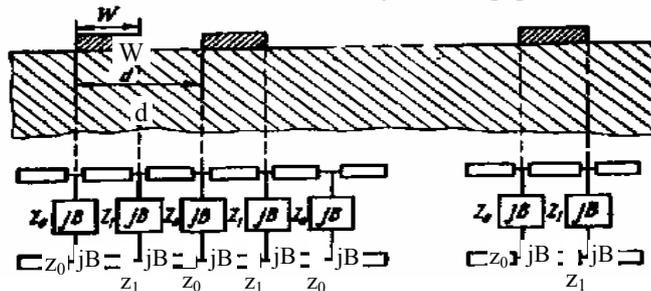


Рис. 5. Модель отражающих решеток с учетом накопления энергии на краях неоднородностей

Модель появилась как результат аппроксимации экспериментальных данных об отражении решеток на второй гармонике. Согласно приведенной эквивалентной схеме, записывают соотношение для коэффициентов отражения от «ступеньки вниз» Γ_d и «ступеньки вверх» Γ_u :

$$\Gamma_d = -\Gamma_u^* \quad (12)$$

Тогда в приближении малых значений характеристических сопротивлений («низких ступенек»), т. е. при $h/\lambda \ll 1$: $\Gamma_u = \varepsilon - jB/2, \Gamma_d = -\varepsilon - jB/2$.

$$\quad (13)$$

Матрица периода ОР теперь будет произведением четырех матриц, две из которых соответствуют подключению реактивной проводимости накопления энергии на краях неоднородностей

$$[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jB & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos kW & jZ_1 \sin kW \\ (j/Z_1) \sin kW & \cos kW \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jB & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos k(d-W) & jZ_0 \sin k(d-W) \\ (j/Z_0) \sin k(d-W) & \cos k(d-W) \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Обозначения в формуле соответствуют формулам (3), (4) и рис. 5.

Элементы матрицы (14) примут вид

$$A = \left\{ \left[1 + (1 - \hat{B}^2 / Z) \right] / 2 \cos kd - ((2/Z) + 1) \hat{B} \sin kd - ((2/Z) - 1) \hat{B} \sin(1 - 2t)kd + \right. \\ \left. + \left[1 - (1 - \hat{B}^2 / Z) \right] \cos(1 - 2t)kd \right\} \quad (15)$$

$$B = (jZ_0 / 2) \left\{ \hat{B} \cos kd + (Z + 1) \sin kd - \hat{B} \cos(1 - 2t)kd + (1 - Z) \sin(1 - 2t)kd \right\};$$

$$C = \frac{j}{2Z_0} \left\{ ((2/Z) + 1) \hat{B} \cos kd + \left[1 + (1 - \hat{B}^2 / Z) \right] \sin kd + ((2/Z) - 1) \times \right. \\ \left. \times \hat{B} \cos(1 - 2t)kd + \left[1 - (1 - \hat{B}^2 / Z) \right] \sin(1 - 2t)kd \right\}$$

$$D = \frac{1}{2} \left\{ (1 + Z) \cos kd - \hat{B} \sin kd + (1 - Z) \cos(1 - 2t)kd + \hat{B} \sin(1 - 2t)kd \right\},$$

где $Z = Z_1 / Z_0$; $\hat{B} = B / Y_0 = BZ_1$.

Рассчитывая коэффициент отражения от единичной неоднородности в приближении (13), приходим к результату

$$\Gamma_d = -2j \exp(-j\pi) (\hat{B} / 2) (-1) = -j\hat{B}. \quad (16)$$

В случае не очень большого числа периодов решетки коэффициент отражения можно выразить следующей формулой:

$$d = -j\hat{B} \exp(-j(N-1)(kd + \hat{B})) \sin N(kd + \hat{B}) / \sin(kd + \hat{B}). \quad (17)$$

Расчет коэффициентов отражения и пропускания решетки с произвольным числом периодов N можно произвести, используя соотношения (6), (7), (8), (9).

Модель ОР с учетом накопления энергии и генерации объемных волн на краях неоднородностей. Дальнейшее уточнение модели ОР производилось введением в эквивалентную схему активной проводимости потерь на генерацию объемных волн на краях неоднородностей $G \sim (h/\lambda^2)$ [10]. На рис. 6, изображена соответствующая эквивалентная схема.

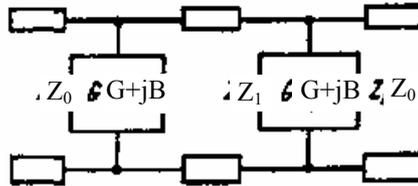


Рис. 6. Модель отражающих решеток с учетом накопления энергии и генерации объемных волн на краях неоднородностей

Запишем элементы матрицы $[T]$ с учетом активной проводимости излучения G :

$$A = \frac{1}{2} \left\{ \left[1 + (1 - \hat{B}^2 / Z) + (\hat{G}^2 + 2j\hat{B}\hat{G}) / Z \right] \cos kd + \left[-((2/Z) + 1) \hat{B} + j[(2/Z) + 1] \hat{G} \right] \sin kd + \right. \\ \left. + \left[1 - (1 - \hat{B}^2 / Z) - \hat{G}^2 + 2j\hat{B}\hat{G} \right] / Z \cos(1 - 2t)kd + \left[-((2/Z) - 1) \hat{B} + j((2/Z) - 1) \hat{G} \right] \sin(1 - 2t)kd \right\}$$

$$B = (jZ_0) \left\{ (\hat{B} - j\hat{G}) / 2 \cos kd + (Z + 1) \sin kd - (\hat{B} - j\hat{G}) \cos(1 - 2t)kd + (1 - Z) \sin(1 - 2t)kd \right\}$$

$$C = j / 2Z_0 \left\{ \left[((2/Z) + 1) \hat{B} - j((2/Z) + 1) \hat{G} \right] \cos kd + \left[1 + (1/Z) + (\hat{G} + j\hat{B})^2 / Z \right] \sin kd + \right.$$

$$\left. + \left[((2/Z) - 1) \hat{B} - j((2/Z) - 1) \hat{G} \right] \cos(1 - 2t)kd + \left[1 - (1/Z) - (\hat{G} + j\hat{B})^2 / Z \right] \sin(1 - 2t)kd \right\};$$

$$D = \frac{1}{2} \left\{ (1 + Z) \cos kd - kd - (\hat{B} - j\hat{G}) \sin kd + (1 - Z) \cos(1 - 2t)kd + (\hat{B} - j\hat{G}) \sin(1 - 2t)kd \right\}$$

Расчет коэффициентов отражения и пропускания решетки производим, подставляя выражения для элементов, матрицы [Г] в соотношения (6) ... (9).

Физическая модель отражающей решетки базируется на решении дифференциальных уравнений движения при распространении волны в решетке [11]. Она учитывает генерацию объемных волн и накопление энергии решетки. Выражение для коэффициента отражения $\Gamma = ja(h/\lambda_p)\xi \sin 2k_p a$, (18)

где $\alpha = 0,7481$ для волн Релея на подложке LiNbO₃ - среза YZ; $k_p = 2\pi/\lambda_p$ - волновое число; $2a$ - ширина неоднородности. Коэффициент

$$\xi = (1/2 \cosh kl) \left[\left((1 - q^N e^{-Nv}) / (1 - qe^v) \right) e^{kL} + \left((1 - q^N e^{-Nv}) / (1 - qe^v) \right) e^{-kL} \right] \quad (19)$$

где L - длина решетки, $v = kd, q = \exp(j2k_p d)$. Как видно из уравнения (18), физическая модель описывает поведение коэффициента отражения только на нечетных гармониках. На четных $\sin 2k_p a$ обращается в нуль.

Повышение адекватности описания процессов отражения ПАВ и генерации ОВ возможно при использовании *обобщенной модели отражающей решетки* [2].

В соответствии с моделью рассогласованной длинной линии частотные свойства отражателя вблизи резонансной частоты f_p описываются приближенными соотношениями

$$\Gamma \cong \left((z-1)/(z+1) \right) \sum_{n=0}^{N-1} \exp(-j2\pi n f / f_p) [1 - \exp(-j2\pi t_n / f_p)] = j2(z-1)/(z+1) \times \\ \times \exp[-j\pi(N+t_n-1)f/f_p] \times \sin(\pi t_n f / f_p) \sin(N\pi f / f_p) / \sin(\pi f / f_p); \Gamma = \exp(-jN\pi f / f_p). \quad (20)$$

Выражение (20) полностью характеризует отражатель. Однако для дальнейшего анализа фазовых соотношений в резонаторе удобнее пользоваться понятием эффективного центра отражения решетки. Это возможно, поскольку наклон ФЧХ вблизи f_p почти постоянен и фазу отражателя Φ_p можно описать линейными соотношениями

$$\Phi_p = -\pi \Delta f / f_p |\Delta z| \cdot p \text{Ц } \Delta z > 0; \Phi_p = \pi (1 - \Delta f / f_p |\Delta z|) \cdot p \text{Ц } \Delta z < 0, \quad (21)$$

где $\Delta z = (z_{01} - z_{02}) / z_{01} = 1 - z$.

В этом случае отражательная решетка эквивалентна плоскому зеркалу, находящемуся на расстоянии l_p от края решетки. Расстояние l_p прямо пропорционально наклону ФЧХ $d\Phi_p / df$: $l_p = N_p d_p = d_p |d\Phi_p / d(f/f_p)| / (2\pi) = d_p / (2|\Delta z|)$. На рис. 7 показаны частотные характеристики и крутизна фазы типичного отражателя с числом элементарных отражателей $N = 4/|\Delta z|$. Известно [8], что для любой отражательной решетки с рассогласованием импедансов Δz существует насыщающее число элементов N_{\max} , сверх которого отражающие свойства решетки практически не изменяются. Это объясняется потерями энергии и переизлучением ПАВ элементами решетки. Экспериментально найдено соотношение $|\Delta z| N_{\max} \cong 3...4$. В зависимости от коэффициента электромеханической связи подложки и геометрии отражающей структуры величина $|\Delta z|$ лежит в пределах 0,004 ... 0,03.

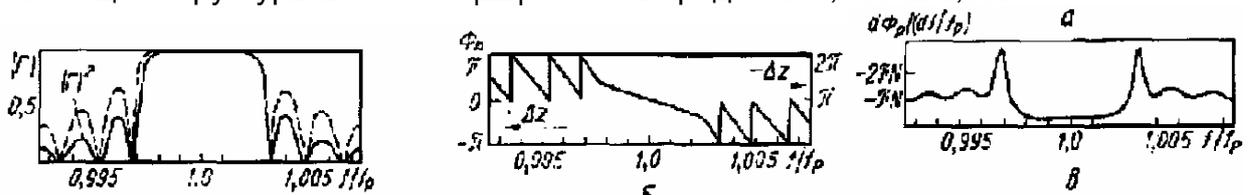


Рис. 7. Частотные характеристики решетки при $\Delta z=0,0008$; $N=500$; а, б – модуль и фаза коэффициента проникновения акустической энергии в решетку

Фазовые соотношения в резонансной полости. На рис. 8, а изображена структура двухвходового резонатора, которая описывается следующими конструктивными параметрами: N - количеством элементов отражательной решетки (ОР); $N_{\text{ВШП}}$ - количеством пар штырей преобразователя; d_p - периодом отражающей решетки, l_p - глубиной проникновения акустической энергии или расстоянием от края отражающей решетки до эффективного центра отражения; $l_{\text{ВШП}}$ - расстоянием между преобразователями; $l_{\text{П}}$ - расстоянием между краями отражающих решеток; $l_{\text{р-ВШП}}$ - расстоянием между решеткой и ВШП; $l_{\text{эф}}$ - эффективной длиной резонансной полости; W - апертурой.

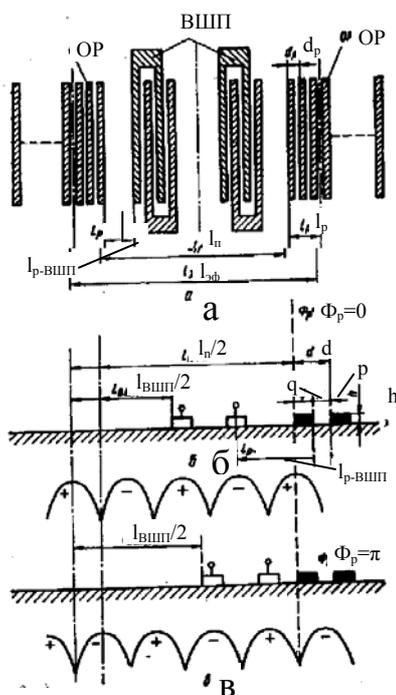


Рис. 8. Схематическое изображение элементов резонатора и распределение поля стоячей волны относительно центра резонансной полости

Возможны два варианта распределения стоячей волны в резонансной полости на центральной частоте отражения решетки f_p . В зависимости от знака расфазирования импедансов Δz фаза на краю решетки может быть равна нулю (рис. 8, б) (соответствует пучности стоячей волны в данной точке) или π (рис. 8, в) (узел стоячей волны). При заданной фазе на краю отражательной решетки Φ_p распределение стоячей волны определяется расстоянием между отражателями $l_{\text{П}}$. Запишем уравнение баланса фаз в резонаторе, считая, что участки звукопровода с нанесенными ВШП лишь незначительно изменяют скорость и не вызывают отражения поверхностной волны. Такое допущение справедливо, например, для резонаторов на ниобате лития, так как они имеют всего 2-3 пары электродов в ВШП, отражением от которых можно пренебречь. С учетом симметрии резонатора уравнение баланса фаз для половины полного колебания

$$\Phi(f_0) = -mn, \quad (22)$$

где f_0 - частота резонанса; m - целое число.

В уравнении (22) фаза падающей волны в центре полости принимается за нулевую, тогда отраженная волна запаздывает (фаза отрицательная). Запишем левую часть уравнения (22) с учетом прохождения волны через различные участки резонансной полости - свободную поверхность, ВШП, отрагатель:

$$\Phi(f_0) = \Phi_T(f_0) - 2\pi \sum_i 2l_i / \lambda_i(f_0),$$

где l_i - физическая длина i -го участка в половине резонатора; $\lambda_i(f_0)$ - длина волны на этом участке при f_0 . Используя выражение $V_i^B = V_f^B + \Delta V_i^B$, где V_f^B - скорость на свободной поверхности; V_i^B - скорость на i -м участке, получаем уравнение баланса фаз при резонансе

$$-mn = \Phi_T(f_0) - 2\pi \sum_i (l_i / d_p) (1 + \Delta f / f_p + \Delta u_p - \Delta u_i). \quad (23)$$

Здесь приняты обозначения $\Delta f = f_0 - f_p$; $\Delta u_i = \Delta V_i^B / V_p^B$; $\Delta u_p = \Delta V_p^B / V_p^B$.

Рассмотрим простейший случай, когда резонатор образован двумя отражателями, а ВШП связи расположены вне резонансной полости (см. рис.3, г). Тогда уравнение (23) упрощается:

$$m\pi = 2\pi (l_n / 2d_p) (1 + \Delta f / f_p + \Delta u_p) - \Phi_p(f_0) \quad (24)$$

Отношение l_n / d_p определим как количество периодов решетки d_p , содержащихся на интервале l_n . В общем случае расстояние между отражателями не кратно периоду решетки

$$l_n / d_p = N_n + \Delta N_n, \quad (25)$$

где N_n - целое число.

Если выбрать $m = N_n$ (при $\Delta z > 0$), уравнение (24) с учетом (25) преобразуем к виду

$$\Delta f / f_p = (\Delta u_p N_n + \Delta N_n) / (N_n + N). \quad (26)$$

При короткой полости ($N_n \ll N$), содержащей целое число периодов решетки d_p ($\Delta N_n = 0$), резонанс возникает на частоте f_0 , отличной от центральной частоты отражательной решетки

$$\Delta f / f_p = \Delta u_p N_n / N_z, \quad \Delta f = f_0 - f_p.$$

Отсюда следует, что для получения резонанса на центральной частоте отражательной решетки необходимо откорректировать длину резонансной полости изменением расстояния между отражателями. Из уравнения (26) находим требуемое значение $\Delta l_n = \Delta N_n d_p$ для условия $f_0 = f_p$, которое является необходимым для получения максимальной ненагруженной добротности резонатора.

Аналогично из уравнения (23) можно найти необходимую коррекцию Δl_n для более сложных резонансных структур (рис.3, а-з). Предварительно необходимо знать относительное изменение скорости Δu_i на каждом из элементов, размещенных внутри резонансной полости. Колебания в резонаторе возможны на частотах, где выполняется баланс фаз в соответствии с уравнением (23). При минимальном расстоянии между отражателями возникает резонанс на одной частоте. Из АЧХ одномодового резонатора можно определить только лишь модуль коэффициента отражения $|\Gamma|$ [уравнение (20)]. Значительно большую информацию можно получить от многомодовых резонаторов: частотную зависимость $\Gamma(\Delta f / f_p)$, фазовый наклон $d\Phi_T / df$, а, следовательно, глубину проникновения в отражатель l_p и значение коэффициента рассогласования акустического импеданса Δz . Последнее особенно важно, так как Δz зависит от многих факторов-свойств материала звукопровода и покрытия, геометрии ОР. Поскольку аналитическое определение Δz затруднено (особенно для отражательных структур с весовой обработкой), многомодовый резонатор является удобным инструментом для количественного опре-

деления этого коэффициента. Частотный интервал $\Delta f_{\text{мод}}$ между двумя смежными модами многомодового резонатора определяется эффективной длиной резонансной полости $\Delta f_{\text{мод}} = u / 2l_{\text{ЭТМ}} = u / 2(l_{\text{П}} + 2l_{\text{Р}})$. Подставляя в последнее равенство выражения для $l_{\text{ЭТМ}}$, находим $\Delta f_{\text{мод}} \cong f_{\text{Р}} [N_{\text{П}} + d\Phi_{\text{Т}} / \pi d(f / f_{\text{Р}})]^{-1}$, или $N_{\text{Р}} = 0,5[(f_{\text{Р}} / \Delta f_{\text{мод}}) - N_{\text{П}}]$. На резонансной частоте $f_{\text{Р}}$: $\Delta z = 1/2N_{\text{Р}}$.

Преобразователи связи. Для эффективного возбуждения резонатора необходимо ВШП связи располагать в максимумах стоячей волны. Если выполнено условие баланса фаз и резонансная частота соответствует центральной частоте отражателя, расстояние $l_{\text{Р-ВШП}}$ от края отрагательной решетки до середины первого электрода ВШП выбирается в зависимости от коэффициента рассогласования импедансов Δz

$$l_{\text{Р-ВШП}}|_{f_0=f_{\text{Р}}} = \begin{cases} n\lambda_0/2 & \text{при } \Delta z > 0; \\ (n/2 - 1/4)\lambda_0 & \text{при } \Delta z < 0. \end{cases}$$

Если частота резонанса отлична от $f_{\text{Р}}$, то преобразователь, размещенный подобным образом, не попадает в максимумы стоячей волны и степень связи резонатора с нагрузкой уменьшается (табл. 2). Если преобразователь содержит значительное число пар электродов ($N_{\text{ВШП}} > 10$) и расположен в максимумах стоячей волны, его можно рассматривать как составную часть отрагательной решетки. Фазовое смещение, вызываемое отражающим преобразователем, можно грубо оценить с помощью модели, изображенной на рис.9,а. Расстояние между ВШП и отражателем $l_{\text{Р-ВШП}}$ и коэффициент отражения преобразователя определяют суммарное фазовое смещение θ общего отражения. При построении диаграммы (рис.9,б) учтено, что фаза отражения ВШП такая же, как и для короткозамкнутых отражателей $\Phi_{\text{Р}} = \pi$. Результирующее фазовое смещение θ можно корректировать, изменяя длину полости резонатора на величину $\theta d_{\text{Р}} / \pi$. Однако фазовая характеристика системы ВШП-отражатель даже вблизи участка $f_{\text{Р}}$ становится нелинейной, что вызывает появление дополнительных мод [8]. Для снижения коэффициента отражения от преобразователей связи применяют ВШП с расщепленными электродами, а также выбирают оптимум между эффективностью преобразования и степенью искажения результирующих характеристик резонатора.

Варианты расположения ВШП относительно отражателя
(n – целое число)

Варианты расположения системы ВШП-решетка	$l_{\text{Р-ВШП}} / d_{\text{Р}}$	$A = \Gamma_{\text{ВШП}}^2$ $B = \Gamma_{\text{ВШП}}$	Обычные электроды	Двойные электроды
Разомкнутые алюминиевые полоски на LiNbO_3 , наводки ($\Delta z > 0, \Phi_{\text{Р}} = 0$)				
	$(n - \frac{1}{2})$			
	$(n - \frac{1}{4})$			
	n			
	$(n + \frac{1}{4})$			
Замкнутые алюминиевые полоски, алюминий на ST-кварце, выступы ($\Delta z < 0, \Phi_{\text{Р}} = \pi$)				
	$(n - \frac{1}{2})$			
	$(n - \frac{1}{4})$			
	n			
	$(n + \frac{1}{4})$			

Моделирование элементов САУ гибридной силовой установки с гидротрансмиссией

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Вступление

Одним из перспективных направлений повышения экологической безопасности и экономичности транспортных средств является применение гибридных силовых установок [1]. Гибридная силовая установка состоит из основного двигателя, вспомогательного двигателя, накопителя энергии и системы перераспределения мощности между агрегатами силовой установки. Такая композиция силовой части автомобиля предполагает организацию контура рекуперации энергии при торможении. Использование гибридного привода, таким образом, оказывается наиболее эффективным при эксплуатации автомобиля в условиях городского транспортного цикла [2]. САУ гибридной силовой установки решает задачу обеспечения наиболее экономичного и экологически безопасного режима работы ДВС путем перераспределения нагрузки между ДВС, вспомогательным двигателем и контуром рекуперации энергии. Дополнительными задачами САУ являются: обеспечение рекуперации энергии торможения транспортного средства, обеспечение необходимой разгонной динамики транспортного средства с помощью использования вспомогательной силовой установки и накопителя энергии, обеспечение режима старт - стоп с минимальным периодом холостого хода ДВС в случае кратковременных остановок транспортного средства.

В данной работе в качестве основного рассматривается газовый двигатель внутреннего сгорания, а в качестве вспомогательного - гидравлический двигатель. Давление во входных магистралях гидравлического двигателя создается насосом, который приводится в действие электроагрегатом. Контур рекуперации энергии состоит из дополнительного насоса, гидроаккумулятора и гидрораспределителя.

Анализ публикаций

Применяемые в настоящее время при синтезе САУ линейные модели двигателя внутреннего сгорания и гидропривода [3, 4] не обеспечивают адекватного описания объектов управления во всем диапазоне рабочих режимов. Существенную сложность представляет собой и параметрическая идентификация данных моделей. При работе указанных агрегатов в составе гибридной силовой установки имеет место структурная неопределенность объекта регулирования.

Сложность формального описания силовой установки гибридного автомобиля как объекта управления, а также наличие структурных и параметрических неопределенностей определяют целесообразность применения при управлении перераспределением потоков мощности между ее агрегатами методов нейрофаззи регулирования [5, 8]. Это позволит сформировать алгоритм управления силовой установкой в терминах нечеткой логики в результате формализации экспертных заключений, а также осуществлять настройку полученного алгоритма в процессе испытаний и дальнейшей эксплуатации гибридного транспортного средства.

мент вращения ДВС; $M_{ГД}^{ep}$ - текущий момент вращения вспомогательного двигателя; $M_{ГД}^{ep.zd}$ - заданный момент вращения вспомогательного двигателя; $M_{дор}^c$ - момент сопротивления, создаваемый дорогой с учетом передаточного отношения коробки передач; $M_{дор}^{c*}$ - момент сопротивления, создаваемый дорогой без учета передаточного отношения коробки передач; $M_{генер}^c$ - момент сопротивления, создаваемый генератором; $M_{генер}^{c.zd}$ - заданный момент сопротивления генератора; M^c - полный момент сопротивления, приложенный к ДВС; g_u – цикловой расход топлива; α - коэффициент избытка воздуха; УОЗ – угол опережения зажигания; УОВ – угол опережения впрыска; χ_3, χ - сигнал торможения, формируемый водителем и поступающий на вход САУ; I_d - расход энергии накопителя, не связанный с созданием тягового усилия; P_{PK} - давление в гидропневмоаккумуляторе; $U_{генер}$ - выходное напряжение генератора; I_B - ток возбуждения генератора/электродвигателя - привода насоса; F_T - сигнал управления гидравлическим торможением.

Формальная постановка задачи синтеза САУ

Нагрузочные характеристики ДВС $g_e = f(M_{ДВС}^{ep})$, $\omega = const$ достигают своего минимума при некотором значении момента вращения ДВС $M_{ДВС}^{omn}$. При $M_{ДВС}^{ep} < M_{ДВС}^{omn}$ удельный эффективный расход топлива g_e увеличивается за счет уменьшения механического КПД. При $M_{ДВС}^{ep} > M_{ДВС}^{omn}$ удельный эффективный расход топлива увеличивается из-за уменьшения индикаторного КПД:

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^3}{H_u \cdot \eta_m \cdot \eta_i},$$

где H_u - теплота сгорания топлива; η_i - индикаторный КПД, представляющий собой отношение количества теплоты, используемой в цикле для выполнения механической работы, ко всей затраченной теплоте; η_m - механический КПД, учитывающий все внутренние потери двигателя. Значение $M_{ДВС}^{omn}$ увеличивается с ростом частоты вращения коленчатого вала ω .

Приращение частоты вращения выходного вала силовой установки определяется алгебраической суммой приведенных моментов отдельных агрегатов и момента сопротивления дороги

$$\frac{d\omega}{dt} = M_{ДВС}^{ep} + M_{ГД}^{ep} - M_{дор}^c - M_{генер}^c.$$

Следовательно, задача синтеза САУ гибридной силовой установки может быть сформулирована таким образом. При всех возможных изменениях тягово-скоростного режима силовой установки гибридного автомобиля обеспечить управление частотой вращения коленчатого вала ω , минимизирующее средне-

квадратичную ошибку регулирования по скорости σ_e , где $\sigma_e^2 = M[e^2(t)]$, и средне-квадратическое отклонение момента вращения ДВС от оптимального σ_M , где $\sigma_M^2 = M[\Delta M_{ДВС}^2(t)]$; $\Delta M_{ДВС}(t) = M_{ДВС}^{onm}(t) - M_{ДВС}^{ep}(t)$, путем перераспределения потоков мощности между основным двигателем гибридной силовой установки, вспомогательным двигателем и контуром рекуперации энергии при наличии ограничений на управляющие воздействия.

Управление моментом вращения гидромотора $M_{ГД}^{ep}$ обеспечивается посредством регулятора давления в гидротрансмиссии. В первом приближении работа гидромотора может быть описана с помощью дифференциального уравнения первого порядка [3]

$$J_k \frac{d\omega_M}{dt} + K \omega_M = V_M p - M_{ст} - M_{см},$$

где p – давление на выходе насоса; V_M – объем рабочей камеры гидромотора; ω_M – частота вращения вала гидромотора; J_k – момент инерции, приведенный к валу гидромотора; K – коэффициент вязкого демпфирования; $M_{ст}$ – момент сухого трения; $M_{см}$ – момент сопротивления, приведенный к валу гидромотора.

Значения коэффициентов данного уравнения подлежат идентификации по результатам предварительных испытаний макетного образца гидротрансмиссии.

Для уменьшения размерности проведем алгоритмическую декомпозицию решаемой задачи путем ввода дополнительных промежуточных переменных: $\Delta M_{ТР}$ – требуемое приращение момента вращения для поддержания заданного тягово-скоростного режима; $\Delta M_{ДВС}^{жс}$ – желаемое приращение момента вращения ДВС; $E_{зп}$ – запас энергии в контуре рекуперации; S_{KnR} – состояние контура рекуперации (рис. 2).

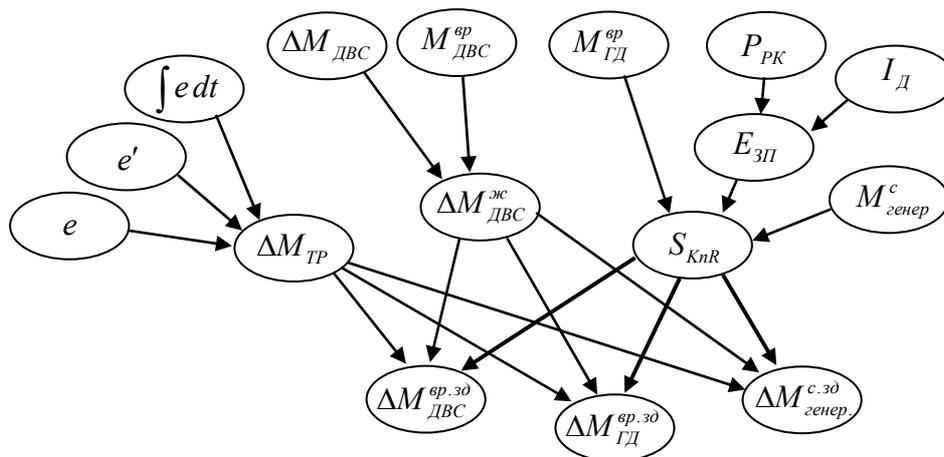


Рис. 2. Схема алгоритмической декомпозиции задачи оптимизации режима работы ДВС

На первом этапе определяются значения промежуточных переменных на основании текущих значений ограниченного числа входных воздействий. Затем на базе промежуточных переменных вычисляются значения выходных воздействий элементов САУ верхнего уровня иерархии, которые являются задающими воздействиями для элементов САУ нижнего уровня.

Определение требуемого приращения момента

Регулятор, обеспечивающий определение требуемого приращения момента вращения силовой установки, может быть построен на базе гибридной нейронной сети ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) [5].

Для обучения гибридной сети будем использовать эталонную модель в виде ПИД - регулятора, настроенного с использованием пакета прикладных программ Nonlinear Control Design (NCD) Blockset, который реализует метод динамической оптимизации для построения нелинейных систем управления. В качестве начальных значений настраиваемых параметров используем коэффициенты ПИД - регулятора, полученные по методике Зиглера-Николса. Для описания объекта управления в составе двигателя внутреннего сгорания и автомобиля при синтезе ПИД - регулятора используем апериодические звенья первого порядка с соответствующими постоянными времени. Поверхности нечеткого вывода, полученные после обучения гибридной сети, показаны на рис. 3.

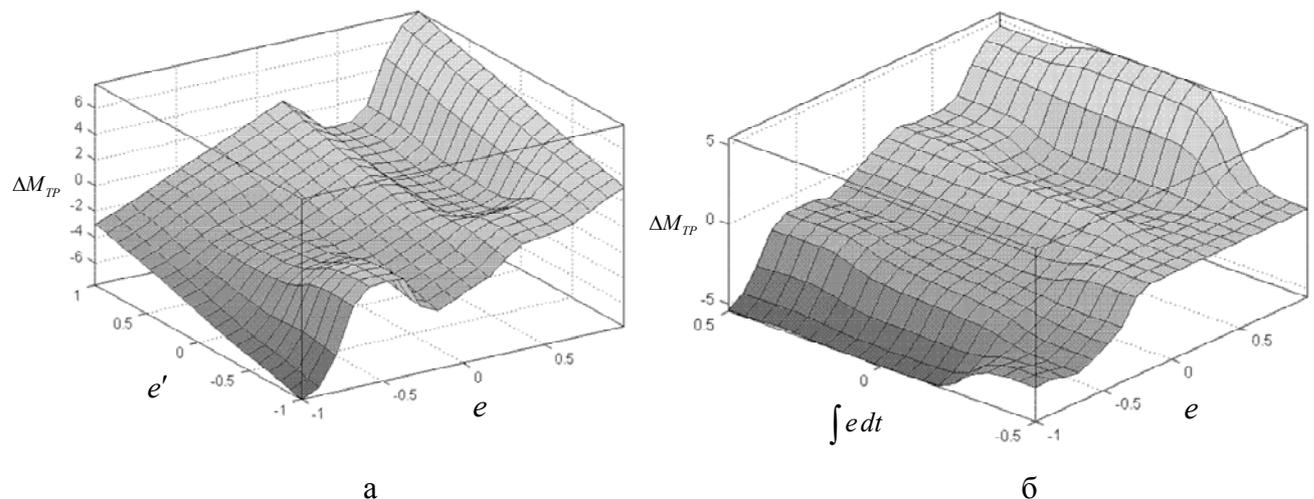


Рис. 3. Поверхности нечеткого вывода при вычислении требуемого приращения момента вращения силовой установки:

$$\text{а - } \Delta M_{TP} = f(e, e'), \int edt = 0; \text{ б - } \Delta M_{TP} = f\left(e, \int edt\right), e' = 0$$

Simulink – модель контура управления частотой вращения на базе синтезированной адаптивной системы нейро - нечеткого вывода ANFIS изображена на рис. 4. Модель системы нечеткого вывода заключена в блоке MATLAB Function.

Результаты моделирования работы контура управления для случая ступенчатых управляющего ω_3 и возмущающего $M_{доп}^C$ воздействий показаны на рис. 5.

Анализируя результаты, можно отметить достаточно хорошее качество переходных процессов по отношению к управляющим и возмущающим воздействиям. Параметры переходного процесса достаточно точно повторяют соответствующие параметры эталонного ПИД- регулятора.

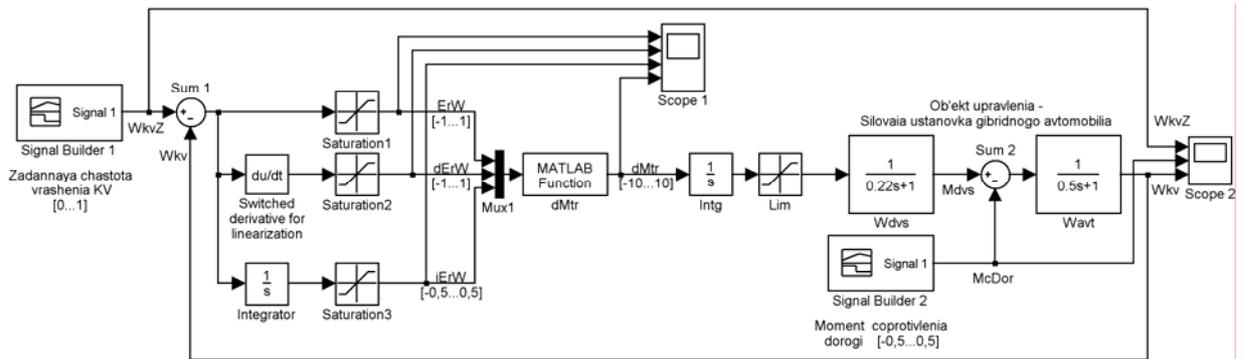


Рис. 4. Simulink – модель нечеткого управления ДВС

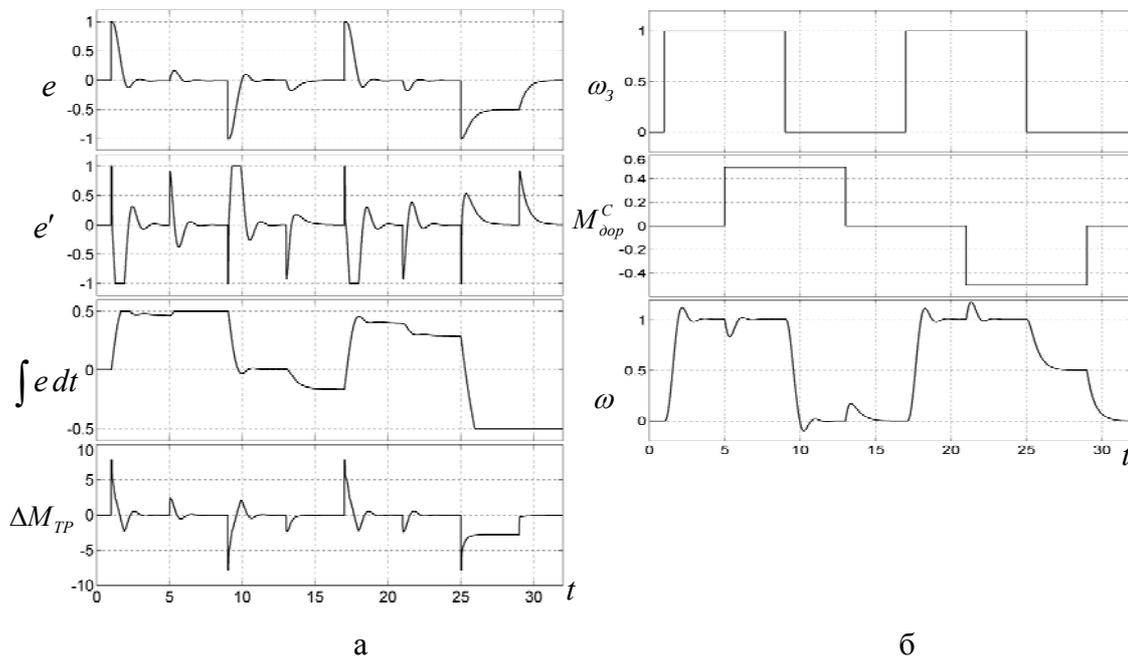


Рис. 5. Результат моделирования работы САУ на базе нечеткой нейронной сети: а - показания Scope 1; б - показания Scope 2

Определение желаемого приращения момента вращения ДВС

Желаемое приращение момента вращения ДВС, приближающее его режим работы к оптимальному, определяется текущим моментом вращения $M_{ДВС}^{ep}$ и текущим отклонением момента вращения от оптимального $\Delta M_{ДВС} = M_{ДВС}^{opt} - M_{ДВС}^{ep}$. Для создания нечеткой модели определения желаемого приращения момента вращения ДВС зададим следующие лингвистические переменные:

1. Входная лингвистическая переменная $dMdvs$ - «Отклонение момента вращения ДВС от оптимального» с базовым терм-множеством $\mathfrak{S}_{dMdvs} = \{NB, NM, Z, PM, PB\}$ и функциями принадлежности, показанными на рис. 6,а.

2. Входная лингвистическая переменная $Mdvs$ - «Момент вращения ДВС»: $\mathfrak{S}_{Mdvs} = \{ZP, PM, PB\}$ (рис. 6,б).

3. Выходная лингвистическая переменная $dM_{dvs}G$ - «Желаемое приращение момента вращения ДВС»: $\mathfrak{S}_{dM_{dvs}G} = \{NB, NM, Z, PM, PB\}$ (рис. 6,в).

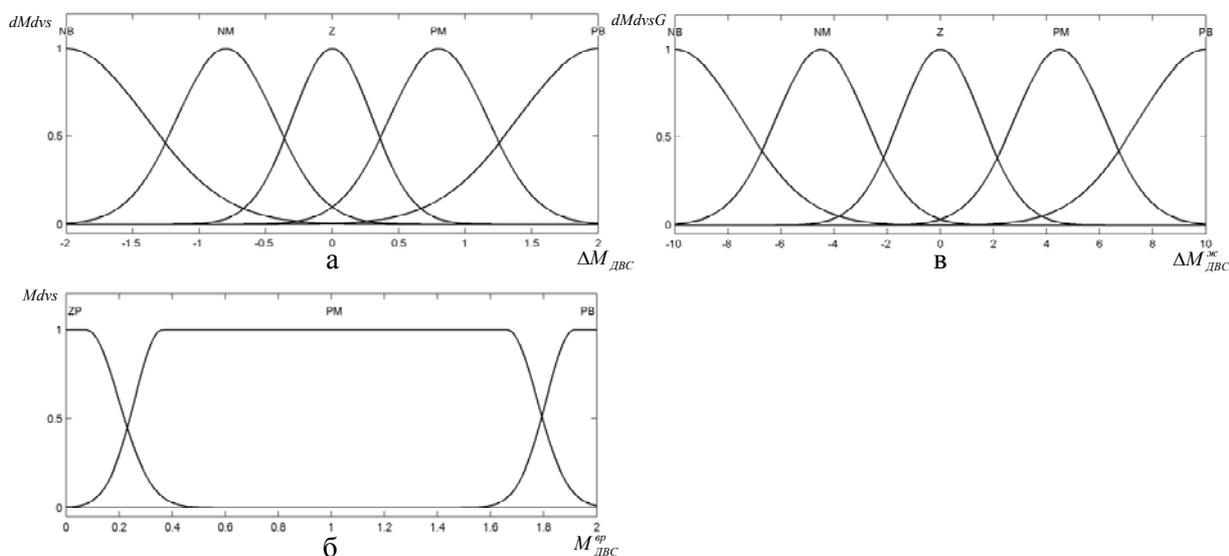


Рис. 6. Функции принадлежности для термов лингвистических переменных: а - «Отклонение момента вращения ДВС от оптимального»; б - «Момент вращения ДВС»; в - «Желаемое приращение момента вращения ДВС»

В результате систематизации и формализации экспертных заключений составлены девять правил нечетких продукций:

1. Если $dM_{dvs} = Z$ то $dM_{dvs}G = Z$.
2. Если $dM_{dvs} = NM$ и $M_{dvs} = \text{не } ZP$ то $dM_{dvs}G = NM$.
3. Если $dM_{dvs} = NB$ и $M_{dvs} = \text{не } ZP$ то $dM_{dvs}G = NB$.
4. Если $dM_{dvs} = PM$ и $M_{dvs} = \text{не } PB$ то $dM_{dvs}G = PM$.
5. Если $dM_{dvs} = PB$ и $M_{dvs} = \text{не } PB$ то $dM_{dvs}G = PB$.
6. Если $dM_{dvs} = NB$ и $M_{dvs} = ZP$ то $dM_{dvs}G = Z$.
7. Если $dM_{dvs} = NM$ и $M_{dvs} = ZP$ то $dM_{dvs}G = Z$.
8. Если $dM_{dvs} = PM$ и $M_{dvs} = PB$ то $dM_{dvs}G = Z$.
9. Если $dM_{dvs} = PB$ и $M_{dvs} = PB$ то $dM_{dvs}G = Z$.

Поверхность нечеткого вывода, отображающая связь выходной переменной $\Delta M_{ДВС}^ж$, соответствующей лингвистической переменной $dM_{dvs}G$, с входными переменными $\Delta M_{ДВС}$ (dM_{dvs}) и $M_{ДВС}^{сп}$ (M_{dvs}) показана на рис. 7.

Для нечеткого вывода в заданной системе правил нечетких продукций был использован алгоритм Мамдани.

Оценка запаса энергии в контуре рекуперации

Запас энергии в контуре рекуперации, который может быть использован в силовой установке гибридного автомобиля с гидротрансмиссией при перераспределении мощности, зависит не только от давления в гидроаккумуляторе, но и от дополнительного расхода энергии на цели, не связанные с созданием тягового момента. Для оценки эффективного запаса энергии введем следующие лингвистические переменные:

1. Входная лингвистическая переменная P_{pk} - «Давление в гидроаккумуляторе» с базовым терм- множеством $\mathfrak{S}_{P_{pk}} = \{PS, PM, PB\}$. Функции принадлежности термов изображены на рис. 8,а.

2. Входная лингвистическая переменная I_{dp} - «Дополнительный расход энергии»: $\mathfrak{S}_{I_{dp}} = \{PS, PB\}$ (рис. 8,б).

3. Выходная лингвистическая переменная $EnZp$ - «Запас энергии в контуре рекуперации»: $\mathfrak{S}_{EnZp} = \{ZP, PS, PM, PB\}$ (рис. 8,в).

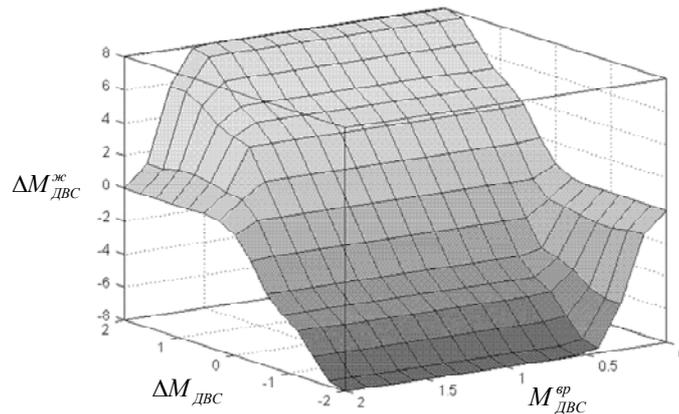


Рис. 7. Поверхность нечеткого вывода при вычислении желаемого приращения момента вращения ДВС

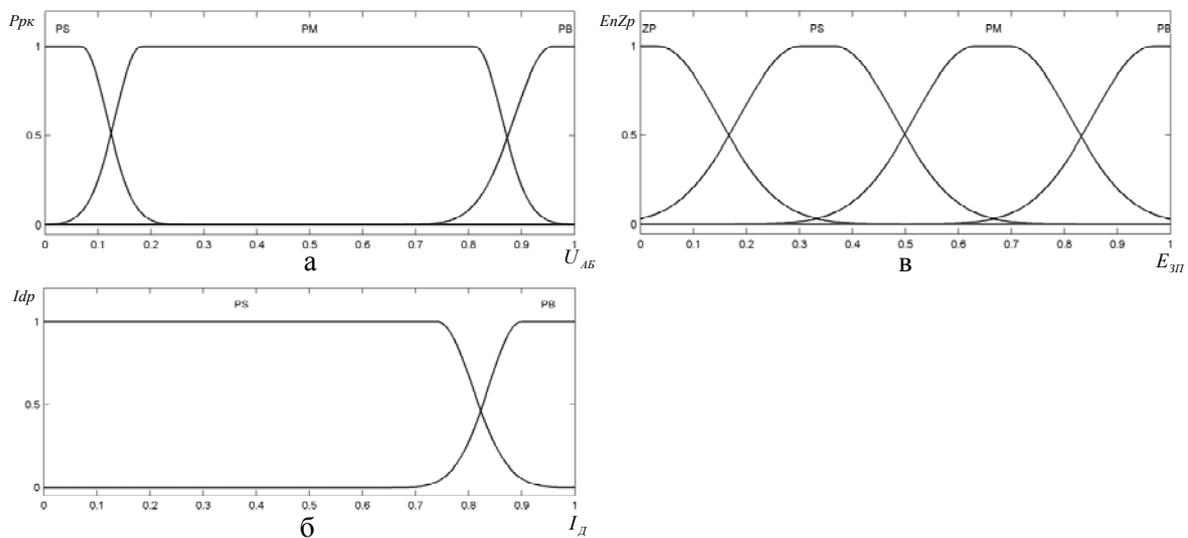


Рис. 8. Функции принадлежности для термов лингвистических переменных: а - «Давление в гидроаккумуляторе»; б - «Дополнительный расход энергии»; в - «Запас энергии в контуре рекуперации»

Работу данной системы нечеткого вывода описывают шесть правил нечетких продукций:

1. Если $P_{pk} = PS$ и $I_{dp} = PS$ то $EnZp = PS$.
2. Если $P_{pk} = PS$ и $I_{dp} = PB$ то $EnZp = ZP$.
3. Если $P_{pk} = PM$ и $I_{dp} = PS$ то $EnZp = PM$.

4. Если $P_{PK} = PM$ и $I_{dp} = PB$ то $EnZp = PS$.
5. Если $P_{PK} = PB$ и $I_{dp} = PS$ то $EnZp = PB$.
6. Если $P_{PK} = PB$ и $I_{dp} = PB$ то $EnZp = PM$.

Поверхность нечеткого вывода, которую порождает рассмотренная база правил, показана на рис. 9.

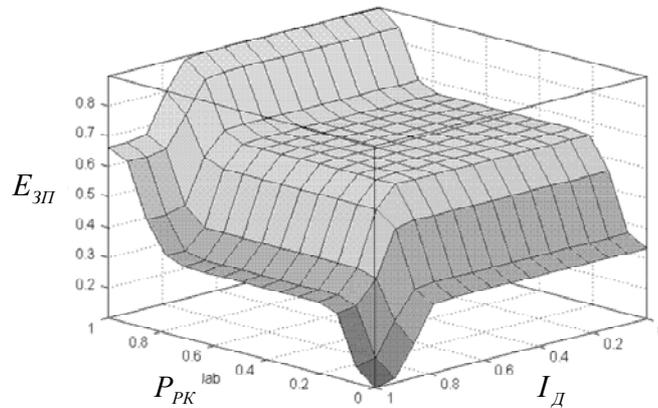


Рис. 9. Поверхность нечеткого вывода при вычислении запаса энергии в контуре рекуперации

Полученная поверхность определяет зависимость выходной переменной $E_{зп}$, соответствующей лингвистической переменной $EnZp$, от давления в гидроаккумуляторе P_{PK} (P_{PK}) и дополнительного расхода энергии $I_{д}$ (I_{dp}).

Идентификация состояния контура рекуперации энергии

Состояние контура рекуперации энергии определяется возможностью обеспечить необходимое отрицательное или положительное приращение момента вращения силовой установки без использования ДВС. Существенное влияние при этом оказывают конструктивные ограничения на максимальный момент вращения гидротрансмиссии и момент сопротивления генератора. После введения соответствующих лингвистических переменных из эвристических соображений была задана база правил нечетких продукций, которая определяет поверхности нечеткого вывода (рис. 10).

База правил, описывающая нечеткую идентификацию состояния контура рекуперации, содержит двенадцать правил нечетких продукций. Для нечеткого вывода в заданной системе правил был использован алгоритм Мамдани.

Определение приращений управляющих воздействий на агрегаты силовой установки

Перераспределение нагрузки между агрегатами гибридной установки, оптимизирующее режим работы ДВС, осуществляется на основе определенных ранее требуемого приращения момента вращения ΔM_{Tp} , желаемого приращения момента вращения ДВС $\Delta M_{ДВС}^{жс}$ и состояния контура рекуперации энергии S_{KnR} .

Входные лингвистические переменные модуля вычисления управляющих воздействий представляют собой аналоги соответствующих выходных переменных рассмотренных выше модулей нечеткого вывода.

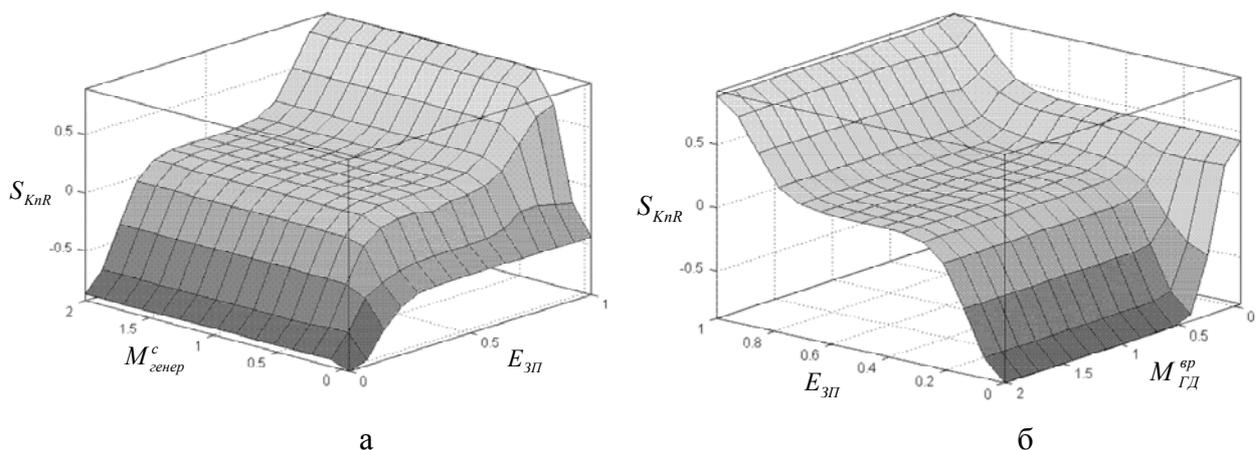


Рис. 10. Поверхности нечеткого вывода при идентификации состояния контура рекуперации энергии:

а - $S_{KnR} = f(M_{генер}^c, E_{зп})$, $M_{ГД}^{ep} = 0,975$; б - $S_{KnR} = f(M_{ГД}^{ep}, E_{зп})$, $M_{генер}^c = 0,975$

Выходные лингвистические переменные соответствуют выходным координатам элементов САУ верхнего уровня иерархии, которые определяют требуемые приращения моментов вращения ДВС, гидротрансмиссии и генератора.

В результате обработки экспертных заключений о желаемом функционировании гибридной установки получена база правил нечетких продукций, состоящая из 95 правил, которая описывает работу модуля вычисления управляющих воздействий. На рис. 11 показаны поверхности нечеткого вывода, соответствующие полученной базе правил при одном из возможных состояний контура рекуперации ($S_{KnR} = const$).

Следует отметить, что в некоторых случаях, для отдельных правил нечетких продукций, состояния ДВС и контура рекуперации энергии не позволяют обеспечить требуемого приращения момента вращения силовой установки. При этом не выполняется равенство

$$\Delta M_{TP} = \Delta M_{ДВС}^{ep.зд} + \Delta M_{ГД}^{ep.зд} + \Delta M_{генер}^{c.зд} .$$

В силу незначительного количества таких правил и локализации их только в областях $dMtr = PB \vee NB$ данное явление не окажет значительного влияния на процесс управления. При этом может наблюдаться лишь некоторое снижение скорости реакции на большие управляющие воздействия.

Результаты моделирования нечеткой системы управления силовой установкой гибридного автомобиля

Нечеткая модель системы управления гибридной силовой установки (рис. 12) получена путем объединения рассмотренных ранее отдельных нечетких моделей согласно принятой алгоритмической декомпозиции (рис. 2). При разработке и отладке модели применяем пакет Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB [5]. Для нечеткого вывода использовали алгоритмы Mamdani и Sugeno.

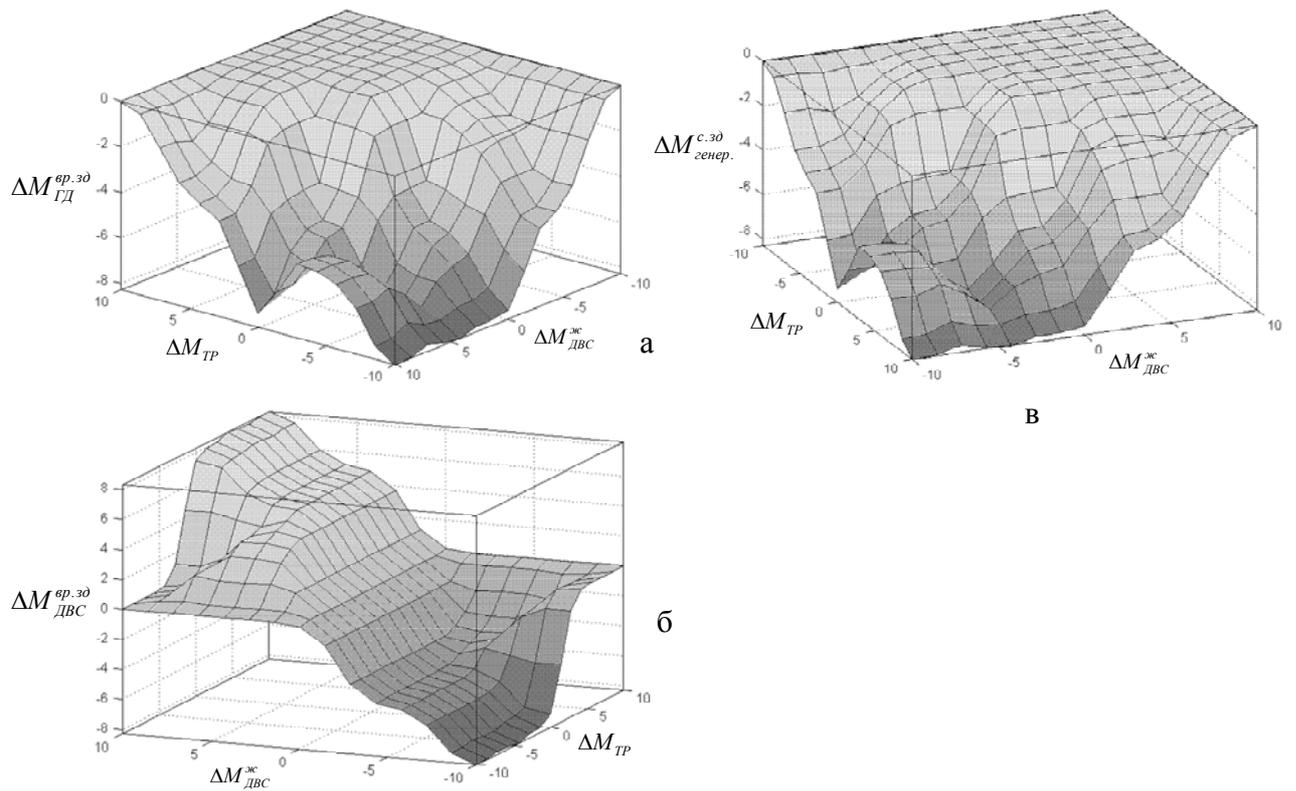


Рис. 11. Поверхности нечеткого вывода при вычислении управляющих воздействий на агрегаты силовой установки

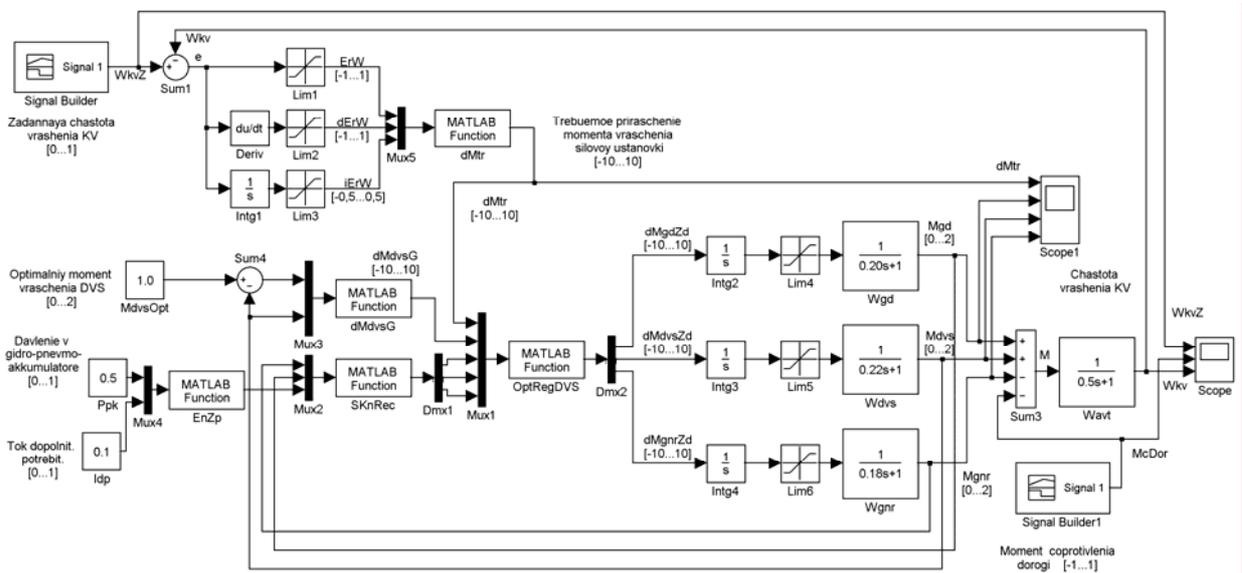


Рис. 12. Simulink – модель системы управления гибридной силовой установкой

Для описания объекта управления в составе гидротрансмиссии, двигателя внутреннего сгорания, генератора и автомобиля использовали апериодические звенья первого порядка с соответствующими постоянными времени.

На рис. 13 показан результат моделирования для случая ступенчатых управляющего ω_3 и возмущающего $M_{доп}^c$ воздействий при $P_{PK} = 0,5$ и $I_D = 0,1$, что соответствует среднему запасу энергии в контуре рекуперации. Видно, что силовая установка обрабатывает управляющие воздействия при удержании $M_{ДВС}^{ер}$ близким к оптимальному ($M_{ДВС}^{онм} = 1$).

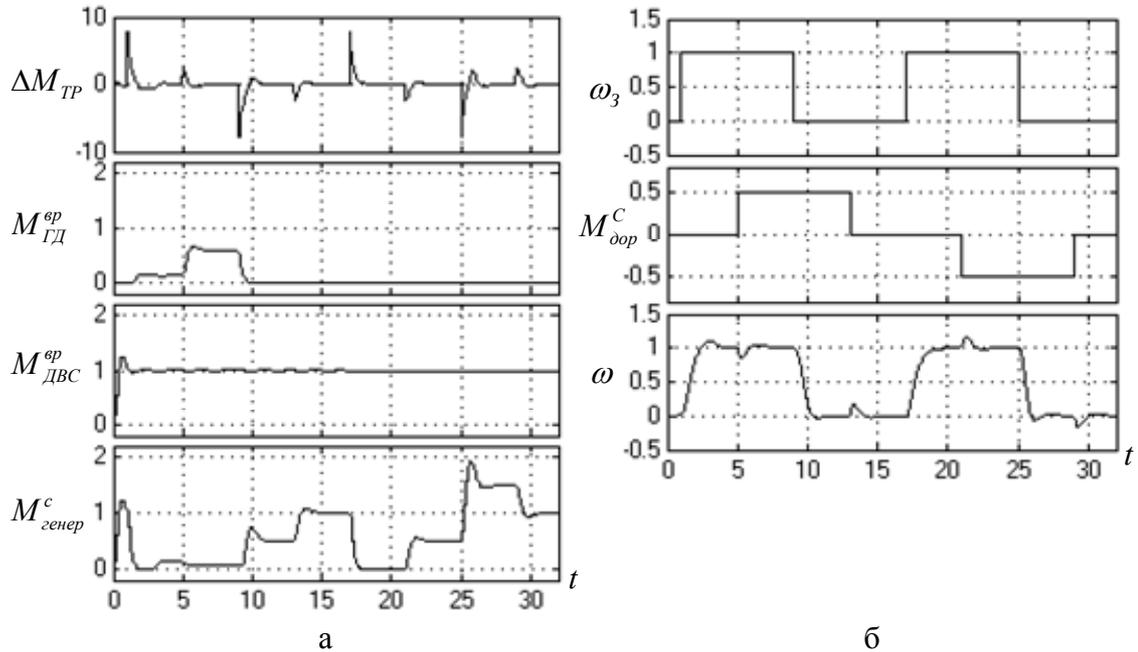


Рис. 13. Результат моделирования работы САУ при среднем запасе энергии в контуре рекуперации

Рис. 14,а иллюстрирует результаты моделирования работы системы при избыточном запасе энергии в контуре рекуперации ($P_{PK} = 0,98$; $I_D = 0,01$).

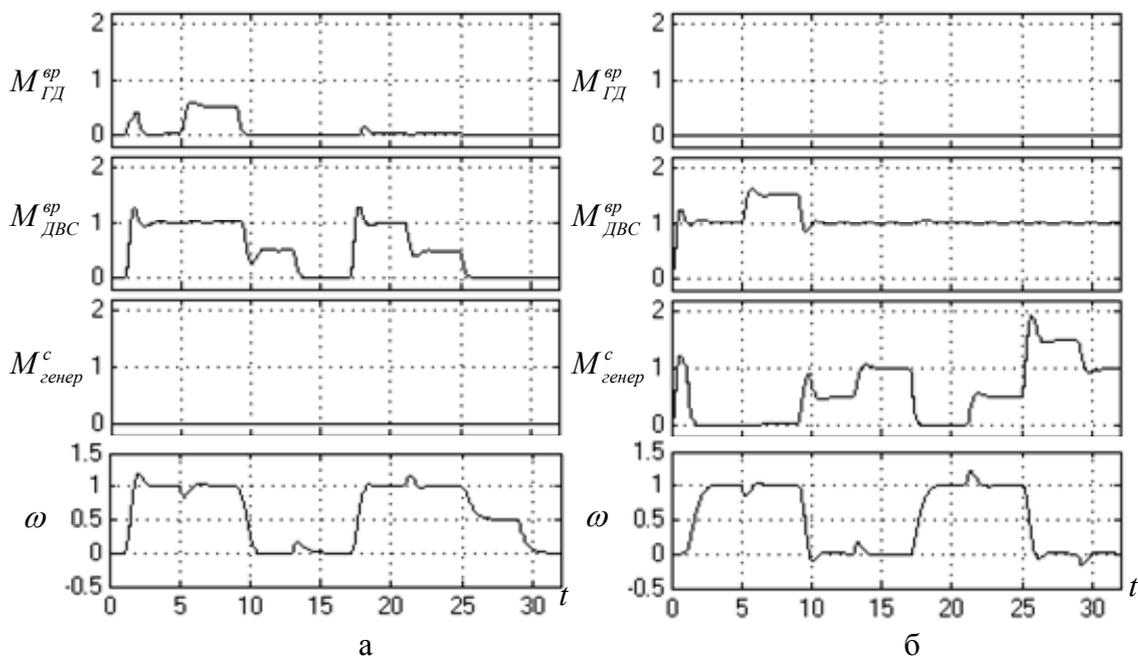


Рис. 14. Результаты моделирования работы САУ при избыточном (а) и недостаточном (б) запасе энергии в контуре рекуперации

Видно, что на отдельных участках осциллограммы не удается отработать управляющее воздействие без включения гидравлического торможения по причине невозможности задействовать момент сопротивления генератора. Возможность применения гидравлического торможения для управления скоростью транспортного средства в рассмотренной математической модели не учитывалась. Момент вращения ДВС близок к оптимальному лишь на отдельных участках осциллограммы.

Рис. 14,б иллюстрирует результаты моделирования работы системы при недостаточном запасе энергии в контуре рекуперации ($P_{PK} = 0,01$; $I_D = 0,98$). Поскольку в данном случае невозможно задействовать гидромотор для увеличения момента вращения, на одном участке осциллограммы не удается поддерживать оптимальное значение момента вращения ДВС.

Выводы

Несмотря на все принятые допущения, результаты моделирования позволяют сделать вывод о возможности и эффективности использования методов нечеткого управления для решения поставленных задач.

Существенным достоинством данного метода является возможность формализации и использования эмпирических знаний и практических навыков специалистов различного профиля при подготовке базы правил нечетких продукций, определяющей закон регулирования.

Список литературы

1. Говорущенко Н.Я. Основные направления развития автомобильного транспорта в XXI веке // Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2003. – Вып. 13. – С. 7 – 11.
2. Смирнов О.П. Тенденція створення екологічно чистого транспортного засобу // Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2005. – Вып. 17. – С. 103 – 105.
3. Ремарчук М.П. Дизель – електрогідролічний привод мобільних машин // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2006. - Вип. 36. - С. 224-245.
4. Крутов В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. - М.: Машиностроение, 1978. – 472 с.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ - Петербург, 2003. – 736 с.
6. Сериков С.А. Бороденко Ю.Н., Дзюбенко А.А. К вопросу о выборе параметров регулятора частоты вращения газового ДВС. Транспорт, экология – устойчивое развитие. XII научно-техн. конф. с международным участием. Болгария, Варна, Технический университет-Варна, 2006.- 2005 г. С.
7. Синтез системы управления частотой вращения газового ДВС в составе энергоустановки / С.А. Сериков, Ю.Н. Бороденко, А.В. Бажинов, А.А. Дзюбенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - Луганськ: СНУ. - 2006. - №7(101). – С. 169 – 173.
8. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н.Д. Егупова; изд. 2-е, стереотипное. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.

Многофазная модель контроля качества логистической производственной цепи

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

Введение

При анализе существующих и проектировании новых автоматизированных систем контроля качества (СКК) возникает актуальная и достаточно сложная задача математического моделирования процесса с учетом технологических пунктов контроля (ПК) качества, которые осуществляют мониторинг качества логистической производственной цепи (снабжение – производство – сбыт) [1]. В таком случае целесообразно использовать метод математического моделирования, основанный на теории массового обслуживания, что позволяет представить элементы логистической цепи в виде отдельных фаз обслуживания и далее получить значения основных характеристик проектируемых СКК, отражающих динамику контроля качества в виде обслуживания требований (время пребывания и ожидания требований в отдельных ПК и СКК, число обслуживаемых требований в ПК и СКК, загрузка ПК и СКК).

В данной работе исследуется многофазная вероятностная модель в целях определения основных математических зависимостей для оценки динамики обслуживания требований в системе контроля качества производственной логистической цепи в стационарном режиме на основе последовательной сети Джексона для построения автоматизированной системы контроля качества.

Постановка задачи исследования

Для исследования процессов контроля качества производственного процесса необходимо проанализировать информационные потоки, возникающие в ходе функционирования отдельных пунктов контроля качества. Каждый из этих потоков можно представить в виде набора требований, которые необходимо своевременно обслужить (провести контроль отдельных технологических операций) и результаты контроля качества направить в СКК для сбора итоговой информации о качестве выпускаемого изделия для всех фаз производственной цепи (снабжение – производство – сбыт). В случае возникновения «узких» мест в системе контроля качества необходимо изменить характеристики контроля, а именно: увеличить пропускную способность отдельных пунктов контроля или увеличить их количество.

Рассмотрим логистическую производственную систему в виде модели массового обслуживания с неограниченным потоком требований, состоящую из двух ПК разной производительности. Время обслуживания требований в СКК подчинено показательному закону распределения с параметрами μ_1 и μ_2 соответственно для первого и второго ПК. После обслуживания требований первым ПК осуществляется контроль качества вторым ПК.

Метод решения задачи

Представим динамику контроля качества производства в виде многофазной сети массового обслуживания (СеМО). Для неограниченного пуассоновского входящего потока с плотностью λ можно использовать следующую систему уравнений состояний двухфазной системы [4]:

$$P'_{0,0}(t) = -\lambda P_{00}(t) + \mu_2 P_{01}(t),$$

$$P'_{0,n_2}(t) = -(\lambda + \mu_2)P_{0,n_2}(t) + \mu_1 P_{1,n_2-1}(t) + \mu_2 P_{0,n_2+1}(t),$$

$$P'_{n_1,0}(t) = -(\lambda + \mu_1)P_{n_1,0}(t) + \mu_2 P_{n_1,1}(t) + \lambda P_{n_1-1,0}(t),$$

$$P'_{n_1,n_2}(t) = -(\lambda + \mu_1 + \mu_2)P_{n_1,n_2}(t) + \mu_1 P_{n_1+1,n_2-1}(t) + \mu_2 P_{n_1,n_2-1}(t) + \lambda P_{n_1-1,n_2}(t),$$

где $P_{0,0}(t)$ - вероятность того, что в момент времени t оба ПК свободны;

$P_{n_1,n_2}(t)$ - вероятность состояния системы контроля, при которой в момент времени t в первой фазе находится n_1 требований (включая и те, которые уже обслуживаются), а во второй фазе - n_2 требований.

После решения данной системы уравнений можно получить следующие характеристики, описывающие возможные состояния СКК:

1. Вероятность того, что оба ПК свободны от заявок:

$$P_{00} = (1 - \rho_1)(1 - \rho_2),$$

где $\rho_1 = \frac{\lambda}{\mu_1}$; $\rho_2 = \frac{\lambda}{\mu_2}$.

2. Вероятность того, что в первой фазе находится n_1 требований, а во второй – ни одного:

$$P_{n_1,0} = \rho_1^{n_1} (1 - \rho_1)(1 - \rho_2).$$

3. Вероятность того, что во второй фазе имеется n_2 требований, а в первой – ни одного:

$$P_{0,n_2} = \rho_2^{n_2} (1 - \rho_1)(1 - \rho_2).$$

4. Вероятность того, что в первой фазе находится n_1 требований, а во второй фазе - n_2 требований:

$$P_{n_1,n_2} = \rho_1^{n_1} \rho_2^{n_2} (1 - \rho_1)(1 - \rho_2).$$

5. Математическое ожидание числа требований, находящихся в системе:

$$M = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} P_{n_1,n_2} (n_1 + n_2) = \frac{\rho_1}{1 - \rho_1} + \frac{\rho_2}{1 - \rho_2},$$

при этом среднее число требований, находящихся в первой фазе:

$M_1 = \frac{\rho_1}{1 - \rho_1}$, а во второй фазе: $M_2 = \frac{\rho_2}{1 - \rho_2}$, где $\rho_2 < 1, \rho_1 < 1$.

Если очередь в процессе функционирования системы стабилизируется, то интенсивность входного потока становится одинаковой для обеих фаз.

Рассмотрим общий случай, когда число фаз равно k .

Для последовательных ($j=1, \dots, k$) фаз контроля качества логистической производственной цепи получим $p(n_1, \dots, n_k) = p(0, \dots, 0) \prod_{j=1}^k \rho_j^{n_j} = \rho_1^{n_1} (1 - \rho_1) \dots \rho_k^{n_k} (1 - \rho_k)$,

где $p(0, \dots, 0) = \prod_{j=1}^k (1 - \rho_j)$ - вероятность того, что во всех n срезах нет заявок одновременно.

Поскольку фазы взаимно независимы, то вероятность того, что в j -й фазе находится n требований, равна $\rho_j^n (1 - \rho_j)$.

Среднее число требований, находящихся в j -й фазе:

$$\sum_{n=0}^{\infty} n \rho_j^n (1 - \rho_j) = \frac{\rho_j}{1 - \rho_j}.$$

Среднее число требований, находящихся на обслуживании в j -й фазе:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \rho_j^n (1 - \rho_j) = \rho_j.$$

Среднее число требований, ожидающих начала обслуживания в j -й фазе равно $\rho_j^2 (1 - \rho_j)^{-1}$.

Математическое ожидание числа требований, находящихся в системе, равно сумме математических ожиданий числа требований, находящихся в отдельных фазах обслуживания.

Распределение времени ожидания для отдельного требования, поступающего из ($j-1$)-й фазы в j -ю фазу для одноканальной системы контроля качества, имеет вид [4]

$$f_j(\xi) d\xi = \sum_{n=1}^{\infty} (1 - \rho_j) \rho_j^n \mu_j^n \xi^{n-1} \frac{e^{-\mu_j \xi}}{(n-1)!} d\xi = \lambda (1 - \rho_j) e^{-(\mu_j - \lambda) \xi} d\xi.$$

Вероятность отсутствия ожидания в j -й фазе равна $1 - \rho_j$, а вероятность ожидания, когда система занята: $(\mu_j - \lambda) e^{-(\mu_j - \lambda) \xi} d\xi$.

При $\mu_j = \mu$ положим $\sum n_j = n$. Пусть $p(n)$ - вероятность того, что в системе ожидают обслуживание n требований. Тогда

$$p(n) = \binom{n+k-1}{k-1} \rho^n (1 - \rho)^k, \text{ где } \rho = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Рассмотрим СКК, которая состоит из n ПК, которые в процессе контроля включаются последовательно в производственной логистической цепи: сперва работает ПК₁, затем ПК₂ и т.д. Время T_i работы ПК _{i} распределено по показательному закону с параметром μ_i и не зависит от времени работы других ПК ($i=1, 2, \dots, n$). Тогда время $T_{(n)}$ обслуживания требований по контролю качества

производства такой системы получится сложением времени работы отдельных ПК:

$$T_{(n)} = \sum_{i=1}^n T_i.$$

Определим закон распределения и найдем формульные зависимости для основных характеристик СКК.

Введем следующие обозначения:

$$T_{1,2} = T_1 + T_2; T_{1,2,3} = T_{1,2} + T_3, \dots, T_{1,2,\dots,k} = T_{1,2,\dots,k-1} + T_k, \dots$$

Закон распределения для всей СКК представляет собой композицию законов распределения отдельных ПК_i. Методом математической индукции можно показать, что плотность распределения суммы n независимых случайных величин T_1, T_2, \dots, T_n , распределенных по показательным законам с параметрами $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$, имеет вид [5]:

$$g_{(n)}(t) = (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^n \mu_i \sum_{j=1}^n \frac{e^{-\mu_j t}}{\prod_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n (\mu_j - \mu_k)} \quad (t > 0),$$

Функция распределения случайной величины $T_{(n)}$ определяется в виде:

$$G_{(n)}(t) = \int_0^t g_{(n)}(t) dt = (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^n \mu_i \sum_{j=1}^n \frac{1 - e^{-\mu_j t}}{\mu_j \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n (\mu_j - \mu_k)} \quad (t > 0).$$

Таким образом, закон распределения $T_{(n)}$ для всей СКК описывается обобщенным законом Эрланга n -го порядка, для которого математическое ожидание и дисперсия будут таким [5]:

$$M[T_{(n)}] = M \left[\sum_{i=1}^n T_i \right] = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\mu_i},$$

$$D[T_{(n)}] = D \left[\sum_{i=1}^n T_i \right] = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\mu_i^2}.$$

При $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n = \mu$ также можно использовать закон Эрланга n -го порядка ($n=1,2,\dots$). В результате получим, что

$$\left. \begin{aligned} g_{(n)}(t) &= \frac{\mu(\mu t)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\mu t} = \mu P(n-1, \mu t) \quad (t > 0), \\ G_{(n)}(t) &= \int_0^t \mu P(n-1, \mu t) dt = 1 - R(n-1, \mu t) \quad (t > 0), \end{aligned} \right\}$$

где $P(k, a) = a^k e^{-a} / k!$; $R(m, a) = \sum_{k=0}^m P(k, a)$.

Можно доказать следующие свойства функций $P(k, a)$ и $R(m, a)$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dR(k, a)}{da} &= P(k, a); \quad R(k, a) = \int_0^{\infty} P(k, a) da; \\ 1 - R(k, a) &= \int_0^{\infty} P(k, a) da; \quad \int_0^{\infty} P(k, a) da = R(\infty, a) = 1; \\ \frac{dP(k, a)}{da} &= -\frac{d^2}{da^2} R(k, a) = P(k-1, a) - P(k, a) (k > 0). \end{aligned} \right\}$$

В этом случае характеристики для оценки $T_{(n)}$, распределенной по закону Эрланга n -го порядка имеют следующий вид:

$$M[T_{(n)}] = \frac{n}{\mu}; \quad D[T_{(n)}] = \frac{n}{\mu^2}; \quad \sigma[T_{(n)}] = \frac{\sqrt{n}}{\mu}.$$

В инженерных приложениях часто используют нормированный закон Эрланга n -го порядка, по которому распределено значение $T_{(n)}$:

$$T_{(n)} = T_{(n)} / n.$$

Применив формулу для плотности распределения линейной функции случайной величины, получим

$$\tilde{g}_{(n)}(t) = n g_{(n)}(nt) = \frac{n\mu(n\mu t)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-n\mu t} \quad (t > 0).$$

Обозначим $\tilde{\mu}_n = n\mu$, тогда

$$\left. \begin{aligned} \tilde{g}_{(n)}(t) &= \frac{\tilde{\mu}_n (\tilde{\mu}_n t)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-n\tilde{\mu}_n t} = \tilde{\mu}_n P(n-1, \tilde{\mu}_n t), \\ \tilde{G}_{(n)}(t) &= \int_0^t \tilde{g}_{(n)}(t) dt = 1 - R(n-1, \tilde{\mu}_n t). \end{aligned} \right\}$$

Формулы \tilde{g} и \tilde{G} определяют плотность и функцию распределения нормированного закона Эрланга n -го порядка. Числовые характеристики случайной величины $T_{(n)}$ будут иметь следующий вид:

$$M[\tilde{T}_{(n)}] = M[T_{(n)}] = \frac{1}{\mu}; \quad D[\tilde{T}_{(n)}] = \frac{1}{n\mu^2}; \quad \sigma[\tilde{T}_{(n)}] = \frac{1}{\mu\sqrt{n}}.$$

Как видно, указанные характеристики не зависят от порядка распределения, что существенно облегчает расчеты. Характеристическая функция для $T_{(n)}$ будет определяться по формуле [5]:

$$\mathcal{G}_{(n)}(x) = \frac{\mu^n}{(\mu - ix)^n},$$

а для математического ожидания $\tilde{T}_{(n)}$ - по формуле

$$\mathcal{G}_{(n)}(x) = \frac{\tilde{\mu}^n}{(\tilde{\mu}_n - ix)^n} = \frac{(\mu n)^n}{(\mu n - ix)^n} = \left(\frac{n}{n - ix/\mu} \right)^2.$$

Предел этого выражения

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{\mathcal{G}}_n(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n}{n - ix/\mu} \right)^n = e^{-(-ix/\mu)}.$$

Следовательно, при $n \rightarrow \infty$, $\tilde{T}_{(n)}$ стремится к величине $1/\mu$, так как предельное выражение для характеристической функции совпадает с характеристической функцией неслучайной величины.

Заметим, что приведенные выкладки будут справедливыми и для расчета СКК, когда в каждом ПК время пребывания заявки включает в себя собственно время обслуживания и время ожидания. Этот факт следует из того, что плотность и функция распределение времени пребывания заявки в отдельном ПК имеет показательный закон.

Как известно [5], закон Эрланга n -го порядка тесно связан со стационарным пуассоновским потоком с интенсивностью λ . Случайная величина $T_{(n)}$, распределенная по этому закону, представляет собой интервал времени, содержащий n интервалов между отдельными событиями в этом потоке. При $n=1$ можно получить показательный закон. При увеличении значения n закон Эрланга n -го порядка приближается к нормальному [4].

Заключение

Предложенный метод исследования системы контроля качества на производстве позволяет описать процесс контроля в виде многофазной системы массового обслуживания, где в качестве фаз выступают отдельные элементы логистической цепи (снабжение – производство – сбыт). Получены основные расчетные формулы для двухфазной, а затем и для многофазной СКК. Результаты исследований можно использовать в задачах создания СКК, а также для задач логистического управления качеством дискретного производства.

Список литературы

1. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах / Под ред. Л. Б. Миротина. – М.: Юристъ, 2002. – 414 с.
2. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: Пер. с англ. И. И. Грушко. Под ред. В. И. Неймана. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
3. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями: Пер. с англ. Под ред. Б. С. Цибакова. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
4. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее применение: Пер. с англ. Е.Г. Коваленко. Под ред. И.Н. Коваленко. – М.: Сов. радио, 1971. – 520 с.
5. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные применения. – М.: Наука. – 1988. – 480 с.

Моделі транспортної логістики для управління територіально розподіленими технологічними комплексами

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Актуальність задачі

Економічні перетворення в Україні спрямовані на розвиток сучасних технологічних комплексів. Однією з характерних особливостей великих підприємств та об'єднань (аерокосмічної галузі, газо- і нафтовидобутку, транспортного комплексу і т.д.) є територіально розподілений виробничий цикл. Це призводить до виникнення складних для планування задач транспортного обслуговування (ТО) розподілених технологічних комплексів (РТК).

Вантажі можуть доставлятися з баз зберігання (БЗ), розташованих на великій відстані від технологічних вузлів (ТВ) РТК. Тому планування ТО РТК необхідно здійснювати з урахуванням сучасних вимог транспортної логістики, що враховує бізнес-процеси, які пов'язані з доставкою вантажів та обслуговуванням РТК. В існуючих методах маршрутизації транспортних засобів, основаних на відомих алгоритмах (наприклад, на алгоритмі Дейкстри) [1], не враховані особливості, реальні умови і обмеження, пов'язані з ТО РТК. Для автоматизованого управління ТО РТК необхідно: проаналізувати різноманітність схем і потоків транспортного обслуговування РТК; розробити методи планування та маршрутизації транспортних засобів.

У зв'язку з цим актуальною науковою задачею є розробка методу планування транспортного обслуговування та формування маршрутів пересування транспортних засобів у розподілених виробничих системах.

Постановка задачі дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності планування транспортного обслуговування РТК на основі структурного аналізу транспортної мережі РТК, автоматизованого формування маршрутів транспортних засобів за умов обмежень, що змінюються, і вимог виробництва. Для цього необхідно вирішити такі задачі:

- розробити методи структурного аналізу ТО РТК для формування можливих варіантів транспортної системи;
- розробити метод маршрутизації транспортних засобів у ТО РТК;
- створити імітаційну модель для вирішення задач автоматизованого планування перевезень у РТК.

Проведені у роботі дослідження базуються на використанні методів теорії перерахування та комбінаторики для структурного аналізу схем і потоків транспортного обслуговування РТК; методах теорії імітаційного моделювання складних систем для задач планування ТО РТК; методах штучного інтелекту для створення знанняорієнтованої моделі маршрутизації транспортних засобів; методах об'єктно-орієнтованої інформаційної технології для створення підсистеми аналізу та планування ТО РТК.

Метод вирішення

Виконаємо структурний аналіз РТК на основі методів теорії перерахування та комбінаторного аналізу [2]. Різноманітність технологічних процесів, що проходять у РТК, вимоги своєчасного обслуговування приводять до множини можливих структур і схем вантажопотоків транспортного обслуговування РТК. Для оцінки множини варіантів ТО РТК виділені такі етапи:

- підрахування варіантів структур ТО РТК;
- автоматизоване формування варіантів ТО РТК.

Спочатку здійснюється перехід від структурних властивостей ТО РТК до теоретико-множинного подання. Наприклад, є множина технологічних модулів, які відображаються у множину технологічних вузлів (систем) РТК. Далі підраховуються класи еквівалентності (введеної однаковості) варіантів з використанням результатів (основних теорем і висновків) теорії перерахування (Пойа, Де Брейн). Здійснюються різні постановки перерахування варіантів РТК. Наприклад, якщо при формуванні РТК цікавить тільки склад технологічних модулів (множина B) без урахування транспортних зв'язків між ними, то на множині R окремих систем, що входять до складу РТК, діє група H_R , яка є симетричною групою S_r , $r = |R|$. Необхідно знайти всі можливі варіанти складу РТК. Ця задача еквівалентна задачі розбиття числа n (кількість модулів) на не більш ніж r частин (систем). Тоді число варіантів [2]:

$$K = |H_R|^{-1} \sum_{h \in H_R} Z(H_B; \dots, \sum_{j/i} j C_j, \dots) = \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} Z(S_n; \dots, \sum_{j/i} j C_j, \dots), \quad (1)$$

де H_B - група підстановок вихідної множини модулів B , $n = |B|$, $H_B = S_n$, H_R - група підстановок, що діє на множині R ; h - елементарна підстановка; $\{C_1, C_2, \dots\}$ – тип елемента h ; $Z(S_n; \dots)$ - цикловий індекс групи S_n .

Далі досліджуються структури РТК у вигляді топологічного уявлення ТО РТК. Визначено комбінаторно-групові властивості основних типів ТО РТК, за допомогою яких можна перелічити всі можливі варіанти структур РТК: одновимірний (послідовний) транспортний зв'язок; матрична структура; магістральний зв'язок; радіальний, кільцевий зв'язки та ін. Наприклад, для змішаної радіально-кільцевої топології транспортних зв'язків комбінаторно-групові властивості графа G структури РТК описуються у вигляді групи підстановок вершин графа:

$$\Gamma(G) = D_p \cdot [S_1 + S_{p''}], \quad (2)$$

де D_p - дієдральна група ступеня p' ; p' – число окремих систем РТК; p'' – число підсистем, що входять до складу систем РТК.

Як приклад розглянемо структуру ТО РТК для обслуговування нафтовидобутку (рис. 1). Тут: 1 – райони свердловин з видобутку нафти; 2 – модулі (заводи) з попереднього очищення нафти; 3 – модулі (заводи) з остаточного очищення нафти для подачі в магістральний нафтопровід; 4 – бази зберігання матеріалів, інструмента й оснащення, що обслуговують нафтовидобуток.

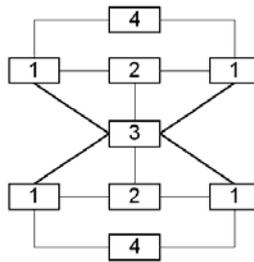


Рис. 1. РТК нафтовидобутку

Отримано цикловий індекс групи підстановок вершин графа G структури РТК

$$Z(\Gamma(G)) = 1/8(x_{1(1)}^4 x_{1(2)}^2 x_{1(3)} + 2x_{1(1)}^2 x_{1(2)}^2 x_{1(3)} + x_{2(1)}^2 x_{1(2)}^2 x_{1(3)} + 2x_{2(1)}^2 x_{2(2)} x_{1(3)} + 2x_{4(1)} x_{2(2)} x_{1(3)}), \quad (3)$$

де $x_{i(j)}$ - i -а змінна, що стосується j -го найменування модуля РТК.

Нехай множина модулів, з яких формується РТК, включає в себе:

$P_{1(1)} = 2, P_{2(1)} = 2, P_{1(2)} = 1, P_{2(2)} = 1, P_{3(2)} = 1, P_{1(3)} = 1, P_{2(3)} = 1$, де $P_{k(j)}$ - число пристрою k -го типу j -го найменування. Цикловий індекс для групи підстановок H вихідної множини модулів РТК:

$$Z(H) = 1/4(x_{1(1)}^4 x_{1(2)}^3 x_{1(3)}^2 + x_{2(1)}^2 x_{1(2)}^3 x_{1(3)}^2 + 2x_{1(1)}^2 x_{2(1)} x_{1(2)}^3 x_{1(3)}^2). \quad (4)$$

На основі формули теорії перерахування Де Брейна для підрахунку відображень множини H у G отримано кількість можливих варіантів нафтовидобувного комплексу для заданої топології транспортних зв'язків у РТК:

$$K = Z(\Gamma(G); \frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots) Z(H_B; 1 + z_1, 1 + 2z_2, \dots) = \frac{1}{4 \cdot 8} (6 \cdot 4! 2! + 6 \cdot 2^2 \cdot 2! 2! + 24 \cdot 2! \cdot 2 \cdot 2!) = 18.$$

(5)

Далі побудовані методи автоматизованого формування варіантів структур ТО РТК з урахуванням підрахованих варіантів. Найпростіший метод оснований на переборі значень цілочислових змінних x_j , що являють собою кількість окремих систем ТО РТК. Для скорочення комбінацій, що перебираються, вибираємо значення x_n з множини $\{0, 1\}$, $x_{n-1} - \{0, 1, 2\}, \dots, x_1 - \{0, 1, 2, \dots, n\}$. Більш складний метод оснований на використанні твірних функцій (енумераторів) і введеного в роботі лексикографічного упорядкування варіантів. Наприклад, для підрахунку варіантів структур ТО РТК граф G структури у вигляді матриці суміжності подається за допомогою лексикографічного впорядкованого списку. Отримане подання використовується для розпізнавання ізоморфізмів позначених графів структур ТО РТК.

Далі проведено аналіз вантажопотоків транспортного обслуговування РТК. Аналізуються різні схеми матеріальних потоків: односпрямований; паралельні потоки з різними зв'язками; потоки з петлями; замкнуті й розімкнуті, комбіновані потоки та ін. Гнучкість схем вантажопотоків пов'язана з кількістю можливих варіантів організації маршрутів руху транспорту. Так, наприклад, для розімкнутих

паралельних транспортних потоків із внутрішнім розташуванням n модулів РТК кількість можливих транспортних маршрутів

$$L_T = 2(2^n - 1). \quad (6)$$

Для складних систем ТО РТК характерна наявність великої кількості паралельних вантажопотоків. Аналізуються варіанти з одно- і багатомономенклатурним поданням вантажопотоків. Так, у випадку використання декількох типів технологічних модулів у РТК кількість варіантів закріплень модулів за технологічними операціями всередині окремого p -го вантажопотоку транспортного обслуговування

$$K_p = \prod_{j=1}^r \left(\frac{1}{e_j!} \sum_{h \in S_{e_j}} Z[S_L; \dots, (\sum_{j/i} P_{h_j} C_{h_j})^{m_j}, \dots] \right), \quad (7)$$

де r - число типів модулів; e_j - кількість модулів j -го типу.

Якщо за кожним матеріальним потоком закріплюються «свої» модулі, то в цьому випадку будь-який потік і закріплення модулів у ньому можна розглядати незалежно від інших потоків. Загальна кількість можливих варіантів закріплень з урахуванням всіх матеріальних потоків у РТК визначається формулою

$$K_\Sigma = \prod_{p=1}^L K_p. \quad (8)$$

Розробимо метод планування перевезень, оснований на імітаційному моделюванні, в якому враховуються основні критерії транспортного обслуговування РТК – час доставки вантажів і вартість перевезень. Виділимо особливості транспортного обслуговування РТК, пов'язані з використанням різних транспортних магістралей (автомобільних, залізничних, морських), транспортних засобів, обмеженнями маси, габаритних розмірів, умов руху, тимчасовими обмеженнями дорожнього руху, умовами перевезень, що змінюються. Перераховані особливості ускладнюють використання традиційних методів вирішення транспортних задач.

Запропонуємо поетапний підхід для вирішення задачі планування ТО РТК. На першому етапі формується портфель замовлень щодо введення в експлуатацію нових технологічних об'єктів РТК. Для цього весь інтервал планування розбивається на ряд підінтервалів, для кожного з яких виділяються актуальні (пріоритетні) технологічні об'єкти, які вводять в експлуатацію. Для цих об'єктів необхідно побудувати графіки допоміжних (транспортних) операцій, прив'язані до графіків введення нових технологічних об'єктів із заданими директивними строками D_i . Операції транспортування на цьому етапі розглядаються спрощено, шляхом моделювання переміщення вантажів без вибору раціональних маршрутів руху. Основна задача першого етапу пов'язана із задоволенням директивних строків D_i і урахуванням страхових запасів за часом.

На другому етапі (маршрутизація) проводиться пошук раціональних маршрутів, що задовольняють заданий набір умов і обмежень. Для маршрутизації розроблено оригінальний метод, оснований на імітаційному моделюванні та розповсюдженні «числових хвиль» у транспортній мережі РТК. Механізм моделювання ґрунтується на ідеї генетичного алгоритму, в якому є процес «розмноження» й «загибелі» заявок. «Розмноження» заявок здійснюється при генеруванні «числових хвиль» у сусідніх вузлах ТО РТК. «Загибель» заявок із

безперспективними маршрутами пов'язана з виконанням умов і обмежень ТО. Це дозволяє ефективно відкидати ті «числові хвили», які не відповідають раціональним маршрутам руху. Крім того, при досягненні «числовою хвилею» кінцевого вузла автоматично відкидаються і припиняють розмножуватися всі інші «числові хвили».

Для вирішення задачі планування транспортних перевезень враховані різні критерії ефективності транспортного обслуговування РТК – час доставки вантажів і вартість перевезень. Наприклад, вартість одного кілометра перевезення вантажу j -м транспортним засобом для i -го маршруту:

$$СП_j = \sum_i (q_{ij} + p_{ij} + s_{ij} + l_{ij} + \dots), \quad (9)$$

де q_{ij} - вартість споживаних паливно-мастильних матеріалів; p_{ij} - усереднена вартість простою; s_{ij} - усереднена вартість ремонту; l_{ij} - вартість одного кілометра проїзду по платній дорозі й т.д.

Вартість перевезення вантажів всіх транспортних засобів, що беруть участь у виконанні плану транспортного обслуговування на найближчий період:

$$СП = \sum_j СП_j. \quad (10)$$

Відзначимо, що значення часу руху транспортних засобів і вартість СП перевезення вантажів формується під час імітаційного моделювання ТО РТК.

Розглянемо різні постановки задачі транспортного обслуговування РТК з урахуванням бізнес-процесів транспортної логістики:

1. Забезпечити своєчасну, без затримок, доставку вантажів з урахуванням обмежень щодо вартості перевезення вантажів.
2. Мінімізувати транспортні витрати з урахуванням обмежень щодо часу транспортного обслуговування.
3. Забезпечити вирішення компромісної задачі, яка мінімізує вартість перевезення і час доставки вантажів з урахуванням обмежень щодо вартості й часу транспортного обслуговування.

Створимо знанняорієнтовану модель РТК, основу на ієрархічній структурі фреймів [3], у якій відображені всі характеристики транспортних засобів і транспортної системи РТК. Отримана структура використовується для імітаційного моделювання РТК (рис. 2).

Розроблений комплекс моделей і методів використано для створення комп'ютерної системи аналізу та планування транспортного обслуговування розподілених технологічних комплексів (КСАП ТО РТК). За допомогою КСАП ТО РТК менеджери, пов'язані з транспортним обслуговуванням РТК, можуть аналізувати нові структури РТК, модернізувати і реструктуризувати існуючу транспортну мережу, вибирати різні варіанти використання доріг, планувати і складати маршрути руху транспортних засобів. У КСАП ТО РТК виділимо основні напрямки дослідження:

- структурний аналіз транспортної мережі РТК (СА ТМ РТК);
- планування перевезень РТК на найближчий період часу (ПП РТК).

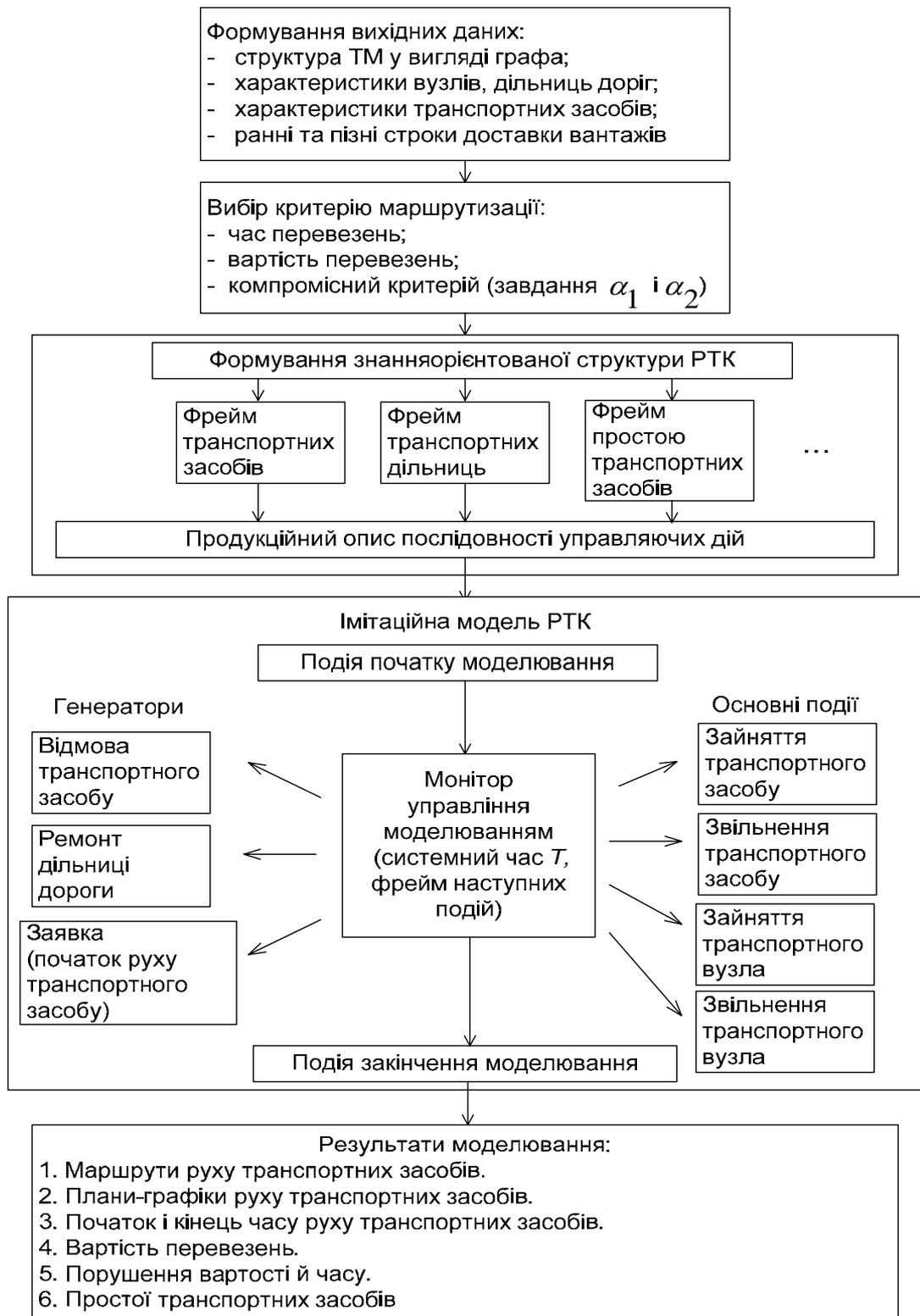


Рис. 2. Схема імітаційного моделювання транспортного обслуговування РТК

Кожен із напрямків складається з підсистем, а підсистеми – з модулів.

У рамках науково-технічного співробітництва між Національним аерокосмічним університетом ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» і Державним науково-дослідним інститутом нафти (Мексика) здійснено моделювання транспортного

обслуговування нафтокомплексу. Дослідження проведені на реальних фрагментах системи видобутку і транспортування нафти.

Проаналізовано перспективні проекти розвитку інфраструктури нафтокомплексу з урахуванням модернізації й розвитку системи транспортного обслуговування. Отримано плани обслуговування та маршрути руху транспортних засобів (залізничний транспорт, морські судна, вертольоти) від баз зберігання до основних технологічних вузлів, які були використані в задачах планування розвитку інфраструктури комплексу.

Отримані плани й маршрути в середньому на 12% мінімізують час доставки вантажів і на 8% - вартість перевезень у порівнянні з евристичними методами, які використовують диспетчери перевезень.

Висновок

У роботі вирішено актуальну задачу розробки комплексу математичних моделей і методів автоматизованого планування транспортного обслуговування та формування маршрутів пересування транспортних засобів у розподілених виробничих системах.

Ця задача має важливе значення для автоматизованого управління транспортним обслуговуванням розподілених виробничих комплексів, для яких необхідно організувати вантажоперевезення, що забезпечують безперебійну роботу основних технологічних вузлів.

Розроблені моделі, методи та програмний інструментарій можуть бути використані при аналізі транспортних систем, в управлінні транспортною логістикою, при формуванні розкладів роботи автомобільного, залізничного й авіаційного транспорту.

Практичне використання результатів роботи дозволяє:

- підвищити ефективність планування ТО РТК;
- сформулювати раціональні схеми вантажопотоків і маршрути руху транспортних засобів;
- одержати різні плани (оперативні й перспективні) і плани-графіки пересування транспортних засобів.

Список літератури

1. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей / Под ред. Б.Г. Сушкова – М.: Мир, 1989. – 496 с.
2. Западня К.О. Топологический анализ и синтез структур распределенных технологических комплексов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. –2004. – № 4(8). – С. 131-136.
3. Западня К.О. Знаниеориентированное имитационное моделирование транспортного обслуживания в распределенных технологических комплексах // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 6. – С. 89-93.

Розробка моделі побудови виробничих розкладів на базі компонентної постреляційної інформаційної технології для графових перетворень

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

1. Актуальність та аналіз проблеми, постановка задачі

У сучасних ринкових умовах України портфель замовлень підприємств динамічно змінюється, що вимагає нових підходів до управління як підприємством у цілому, так і його структурними підрозділами. Для ефективного планування виробничих процесів необхідно скористатися методами, орієнтованими на портфель замовлень, що змінюється.

Сучасне виробництво має складну, ієрархічну структуру, до якої входять різні виробничі об'єкти (цехи, відділи, ділянки тощо). Як такі об'єкти можуть виступати автоматизовані модулі, лінії, транспортні системи, виробничі склади. Планування роботи окремих складових автоматизованих виробничих систем (АВС) можливо при формуванні розкладів, що враховують взаємодію як основного, так і допоміжного обладнання (наприклад, транспортних засобів).

Класичні моделі теорії розкладів [1, 2] використовуються для планування роботи обмеженої кількості обладнання та непридатні для вирішення складних задач із реальними виробничими умовами і обмеженнями, які в тому числі враховують конфліктні ситуації різного характеру, наприклад, використання спільного обладнання при паралельному обслуговуванні замовлень. Тому потрібна розробка таких моделей, які коректно описують взаємодію основного та допоміжного обладнання з урахуванням паралельного обслуговування в умовах сучасного виробництва із частою зміною портфеля замовлень. Одним із можливих шляхів вирішення цієї задачі є використання графових моделей [3], реалізованих за допомогою компонентної інформаційної технології для опису процесу взаємодії основного та допоміжного обладнання для побудови розкладів та автоматизованого управління АВС.

Планування і побудова розкладів роботи автоматизованого обладнання сучасного, орієнтованого на ринок, підприємства пов'язані:

- зі створенням науково обґрунтованих підходів до підготовки і управління виробництвом в умовах портфеля замовлень, що змінюється;
- розробкою моделей і методів побудови розкладів роботи взаємодіючого основного і допоміжного обладнання для автоматизованого управління виробництвом.

Відомі методи, які застосовують у системах оперативного управління за кордоном (R/3, Oracle Applications, Baan IV, Renaissance CS), орієнтовані на побудову планів, а не розкладів роботи обладнання АВС і через специфіку організації виробництва в Україні і країнах СНД вимагають змін і додаткової адаптації до наших умов, що практично неможливо через їх закритість для користувачів. Необхідно також урахувувати високі витрати на придбання даних систем. Існують окремі системи російського виробництва, однак більшість із них маловідомі через слабку маркетингову політику і відсутність кваліфікованого

супроводу продукції. Крім того, перераховані системи використовують застарілі програмні платформи, які не дозволяють робити ефективні перетворення графів для вирішення задач побудови розкладів, і тому використання компонентної технології дозволить перейти до інтерфейсу користувача, побудованого на візуальному перетворенні графових структур.

Аналіз показав, що відомі підходи до побудови розкладів орієнтовані на постійний портфель замовлень і одержання тільки циклічних розкладів для невеликої кількості процесів і тому мало придатні в сучасних економічних умовах. Разом із тим практика розробки і побудови сучасних автоматизованих систем управління виробництвом вимагає розробки нових підходів і методів вирішення задачі побудови розкладів, які б дозволили одержувати розклади виконання замовлень для взаємодіючого основного та допоміжного обладнання за прийнятний час так, щоб можна було здійснювати перепланування АВС у випадку зміни портфеля замовлень або появи термінових замовлень. Таким чином, необхідно розробити графову модель і методи побудови розкладів роботи за допомогою побудови бібліотеки функціональних модулів у рамках постреляційної компонентної технології.

2. Розробка моделі та методів побудови розкладів роботи виробничих систем

Аналіз існуючих систем планування виробництва, дослідження їх структурних складових і характеристик дозволили формалізовано подати розклади роботи основного та допоміжного обладнання АВС у вигляді виробничо-часових графів (ВЧГ) [4].

Виробничо-часовий граф – це орієнтований граф G з p вершинами, заданими множиною $V = \{v_1, v_2, \dots, v_p\}$, і q ребрами, заданими множиною $W = \{w_1, w_2, \dots, w_q\}$.

Запропоновано позначення виробничо-часового графа G у вигляді такої четвірки параметрів: $G \{V, B, W, R\}$, де V - множина вершин, $B = \{B^1, B^2, \dots, B^P\}$

- множина часових інтервалів вершин ($B^i = \{b_1^i, b_2^i, \dots, b_k^i\}$), W - множина ребер,

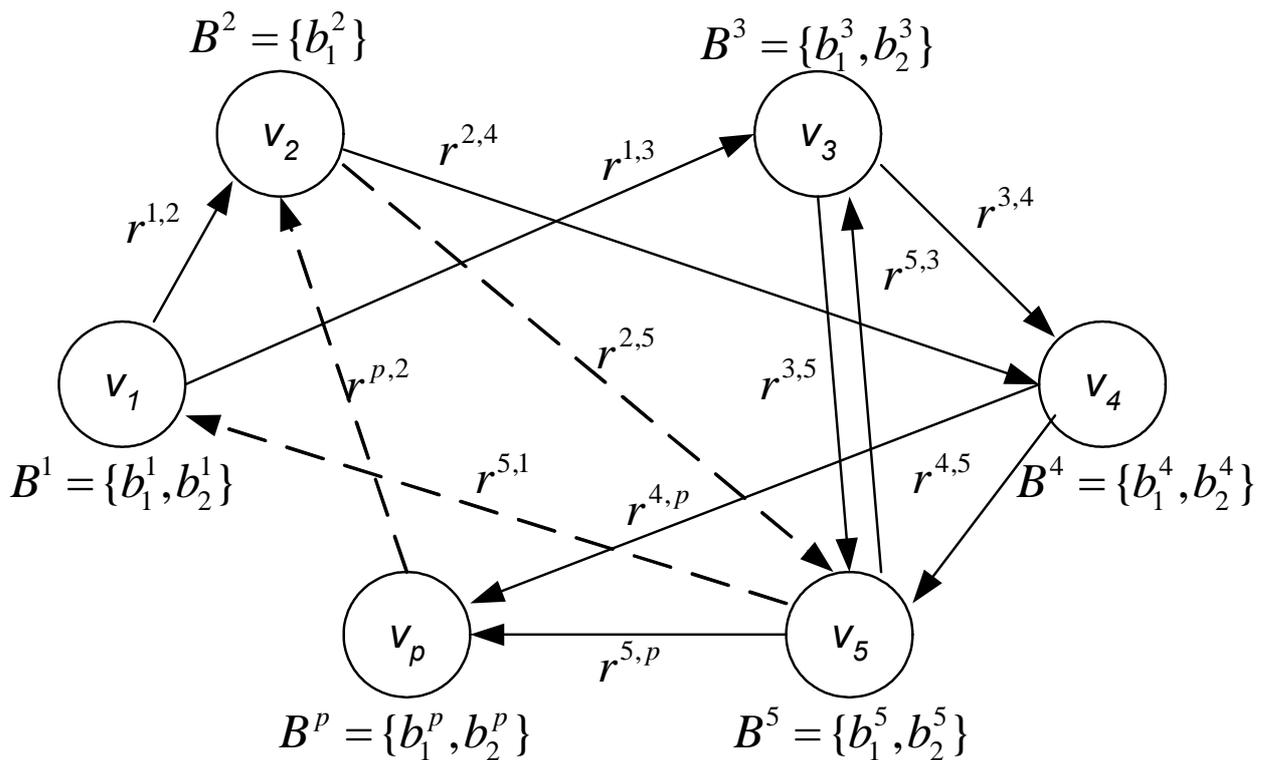
$R = \{r_1, r_2, \dots, r_q\}$ - множина часових інтервалів ребер (рис. 1).

Множина вершин V розбита на неперетинні підмножини, причому вершини, що належать до однієї підмножини, називаються тотожними.

Виробничо-часовий граф G може складатися з μ підграфів (G_1, G_2, \dots, G_μ). Запропоновані поняття ізольованих вершин, нульового (G^0) і оберненого (G^{-1}) графів.

Описано два види переміщень між об'єктами виробництва: робочі й холості переходи. Робочим переміщенням відповідають на виробничо-часовому графі ребра, що належать множині W^P , холостим – ребра, що належать множині W^X , $W^P \cap W^X = \emptyset$, $W = \{W^P, W^X\}$.

Для перетворення ВЧГ введені спеціальні операції об'єднання \cup_G і перетину \cap_G . Виділені вершинні й реберні компоненти ВЧГ, які є елементарними складовими цих графів [4].



Приклад виробничо-часового графа

На множині компонентів введені операції зрушення. Зрушенням кінця інтервалу вершинного компонента називається операція перетворення компонента вигляду $E^i(N^i, K^i)$ у компонент вигляду $E^i(N^i, K^i + t^i)$, де t^i – величина зрушення правої границі i -го компонента. Зрушенням компонента називається операція перетворення вершинного або реберного компонента $E^i(N^i, K^i)$ у компонент вигляду $E^i(N^i + t^i, K^i + t^i)$. Показано, що введені раніше операції на графах можна подати через компоненти.

Досліджені виробничо-часові графи спеціального вигляду – елементарні графи, які складаються з упорядкованих у часі вершинних і реберних компонентів, що послідовно чергуються. На множині елементарних графів задано відношення тотожності. Елементарний граф G_2 називається 1-тотожним графу G_1 , якщо він отриманий із графа G_1 шляхом заміни його вершин на тотожні. Елементарний граф G_2 називається 2-тотожним графу G_1 , якщо він отриманий із графа G_1 шляхом застосування до його компонентів операцій зрушення.

Виробничо-часові графи, тотожні перетворення і операції на графах дозволили формально подати побудову розкладів у вигляді формульної залежності. Введено поняття проміжного розкладу [5]. Під проміжним розкладом розуміємо структурний об'єкт, поданий виробничо-часовим графом Q , формально отриманим з виробничо-часових графів G_1, G_2, \dots, G_n у такий спосіб:

$$Q = (G_1^* \cup_G G_2^* \cup_G \dots \cup_G G_n^*) \cup_G (G_1 \cap_G G_2 \cap_G \dots \cap_G G_n),$$

де $G_i^* = G_i \cup_G (G_i^X)^{-1}$ - граф, що отриманий із графа G_i шляхом видалення підмножини реберних компонентів $E^X \subset W^X$.

Виконання дій за наведеною формулою дозволяє одержати деякий проміжний розклад, який у загальному випадку не обов'язково задовольняє необхідним умови реалізованості розкладу. Множина умов реалізованості розкладу (наприклад, відсутність взаємного перетинання вершинних компонентів у кожній вершині, реберних компонентів усередині підграфів і т.д.) утворює множину перевірок реалізованості $\pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_S\}$. Проміжні розклади, які відповідають всім перевіркам множини π , утворюють підмножину реалізованих проміжних розкладів, тобто власне розкладів, а проміжні розклади, які задовольняють окрему перевірку $\pi_\alpha, \alpha = \overline{1, S}$, утворюють підмножину α -реалізованих проміжних розкладів.

Зазначено фактори, які визначають специфіку організації роботи лінії в умовах портфеля замовлень, що змінюється (оперативний режим). Ці фактори формують ряд особливостей побудови оперативних розкладів, а саме:

- відсутня можливість априорно розподіляти зони обслуговування транспортних робіт;
- змінний потік виробів за різними замовленнями вимагає достатньої кількості технологічних супутників;
- послідовний характер запуску замовлень дозволяє одержувати інформацію про маршрути руху транспортних робіт і використання основного обладнання тільки на деякому інтервалі часу (наприклад, між двома послідовними запусками виробів).

Розроблено метод побудови оперативних розкладів, що враховує зазначені особливості і містить такі основні етапи:

1. Розрахунок тривалості реберних компонентів ВЧГ.
2. Розподіл реберних компонентів між підграфами ВЧГ.
3. Побудова оперативного розкладу на рівні компонентів ВЧГ.
4. Перевірка реалізованості вершинних і реберних компонентів на множині перевірок π .

5. Тотожні перетворення компонентів ВЧГ.

6. Одержання реалізованого розкладу.

Особливості оперативного режиму роботи АВС визначають набір перевірок побудованого проміжного розкладу $\pi = \{\pi_1, \pi_2, \pi_3\}$.

Перевірки дозволяють оцінити побудований проміжний розклад. Невиконання умов будь-якої з перевірок викликає необхідність переходу на етап тотожних перетворень, на якому здійснюються перетворення елементарного графа з метою одержання реалізованого оперативного розкладу.

На основі результатів попереднього аналізу побудову оперативних розкладів АВС здійснено на рівні операцій над компонентами виробничо-часових графів з урахуванням послідовної побудови вершинних і реберних компонентів

елементарного графа G_j до вже побудованого розкладу Q_{r-1} для елементарних графів G_1, \dots, G_{j-1} . Послідовність побудови оперативного розкладу з урахуванням вказаного складу перевірок формально подається у такий спосіб:

$$Q_1 = (E_1^1 \cup_G G^0) | \pi_1 \cup_G ((E_2^1 \cup_G G^0) | \pi_2 \cup_G (E_2^1 \cap_G G^0)) | \pi_3,$$

...

$$Q_{\frac{K_1}{2}} = (E_{K_1-1}^1 \cup_G Q_{\frac{K_1-1}{2}}) | \pi_1 \cup_G ((E_{K_1}^1 \cup_G Q_{\frac{K_1-1}{2}}) | \pi_2 \cup_G$$

$$\cup_G (E_{K_1} \cap_G Q_{\frac{K_1-1}{2}})) | \pi_3,$$

...

$$Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_{m-1}}{2} + 1} = (E_1^m \cup_G Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_{m-1}}{2}}) | \pi_1 \cup_G ((E_2^m \cup_G$$

$$\cup_G Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_{m-1}}{2}}) | \pi_2 \cup_G (E_2^m \cap_G Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_{m-1}}{2}})) | \pi_3,$$

...

$$Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_m}{2}} = (E_{K_m-1}^m \cup_G Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_{m-1}}{2}}) | \pi_1 \cup_G ((E_{K_m}^m \cup_G$$

$$\cup_G Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_{m-1}}{2}}) | \pi_2 \cup_G (E_{K_m}^m \cap_G Q_{\frac{K_1}{2} + \dots + \frac{K_{m-1}}{2}})) | \pi_3,$$

де Q_r - оперативний розклад на r -му кроці побудови, $r = \overline{1, K_1/2 + K_m/2}$

(при $r = 1: Q_{r-1} = G^0$);

E_i^j - i -й компонент j -го елементарного графа, $i = \overline{1, K_j}$;

K_j - кількість компонентів j -го елементарного графа, $j = \overline{1, m}$;

$|\pi_\alpha$ - виконання перевірки π_α для відповідного елемента формули ($\alpha = \overline{1, 3}$).

Розглянуто питання організації планування ABC в умовах постійного портфеля замовлень, що дозволяє будувати розклади заздалегідь і робити їх повторюваними (циклічними), що зручно для автоматичних режимів управління роботою обладнання [5].

Метод побудови циклічного розкладу на рівні операцій над компонентами ВЧГ оснований, як і для оперативного розкладу, на послідовній побудові вершинних і реберних компонентів елементарного графа G_j до вже побудованого розкладу Q_{r-1} для елементарних графів G_1, \dots, G_{j-1} . Послідовність побудови циклічного розкладу на r -му кроці з урахуванням конкретного складу перевірок $\pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_6\}$ може бути записана в такий спосіб:

$$Q_r = \left(Q_{r-1} \cup_G E_{2i-1}^j \Big|_{\pi_4} \right) \Big|_{\pi_1} \cup_G \left((Q_{r-1} \cup_G E_{2i}^j) \cup_G (Q_{r-1} \cap_G E_{2i}^j) \right) \Big|_{\pi_2, \pi_3, \pi_5, \pi_6},$$

де Q_r - циклічний розклад на r -му кроці побудови (при $r = 1: Q_{r-1} = G^0$);

i - номер пари компонентів j -го елементарного графа, $i = \overline{1, K_j/2}$;

K_j - кількість компонентів j -го елементарного графа, $j = \overline{1, m}$;

$\Big|_{\pi_\alpha}$ - виконання перевірки π_α для відповідного елемента формули ($\alpha = \overline{1, 6}$).

Запропонований спосіб визначення нижньої границі тривалості циклу T , який враховує множину часових інтервалів вершин елементарних ВЧГ G_j , $j = \overline{1, m}$.

При побудові розкладу для заданого виробничо-часового графа Q , що складається з μ підграфів, виникає задача розподілу реберних компонентів елементарних графів G_j , $j = \overline{1, m}$ між підграфами Q_g , $g = \overline{1, \mu}$. Ця задача вирішується шляхом декомпозиції графа Q на підграфи за критерієм рівномірного розподілу реберних компонентів $E^p \subset W^p$ множини елементарних ВЧГ.

Запропоновано перетворення, які забезпечують побудову реалізованого проміжного розкладу, і виділено три фази перетворення розкладу. Перші дві фази пов'язані з тотожними перетвореннями вершинних і реберних компонентів елементарних ВЧГ, поєднаних у розклад (виробничо-часовий граф). Запропоновано спосіб виконання тотожних перетворень компонентів елементарних графів, звертання до якого відбувається у випадку невиконання умов реалізованості, що задаються множиною перевірок π .

Третя фаза перетворення розкладу пов'язана зі зміною тривалості циклу T . Вона є завершальною і забезпечує побудову реалізованого розкладу. Остаточний аналіз реалізованості виконується методами імітаційного моделювання. Показано, що процес перетворення розкладу є кінцевим і результативним.

Розроблено інструментальні засоби побудови АРМ «Розклад» для задач підготовки виробництва [6].

Розроблений АРМ дозволяє на етапі підготовки виробництва за допомогою виробничо-часових графів подати структуру АВС і на підставі запропонованих

моделі і методів побудувати розклад роботи обладнання ABC. При формуванні розкладу використані як оригінальні методики, так і методи імітаційного моделювання. Для зберігання інформації використовують бази даних, для управління якими застосовують високопродуктивну постреляційну технологію на основі СУБД Caché, що найбільш ефективно і з високим ступенем адекватності дозволяє подати графову модель ABC у зручному для комп'ютерної обробки вигляді.

3. Висновки

Таким чином, у статті наведено вирішення актуальної науково-технічної задачі аналізу, планування і побудови розкладів роботи ABC в умовах портфеля замовлень, що змінюється. Побудовано модель виробництва у вигляді виробничо-часового графа, що уявляє роботу ABC у реальному просторово-часовому аспекті. Запропоновано спеціальні операції щодо перетворення виробничо-часових графів у задачах побудови розкладів роботи ABC, які розширюють можливості графових моделей для розглянутої прикладної області. Розроблено бібліотеку функціональних елементів за допомогою компонентної постреляційної технології для перетворення графових структур розкладів.

Ця задача має важливе практичне значення для ефективної роботи ABC в аерокосмічній, машинобудівній, приладобудівній та іншій галузях промисловості України, що працюють в умовах частотої зміни замовлень.

Отримані наукові та практичні результати роботи можуть бути використані для задач підготовки виробництва, а також при створенні систем планування і управління автоматизованими виробничими комплексами в різних галузях народного господарства.

Список літератури

1. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний. – М.: Наука, 1975. – 260 с.
2. Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний. – М.: Наука, 1975. – 256 с.
3. Харрари Ф. Теория графов. – М.: Мир, 1973. – 340 с.
4. Губка А.С. Модель построения расписаний работы производственных объектов // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць.– Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». – 2002. – Вип.27. – С. 212-216.
5. Федорович О.Е., Губка А.С. Формализация задачи оперативного управления автоматизированными производственными комплексами // Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. праць.– К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. – 2003. – Вип.22. – С. 200-205.
6. Комп'ютерна програма «Програма для конструктивного перерахування варіантів побудови розкладів» // О.С. Губка: Свід. Держ. реєстр. прав автора на твір № 11359. – Зареєстр. в Держ. департ. інтелектуальної власності Мін. освіти і науки України 20.10.2004 р.

Экспертные системы в эргономике интерфейса пользователя ПК

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

В начале 80-х годов в исследованиях по искусственному интеллекту сформировалось самостоятельное направление, получившее название "экспертные системы" (ЭС). Цель исследований ЭС состоит в разработке программ, с помощью которых при решении задач, трудных для эксперта-человека, получают результаты, не уступающие по качеству и эффективности решениям, получаемым экспертом. Исследователи в области ЭС для названия своей дисциплины часто используют также термин "инженерия знаний", введенный Е.Фейгенбаумом как "привнесение принципов и инструментария исследований из области искусственного интеллекта в решение трудных прикладных проблем, требующих знаний экспертов".[2]

Программные средства (ПС), базирующиеся на технологии экспертных систем, или инженерии знаний (в дальнейшем будем использовать их как синонимы), получили значительное распространение в мире. Важность экспертных систем состоит в следующем:

- технология экспертных систем существенно расширяет круг практически значимых задач, решаемых на компьютерах, в результате чего получают значительный экономический эффект;
- технология ЭС является важнейшим средством в решении глобальных проблем традиционного программирования (длительность и, следовательно, высокая стоимость разработки сложных приложений);
- высокая стоимость сопровождения сложных систем, которая часто в несколько раз превосходит стоимость их разработки; низкий уровень повторной используемости программ и т.п.;
- объединение технологии ЭС с технологией традиционного программирования добавляет новые качества к программным продуктам путем обеспечения динамической модификации приложений пользователем, а не программистом; большей "прозрачности" приложения; лучшей графики; интерфейса и взаимодействия.

Можно выделить две основные причины, которые привлекли интерес к экспертным системам:

- Экспертные системы ориентированы на решение широкого круга задач принятия решений в слабоформализованных предметных областях, а также на приложения, которые считаются малодоступными для вычислительной техники.
- Экспертные системы при решении практических задач принятия решений достигают, а иногда и превосходят возможности людей - экспертов, не оснащенных экспертными системами.

Коммерческий успех искусственного интеллекта заключается в следующем:

1. *Специализация.* Переход от разработки инструментальных средств общего назначения к проблемно - специализированным средствам, что обеспечивает сокращение сроков разработки приложений, увеличивает эффективность использования инструментария, упрощает и ускоряет работу эксперта, позволяет повторно использовать информационное и программное обеспечение (объекты, классы, правила, процедуры).

2. *Использование языков традиционного программирования.* Переход от систем, основанных на языках искусственного интеллекта (Lisp, Prolog и т.п.), к языкам традиционного программирования (C, C++ и т.д.) упростил «интегрированность» и снизил требования приложений к быстродействию и ёмкости памяти.

3. *Интегрированность.* Разработаны инструментальные средства искусственного интеллекта, легко интегрирующиеся с другими информационными технологиями и средствами (с CASE, СУБД).

4. *Открытость и переносимость.* Разработки ведутся с соблюдением стандартов, обеспечивающих данные характеристики.

Экспертные системы и системы искусственного интеллекта отличаются от систем обработки данных тем, что в них в основном используются символьный (а не числовой) способ представления, символьный вывод и эвристический поиск решения (а не исполнение известного алгоритма).

Экспертная система ExpertSYS [3] (см. рисунок) состоит из следующих основных компонентов [1]:

- 1) решатель (интерпретатор);
- 2) рабочая память (БД);
- 3) база знаний (БЗ);
- 4) подсистема преобразования знаний;
- 5) подсистема объяснений;
- 6) дружелюбный диалоговый интерфейс.

В области искусственного интеллекта наибольшего коммерческого успеха достигли экспертные системы и средства их разработки. В свою очередь, в этом направлении наибольшего успеха достигли проблемно специализированные средства. Если в 1988 году доход от них составил 3 млн. долларов, то уже в 1994 году – 60 млн. долларов.

В наше время, когда технологии стремительно развиваются, когда человек не может представить свою жизнь без электронных приборов таких, как мобильный телефон, персональный компьютер, портативный компьютер «Notebook», модули памяти и многих других устройств, очень важно сделать эти устройства максимально простыми и удобными в использовании человеком. Как известно, вопросами оптимизации человеческой деятельности занимается научная дисциплина – эргономика.

При изучении и создании эффективных управляемых человеком систем в эргономике используется системный подход. Для оптимизации управляемых человеком систем эргономика применяет научные изыскания психологии, физиологии (особенно нейрофизиологии), гигиены и безопасности труда, социологии, культурологии и многих технических, инженерных и информационных дисциплин. Некоторые термины эргономики стали широко употребляться в быту, например, юзабилити. Юзабилити – это понятие в микроэргономике, обозначающее общую степень удобства предмета при использовании, термин схож с термином «эргономичность». Международный стандарт ISO 9241-11:1998 [5] определяет юзабилити как «степень, в которой продукт может быть использован определёнными пользователями при определённом контексте использования для достижения определённых целей с должной эффективностью, продуктивностью и удовлетворённостью».

В настоящее время важным вопросом является оценка удобства интерфейса пользователя ПК. Как гласит определение, интерфейс пользователя — это совокупность средств, с помощью которых пользователь общается с различными устройствами, чаще всего — с компьютером или бытовой техникой.

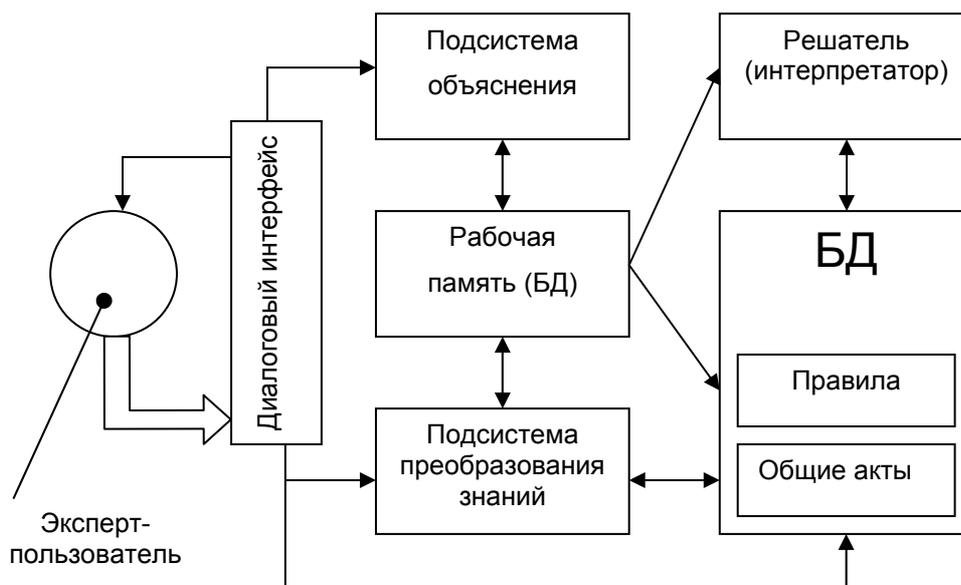


Схема обобщенной экспертной системы

Для ПК выделяют понятие графического интерфейса пользователя. Он представляет собой систему средств для взаимодействия пользователя с компьютером, которая основана на представлении всех доступных пользователю системных объектов и функций в виде графических компонентов экрана (окон, значков, меню, кнопок, списков и т. п.) [4].

Стремление к созданию устройств и программ с удобным пользовательским интерфейсом имеет экономическое обоснование. Не секрет, что продукты с удобным интерфейсом пользователя имеют более высокие показатели продаваемости, чем их аналоги с менее удобным интерфейсом.

Сейчас прилагаются большие усилия для создания таких продуктов, которые могли бы применяться всеми пользователями без исключения, в том числе и людьми с ограниченными возможностями. Это позволит всем людям обладать равными правами доступа к преимуществам информационных технологий, и каждый человек благодаря этим средствам сможет внести свой вклад в экономический и социальный прогресс. Известны миллионы случаев, когда люди, имеющие ограниченные физические возможности, не отчаиваются, а работают над собой и находят свое применение в различных сферах человеческой деятельности. Так почему не помочь этим людям реализовать себя в области информационных технологий?

Актуальной задачей является разработка базы данных для экспертной системы, которая будет определять, какими именно возможностями должен обладать ПК для конкретного человека.

Какими же специальными возможностями нужно наделить программное обеспечение и устройства, входящие в ПК, чтобы людям было удобно и приятно пользоваться компьютером? Это зависит от того, какого рода физические ограничения у конкретного человека.

Необходимо классифицировать физические ограничения у людей. При создании классификации был использован иерархический метод. Под иерархическим методом классификации понимается метод, при котором заданное множество последовательно делят на подчиненные подмножества, постепенно конкретизируя объект классификации. При этом основанием деления служит

некоторый выбранный признак. Совокупность получившихся группировок при этом образует иерархическую древовидную структуру в виде ветвящегося графа, узлами которого являются группировки. Эта классификация представлена в таблице. Каждый из этих недостатков может быть компенсирован набором программных и аппаратных средств. Для каждого из ограничений этот набор будет уникальным. В таблице приведены решения в виде предложения дополнительных программных и аппаратных средств для компенсации каждого из физических ограничений.

С помощью таблицы становится возможным определять набор программного обеспечения и специализированного оборудования, которые необходимы для полноценной работы любого человека в сфере информационных технологий.

Технический прогресс движется вперед, создаются новые устройства, которые делают возможным взаимодействие ПК с людьми, имеющими ограниченные физические возможности. Компьютерные технологии помогают многим инвалидам обрести работу. Но чем совершеннее становятся технологии, тем сложнее создавать продукты, с которыми могли бы работать люди, имеющие физические недостатки.

Это благородное дело, которое нужно развивать и внедрять в жизнь.

Классы физических ограничений	Подклассы физических ограничений	Степень физических ограничений	Решения
Нарушения зрения	Близорукость	Слабая миопия	1. Экранное увеличение
		Средняя миопия	1. Экранное увеличение 2. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками. 3. Linux - использование для слепых 4. KNOPPIX для слепых (англ.) 5. NetHack - игра, имеющая интерфейс для слепых 6. ПО упражнения для глаз
		Сильная миопия	1. Экранное увеличение 2. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками 3. Программы для распознавания речи 4. Системы считывания экранной информации, синтезаторы 5. Электронные записные книжки для слепых и принтеры Брайля 6. Linux - использование для слепых 7. KNOPPIX для слепых (англ.) 8. NetHack - игра, имеющая интерфейс для слепых 9. ПО упражнения для глаз
	Дальнозоркость	Слабая гиперметропия	1. Экранное увеличение
		Средняя гиперметропия	1. Экранное увеличение 2. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками. 3. Linux - использование для слепых 4. KNOPPIX для слепых (англ.) 5. NetHack - игра, имеющая интерфейс для слепых 6. ПО упражнения для глаз
		Сильная гиперметропия	1. Экранное увеличение 2. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками. 3. Программы для распознавания речи 4. Системы считывания экранной информации, синтезаторы 5. Электронные записные книжки для слепых и принтеры Брайля 6. Linux - использование для слепых 7. KNOPPIX для слепых (англ.) 8. NetHack - игра, имеющая интерфейс для слепых 9. Программы, напоминающие о своевременных упражнениях для глаз
	Глаукома	Открытоугольная	1. Высококачественный монитор 2. Экранное увеличение 3. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками.
		Закрытоугольная	1. Высококачественный монитор 2. Экранное увеличение 3. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками.

	Косоглазие	Содружественное	1. Высококачественный монитор 2. Программы, напоминающие о своевременных упражнениях для глаз
		Паралитическое	1. Высококачественный монитор 2. Программы, напоминающие о своевременных упражнениях для глаз
	Амблиопия	Дисбинокулярная	1. Высококачественный монитор 2. Программа для фотостимуляции "ФОТОСТИМУЛЯЦИЯ" от центра «НЕ-БО-ЛЕЙ-КА»
		Истерическая	1. Высококачественный монитор 2. Программа для фотостимуляции "ФОТОСТИМУЛЯЦИЯ" от центра «НЕ-БО-ЛЕЙ-КА»
		Обскурационная	1. Высококачественный монитор 2. Программа для фотостимуляции "ФОТОСТИМУЛЯЦИЯ" от центра «НЕ-БО-ЛЕЙ-КА»
Нарушения слуха	Тугоухость I степени		Высококачественные наушники
	Тугоухость II степени		Высококачественные наушники
	Тугоухость III степени		1. Высококачественные наушники 2. Система формирования субтитров
	Тугоухость IV степени		1. Система формирования субтитров 2. ПО для глухих COMMplements фирмы Peacock Communications Inc
	Глухота		1. Система формирования субтитров 2. ПО для глухих COMMplements фирмы Peacock Communications Inc
Нарушения речи	Нарушения устной речи	Нарушения произносительной стороны речи	ПО - комплекс программ по коррекции нарушений произносительной стороны речи
		Системные нарушения речи	ПО - комплекс программ по коррекции системных нарушений произносительной стороны речи
	Нарушения письменной речи	Дисграфия (нарушение письма)	ПО – комплекс упражнений по устранению дисграфии
		Дислексия (нарушение чтения)	ПО – комплекс упражнений по устранению дислексии
Нарушения опорно-двигательного аппарата	Временные (механические повреждения)	Вывихи	1. Сверхчувствительный тачпад 2. Альтернативные устройства ввода информации
		Переломы	1. Сверхчувствительный тачпад 2. Альтернативные устройства ввода информации
	Долгосрочные нарушения	Искривление позвоночника	ПО – комплекс физических упражнений для позвоночника
		Дистрофия	Сверхчувствительный тачпад
		Паралич	1. Альтернативные устройства ввода 2. Вживление чипов в ткани мозга
		Заболевания суставов	Альтернативные устройства ввода
	Отсутствие органов опорно-двигательной системы	Отсутствие правой руки	1. Альтернативные клавиатуры 2. ПО для левши
		Отсутствие левой руки	Альтернативные клавиатуры
		Отсутствие обеих рук	Альтернативные устройства ввода
		Отсутствие нижней(их) конечности(ей)	Стандартный набор ПО и аппаратных средств

Список литературы

1. Применение методов искусственного интеллекта в задачах управления проектами / Бабынин Н.М., Жихарев В.Я., Илюшко В.М. и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2002 – 474с.
2. Попов Э.В. Особенности разработки и использования экспертных систем. Искусственный интеллект: В 3 кн. Кн. 1. – М: Радио и связь, 1990.
3. ISO 9241-11:1998 – Эргономические требования к учрежденческим работам с использованием видеотерминалов (VDT) . Часть 11. Руководство по определению и измерению используемости, регистрация от 01.04.98, Код ОКС(МКС): 13.180; 35.180.

Перспективы использования эргографии для исследования психофизиологического состояния авиационных операторов

Национальный авиационный университет

Введение

Мнения экспертов сходятся в отношении важности человеческого фактора как основной причины авиационных происшествий и инцидентов [1,2]. Под управлением безопасностью полетов по человеческому фактору следует понимать комплекс реальных мероприятий организационного и профилактического характера, охватывающих все сферы профессионально-психологической деятельности авиационного оператора. Комплексность понятия «человеческий фактор» предполагает его изучение специалистами разного профиля, однако, в результате узкой направленности исследований зачастую теряется взаимосвязь между его отдельными составляющими. В центре модели SHELL, рекомендуемой ИКАО как расширенный вариант модели «человек-машина-среда», находится человек как наиболее значимый и гибкий компонент. Данные, необходимые для его исследования разбиваются на четыре категории: физические, физиологические, психологические и психосоциологические [3, 4]. Выборочное исследование проблемы применительно к каждой из категорий сдерживает дальнейшее эффективное решение её в целом.

Реализация фундаментальных принципов ИКАО требует усовершенствования системы контроля человеческого фактора в авиационных системах. В частности, не решенной является задача учета динамики работоспособности авиационных операторов, которая требует индивидуального подхода и применения новых методов исследований.

Постановка задачи

Цель статьи состоит в изложении и обосновании организационных подходов и методов контроля работоспособности авиационных операторов.

Индивидуальный подход к оценке психофизиологического состояния

Работоспособность оператора зависит от индивидуально-типологических особенностей организма, его общего функционального состояния, неспецифической стойкости организма, особенностей режима труда и отдыха, степени выраженности стрессового фактора и длительности его воздействия. Поскольку влияние внешних и внутренних факторов на работоспособность носит сугубо индивидуальный характер, для прогнозирования отказов необходим контроль уровня работоспособности авиационных операторов на различных этапах профессиональной деятельности (рис.1).

Своевременное обнаружение состояния утомления позволяет назначить реабилитационные мероприятия или откорректировать рабочий график таким образом, чтобы избежать нежелательных последствий снижения уровня работоспособности. График работы и отдыха должен быть основан на оценке индивидуальных показателей, которые характеризуют уровень работоспособности оператора.

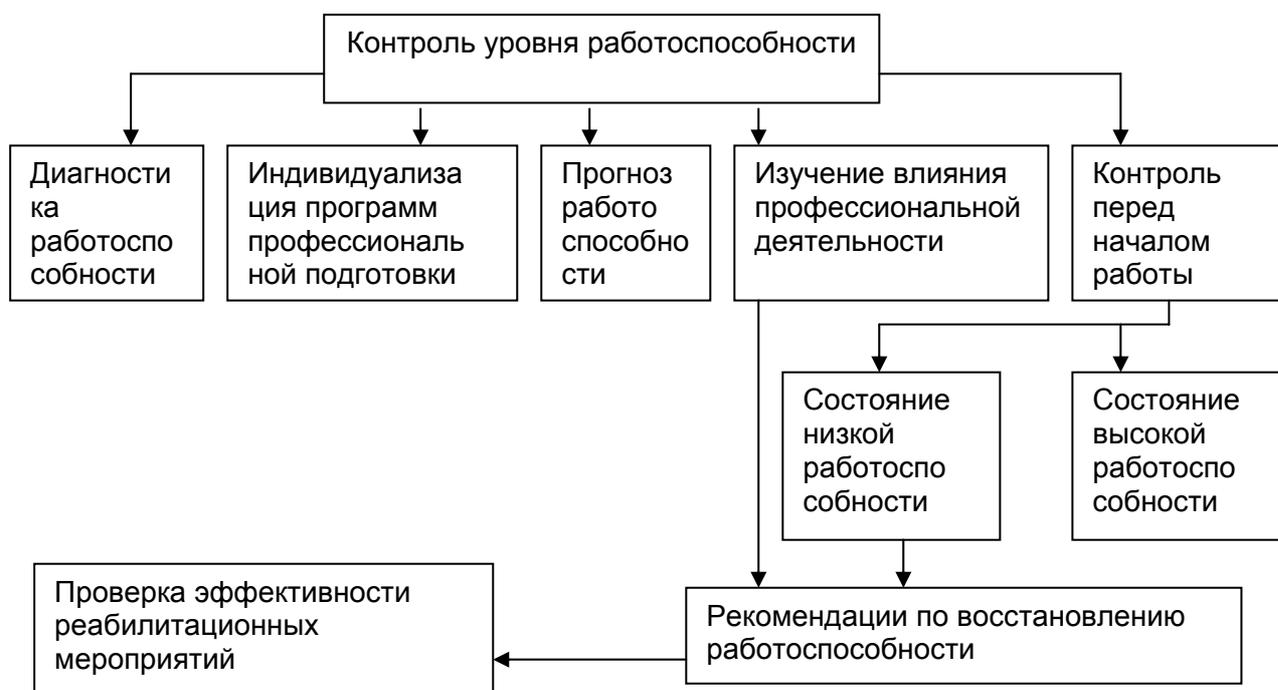


Рис 1. Применение контроля работоспособности на различных этапах подготовки и работы авиационного оператора

Применение комплексной автоматизации для сбора и анализа данных может существенно улучшить качество прогноза и повысить оперативность оценки профессионального здоровья, обоснованность выбора диагностических, профилактических и реабилитационных мероприятий. Задачу выявления и постановки на учет лиц с прогрессирующим снижением функциональных резервов можно рассматривать как приоритетную.

Целесообразно применить различные методы обследования (медицинские, психологические, психофизиологические), но поскольку в экстремальных условиях работы на первое место выходят качества оператора, обусловленные свойствами центральной нервной системы, целесообразно использовать методы, позволяющие судить об основных нервных процессах.

Применение метода комплексной эргографии для исследования работоспособности

В общем понимании уровень работоспособности определяется соотношением процессов утомления и восстановления (возбуждения и торможения) в коре головного мозга. Вследствие этого для изучения работоспособности необходимы методы, которые позволяют оценить динамику основных нервных процессов, одним из таких методов является комплексная эргография.

Эргография - это графическая регистрация показателей дозированной физической работы, которая выполняется до полного утомления за счет движения ограниченного количества мышечных групп. Пальцевую эргографию с использованием двух различных весов предложил А.А.Кирин. Его исследования показали возможность применения этого метода для диагностики темперамента и состояния психики, а также динамического стереотипа операторов [5].

Дальнейшие исследования, проведенные нами, касались получения количественных характеристик для диагностики состояния утомления [6, 7]. В основу классификации был положен характер проявления физиологического «закона силы», разработана шкала работоспособности, состоящая из пяти уровней: повышенная работоспособность - средняя работоспособность – острое утомление – кумулятивное утомление – хроническое утомление. Обследование членов экипажей воздушных судов проводилось в Украинском государственном учебно-сертификационном центре гражданской авиации, использовался пальцевый эргограф, грузы 3 и 2 кг. Было обследовано 40 человек, диагностировался уровень работоспособности. Тем не менее, полученные показатели были изучены недостаточно, в связи с чем представляется необходимым их более глубокий анализ. Рассмотрим несколько примеров.

Влияние операторской деятельности приводит к концентрации возбуждения в определенных нервных центрах. Поэтому у ряда обследуемых до выполнения летного задания на тренажере диагностировался уровень работоспособности 2, а после работы – уровень 1, то есть типичная профессиональная деятельность незначительная по продолжительности приводит к повышению работоспособности. На эргографической кривой это проявляется в сближении линий линейного тренда для грузов 3 и 2 кг, а также в увеличении общего времени работы на эргографе.

У пилота, несмотря на диагностируемый до тренировки уровень 5, после выполнения задания на эргографической кривой наблюдалось сближение линий линейного тренда (рис. 2). Это говорит о повышении активности организма, поэтому в состоянии утомления, несмотря на снижение своих возможностей, за счет внутренней мобилизации он способен в той или иной степени сохранять требуемую надежность работы.

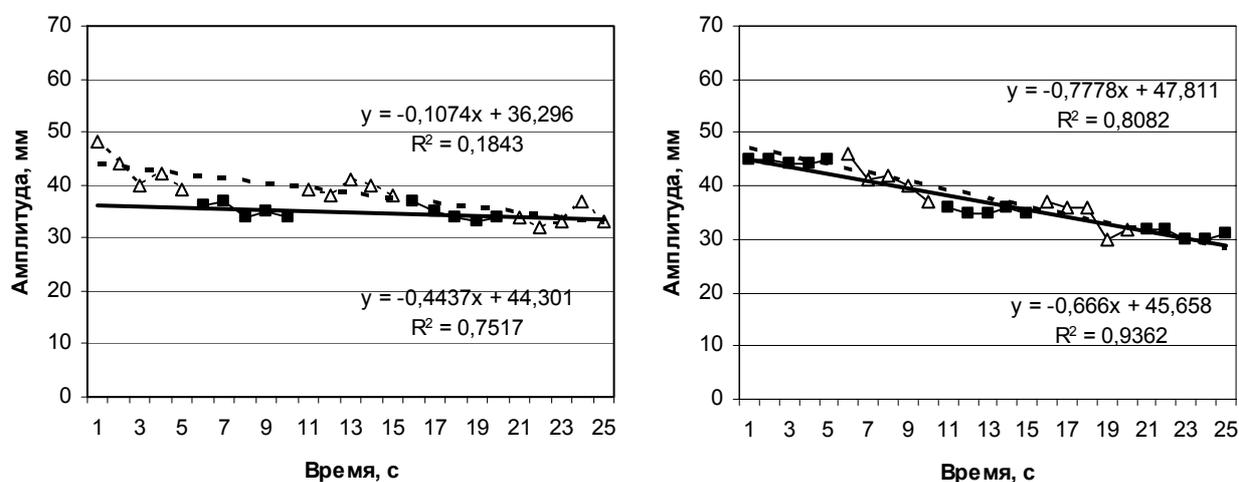


Рис. 2. Эргографическая кривая пилота: а – до выполнения задания на тренажере; б – после выполнения задания.

У штурмана на эргографической кривой до тренировки линии линейного тренда были расположены ближе, чем после тренировки. Можно предположить, что такие результаты вызваны состоянием готовности к деятельности или «оперативным покоем». Механизм данного состояния, по А.А.Ухтомскому, опирается на подвижность нервных процессов [5]. Если до начала работы

наблюдаются такие показатели, это говорит о том, что человек настраивается на определенное поведение, на совершение действий, необходимых для достижения поставленной цели. Подготовка к деятельности, включающая в себя мотивационный, волевой, оценочный и прочие компоненты, выражается в усилении концентрации возбуждения в центральной нервной системе.

Таким образом, и перед началом работы, и сразу после непродолжительной типичной для оператора работы наблюдается общая активация организма, обусловленная сложным взаимодействием многих систем организма, и, в особенности, функциональным уровнем центральной нервной системы. Повышение надежности работы операторов связано с получением ответа на вопрос о том, могут ли различные формы состояния готовности к деятельности закрепляться в период обучения, и насколько состояние готовности может управляться волевым усилием.

Выводы

Предложен контроль уровня работоспособности авиационных операторов на различных этапах профессиональной деятельности, который позволит качественно улучшить диагностику состояний, связанных с утомлением. Одним из перспективных методов для диагностики функционального состояния организма является комплексная эргография, которая позволяет определять уровень работоспособности оператора, а также состояние готовности к деятельности.

Список литературы

1. Козлов В.В. Современные концепции анализа ошибочных действий летного состава // Вестник МАКЧАК. – 1999. – №1. – С. 33–39.
2. Михайлик Н.Ф., Малишевский А.В., Лейченко С.Д. Новые подходы к предупреждению авиационных происшествий по человеческому фактору // Труды общества независимых расследователей авиационных происшествий. – Выпуск 12а. – М.: ОРАП, 2001. – С. 187–195.
3. Фундаментальные концепции человеческого фактора / Человеческий фактор: Сборник материалов №1. – Циркуляр ICAO 216-AN/131. – Монреаль, Канада, 1989. – 34 с.
4. Эргономика / Человеческий фактор: Сборник материалов №6. – Циркуляр ICAO 238-AN / 143. – Монреаль, Канада, 1992. – 46 с.
5. Аксенов О.Б., Кирич А.А. Исследования показателей работоспособности и функционального состояния двигательных центров операторов авиационной эргатической системы // Авиационная эргономика. – К.: КИИГА, 1980. – С.10–16.
6. Ударцева Т.Є. Метод визначення працездатності авіаційних операторів на основі аналізу показників ергографії // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Харьков: НАКУ «ХАИ», 2006. – Выпуск 31. – С.99–103.
7. Ударцева Т.Є. Автоматизована система визначення працездатності та надійності авіаційних операторів // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Харьков: НАКУ «ХАИ», 2005. – Выпуск 26. – С.176–180.
8. Ухтомский А.А. Физиологический покой и лабильность как биологический фактор: собр. соч. – Л, 1951. – Т.2. – 289с.

Технология инерционного способа утилизации авиационных боеприпасов с учетом критерия безопасности

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
Университет гражданской защиты Украины*

Пилотируемые летательные аппараты боевого назначения (самолеты и вертолеты) в зависимости от поставленных задач оснащаются определенным комплексом авиационного вооружения. На авиационных базах и арсеналах находятся миллионы единиц авиационных боеприпасов (авиационные бомбардировочные средства поражения; неуправляемые авиационные ракеты; авиационные управляемые ракеты; авиационные патроны, снаряды) [1].

Боеприпасы потенциально представляют собой значительные материально-сырьевые ресурсы, которые могут быть извлечены в процессе утилизации и использованы для нужд экономики, но в настоящее время не используются либо уничтожаются. Хранение боеприпасов создает реальную опасность аварийной ситуации, которая может привести к значительным экологическим и материальным убыткам, а также человеческим жертвам (взрывы склада боеприпасов в Артемовске в 2003 г. и военной базы в Новобогдановке в 2004, 2006 гг.).

В связи с этим разработка технологий, обеспечивающих полную утилизацию боеприпасов, при соблюдении норм производственной и экологической безопасности является актуальной задачей, т.к. может дать значительный народнохозяйственный экономический и экологический эффект.

подавляющую массу авиационных боеприпасов представляют собой патроны, т.е. изделия, в которых посредством гильзы соединены в одно целое пуля (снаряд), пороховой заряд и устройство воспламенения пороха (капсюль). Для этого вида боеприпасов оптимальным решением задачи утилизации является демонтаж составных элементов патронов, использующий инерционный способ создания необходимых усилий для разборки, т.е. создание в узлах крепления элементов снаряжения (унитарных патронов) инерционных перегрузок - силы инерции, величина которой превосходит значение извлекающего снаряд (пулю) усилия [2,3].

Одними из основополагающих факторов, которые оказывают существенное влияние на эффективность и область применения вновь разрабатываемого метода демонтажа, являются как конструкция самого объекта исследования – боеприпаса, так и конструкция его отдельных элементов снаряжения.

В связи с этим при разработке новой рациональной технологии и нестандартного оборудования для утилизации мелкокалиберных авиационных унитарных патронов предусматриваются проведение всесторонних исследований и анализ достаточно большого количества параметров утилизируемого объекта [4].

Порядок построения технологического процесса инерционного способа демонтажа патронов можно описать следующей логической моделью, разделенной на пять стадий:

1-я стадия - технологическая подготовка и создание импульса разгона контейнера (блока) с патроном;

2-я стадия - разгон контейнера при заданных технологических характеристиках;

3-я стадия - остановка (удар), создание импульса извлечения пули;

4-я стадия - гашение инерции и удаление пули и пороха в накопительную тару;

5-я стадия - удаление капсюля из гильзы.

Процесс демонтажа боеприпаса (унитарного патрона) на элементы снаряжения (пулю, гильзу) более опасен, чем процесс снаряжения ($F_{изв} < F_{инер} < F_{иниц}$).

Условием для разработки последующей установки для демонтажа патронов является соблюдение следующего критерия безопасности:

$$K_{БП} = \frac{F_{иниц}}{F_{инер}} \leq 1, \quad (1)$$

где $F_{иниц}$ - усилие инициирования капсюля; $F_{инер}$ - инерционная сила, необходимая для выталкивания пули из гильзы.

При невыполнении данного условия произойдет инициирование капсюля, что повлечет за собой воспламенение порохового заряда и последующий «выстрел» унитарного патрона.

Главный этап, определяющий основные параметры технологического процесса инерционного демонтажа, – разгон контейнера с патроном, поэтому возникает необходимость в разработке динамической модели (рис. 1) инерционного способа демонтажа пули. При действии на контейнер линейного ускорения на все его элементы, в том числе и на снаряд (пулю), закрепленный в гильзе, будут действовать инерционные силы, направленные в сторону, обратную ускорению.

Импульс инерционных сил должен быть таким, который позволит преодолеть силы закрепления пули в гильзе патрона. Это условие можно записать в математическом виде следующей зависимостью:

$$(m_{конт} + m_{гил} + m_n + m_{пор} + m_{кап}) \frac{dV}{dt} \geq f_{дин} p_k \pi d_1 h, \quad (2)$$

где $m_{конт}$ – масса контейнера; $m_{гил}$ – масса гильзы; m_n – масса пули; $m_{пор}$ – масса пороха; $m_{кап}$ – масса капсюля; $\frac{dV}{dt}$ - величина ускорения, необходимого для разгона контейнера со снарядом; $f_{дин}$ – коэффициент трения; h - ширина участка контакта поверхности пули с дульцем гильзы; p_k – контактное давление; d_1 – диаметр пули.

Анализ зависимости (2) позволяет определить те основные технологические параметры, которые нужны для разработки технологии демонтажа: величины усилия преодоления сил закрепления (правая часть неравенства); величины импульса, необходимого для преодоления сил закрепления (левая часть).

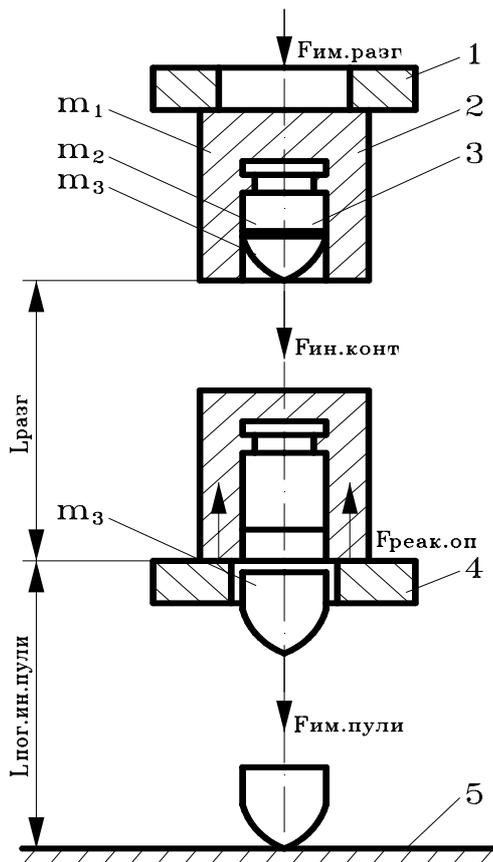


Рис. 1. Динамическая модель инерционного способа демонтажа патрона: 1 – устройство для контейнера с патроном; 2, 3 – контейнер с патроном; 4 – опорная плита, 5 – отражающий экран; m_i – масса контейнера, гильзы, пороха, пули, капсюля; $L_{разг}$ – длина разгона контейнера; $L_{пог.ин.пули}$ – длина погашения инерции пули; $F_{ин.конт}$ – усилие инерции контейнера; $F_{реак}$ – усилие реакции опоры; $F_{им.пули}$ – усилие импульса пули

В качестве расчетной схемы для моделирования НДС гильзы принят составной цилиндр, в котором пуля моделируется сплошным стержнем, а гильза – тонкостенной обечайкой (рис. 2).

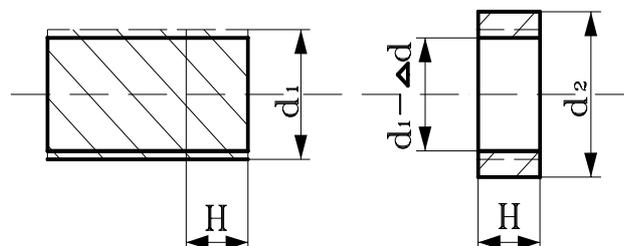


Рис. 2. Расчетная схема для определения усилий

Поскольку после посадки одного цилиндра на другой наружный радиус внутреннего цилиндра и внутренний радиус наружного цилиндра становятся

Крепление пули в гильзе осуществляется за счет посадки с определенным натягом и последующим кернением, обжимом дульца гильзы или ее кромки.

В результате этого в материалах гильзы и элементов конструкции пули возникают напряжения, которые необходимо преодолеть при демонтаже и расчете извлекающего усилия.

Способ снаряжения боеприпаса, посадки пули с определенным натягом в дульце гильзы и возникающие при этом напряжения и нагрузки, действующие на отдельные элементы узла крепления, аналогичны схеме нагружения и действия внутренних напряжений составного цилиндра [5].

Для нахождения величины силы удержания пули в гильзе основным является определение величины контактного давления p_k на сопрягаемых поверхностях при определенном натяге δ , представляющем собой разность между наружным диаметром внутреннего цилиндра I и внутренним диаметром наружного цилиндра II.

одинаковыми, то соответственно сумма абсолютных величин радиальных перемещений обоих цилиндров на радиусе поверхности контакта, вызванных контактным давлением, будет равна половине натяга:

$$|u_I| + |u_{II}| = \frac{\delta}{2}, \quad (3)$$

где u_I – уменьшение наружного радиуса внутреннего цилиндра; u_{II} – увеличение внутреннего радиуса наружного цилиндра.

Предварительно обозначив $r_{2I} = r_{1II} = r_c$, $k_1 = \frac{r_1}{r_c}$ и $k_2 = \frac{r_c}{r_2}$ получим, что радиальное перемещение контактной поверхности внутреннего цилиндра будет

$$u_I = -\frac{r_c}{E_1} \left(\frac{1+k_1^2}{1-k_1^2} - \mu_1 \right) p_k, \quad (4)$$

а радиальное перемещение контактной поверхности для наружного цилиндра будет

$$u_{II} = \frac{r_c}{E_2} \left(\frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} - \mu_2 \right) p_k, \quad (5)$$

где E_1 и E_2 – модули упругости материала цилиндров; μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона материала цилиндров.

Выражение для определения контактного давления у разнородных материалов:

$$p_k = \frac{\frac{\delta}{2}}{\frac{r_c}{E_1} \left(\frac{1+k_1^2}{1-k_1^2} - \mu_1 \right) + \frac{r_c}{E_2} \left(\frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} - \mu_2 \right)}. \quad (6)$$

Для случая, когда внутренний цилиндр является сплошным, что соответствует случаю установки пули в дульце гильзы, контактное давление определяется как

$$p_k = \frac{\delta}{d_1 \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)}, \quad (7)$$

где $c_1 = 1 - \mu_1$; $c_2 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2} + \mu_2$; d_1 и d_2 – соответственно наружный диаметр внутреннего и наружный диаметр внешнего цилиндров.

Напряжения в составном цилиндре при действии контактного давления p_k определяются из условия рассмотрения НДС его отдельных компонентов в цилиндрической системе координат. При этом рассматривается, что внутренний цилиндр находится под действием внешнего сжимающего давления, а внешний – в условиях действия внутреннего давления, величина которых равна величине контактного давления. Как видно из эмпирических выражений (6) и (7), на величину контактного давления, а следовательно, в конечном итоге и на величину извлекающего усилия, существенное влияние оказывает величина натяга δ .

При массовом производстве пуль и гильз величина натяга может меняться в диапазоне допуска на их изготовление, в связи с чем для исследуемых образцов боеприпасов требуется определить пределы натяга. Для патронов калибра 9×18 ПМ, 9×19 «Parabellum» величина натяга колеблется в пределах $\delta = 70 \dots 150$ мкм, для патронов калибра 7,62×39 величина натяга составляет $\delta = 40 \dots 70$ мкм.

Технологическим фактором, который может оказать заметное влияние на величину контактного давления и перераспределение напряжений в материале гильзы, служит явление «перекоса» при установке пули в гильзу. При этом наиболее часто это проявляется у гильз бутылочной формы, что связано с их неустойчивостью в момент продольного сжатия в процессе снаряжения. Стало очевидным, что необходимо ввести в расчетные зависимости для определения $F_{извл}$ поправки, учитывающие все факторы крепления пули в дульце гильзы. Для этой цели используем метод конечных элементов (МКЭ).

Благодаря своей универсальности МКЭ позволяет также учесть в расчетах влияние такого технологического фактора, как перекос, и определить с учетом этого фактора извлекающее пулю усилие, что имеет актуальное значение для проектирования технологического оборудования.

При рассмотрении НДС составного цилиндра с помощью МКЭ получены распределения окружных и радиальных напряжений, а также радиальное перемещение контактирующих тел по внутреннему и внешнему цилиндрам, при сравнении которых с результатами расчетно-аналитического метода видно, что они полностью совпадают для напряжений по внутреннему цилиндрам, радиальных перемещений по внутреннему и внешнему цилиндру и незначительно отличаются для радиальных и окружных напряжений по внешнему цилиндру.

Следующим этапом теоретических исследований было рассмотрение распределения напряжений по высоте цилиндра, так как существует его не равномерность. Решение задачи определения НДС методом конечных элементов по продольному сечению составного цилиндра показало неравномерность в распределении радиальных напряжений по высоте составного цилиндра, что является следствием действия краевых эффектов. Сравнительный анализ данных о величине извлекающего пулю усилия для различных видов патронов представлен в таблице.

Данные о величине извлекающего пулю усилия $F_{извл}$

Калибр патрона	ТУ на разработку, Н	Данные заводских испытаний, Н	Расчетные данные с учетом натяга*, Н	Данные натуральных исследований, Н
9×18ПМ	200...1000	350...490	232...303**	336
9×19«Parabellum»	200...1000	250...400	220...442*	208
7,62×39	400...1100	480...700	370...660*	2346

* – натяг $\delta = 40 \dots 70$ мкм;

** – натяг $\delta = 70 \dots 100$ мкм.

Необходимо учитывать неравномерность распределения радиальных напряжений по продольному сечению, которая оказывает влияние в конечном итоге на извлекающее усилие. При наличии перекоса характер распределения радиальных напряжений по поперечному сечению становится неоднородным.

Данные о значениях величины извлекающего пулю усилия в условиях натяга и перекоса представлены на рис. 3.

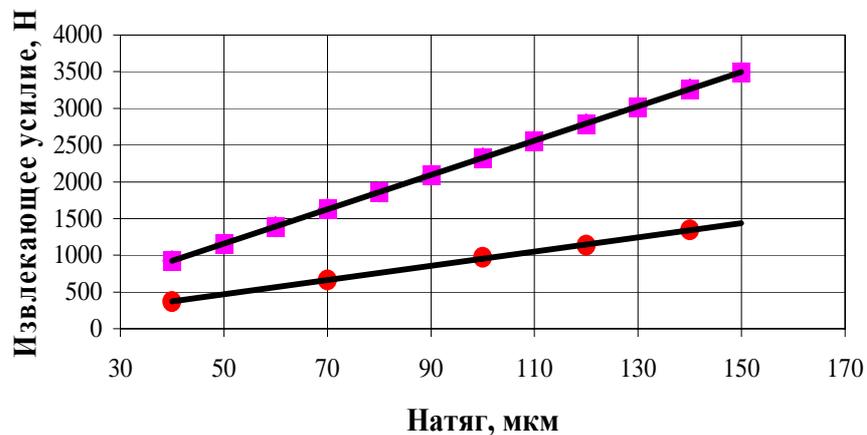


Рис. 3. Графики зависимости извлекающего усилия для патрона 7,62×39 с учетом натяга и перекоса: ● - натяг без перекоса; ■ - натяг с перекосом

Для экспериментального изучения протекающих во время этого процесса физических явлений наиболее приемлем прямой динамический метод. Он позволяет воспроизвести реальные условия демонтажа объектов исследования в условиях скоростного соударения, является наиболее простым, но в тоже время обеспечивает получение наиболее достоверной информации о происходящем процессе [6].

Для проведения экспериментов по исследованию параметров инерционного процесса демонтажа была разработана специальная импульсная газодинамическая установка (рис. 4).



Рис. 4. Общий вид экспериментальной установки

Ее основой являются трубочатая направляющая для контейнера и пусковое устройство для импульсного газодинамического генератора энергии разгона патрона.

В качестве рабочего тела в генераторе используются пороховые газы, образующиеся во время горения заряда, воспламенение которого происходит при инициировании специального пиротехнического состава под действием внешней динамической нагрузки.

Под действием давления пороховых газов контейнер (рис. 5) с жестко закрепленным в нем боевым припасом (патроном) разгоняется по трубчатой направляющей и после вылета из нее ударяется о вертикально расположенную массивную металлическую плиту.

Скорость соударения контейнера с плитой фиксируется оптическим прибором для измерения скорости полета снарядов фирмы «SHOOTING CHRONY» модели M1. Благодаря варьированию массы порохового заряда стало возможным осуществления желаемых скоростей соударения - в пределах 6...100 м/с.

Во время торможения движения системы «контейнер – боеприпас» жестко закрепленная гильза останавливается вместе с контейнером, но под действием силы инерции пули продолжает двигаться вперед, и ее движению препятствует только суммарная сила, являющаяся результатом действия сил запрессовки соприкасающихся поверхностей пули и дульца гильзы и силы обжатия дульца гильзы.

В экспериментальных исследованиях стрелково-пушечные авиационные боеприпасы, с целью снижения стоимости эксперимента, моделировались обычными стрелковыми патронами калибров 9×18ПМ, 9×19 «Parabellum», 7,62×39.

В ходе проведения экспериментальных исследований были установлены факторы, которые оказывают заметное влияние на процесс инерционного демонтажа элементов снаряжения боеприпасов (масса снаряда (пули), величина площади контакта соприкасающихся участков на наружной поверхности пули и внутренней поверхности снаряда, характер фиксации пули в гильзе, скорость соударения и продолжительность процесса). Варьирование последними факторами позволяет сформулировать требования к проектированию технологического оборудования (рис. 6).

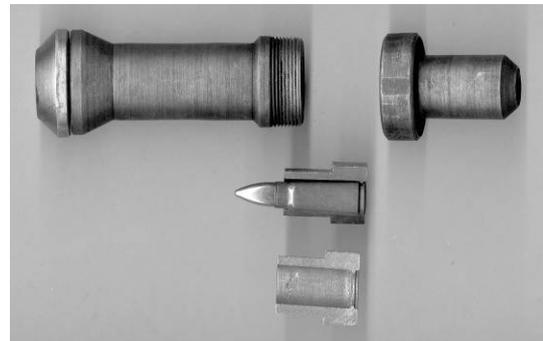


Рис. 5. Общий вид контейнера и элементов крепления экспериментального образца

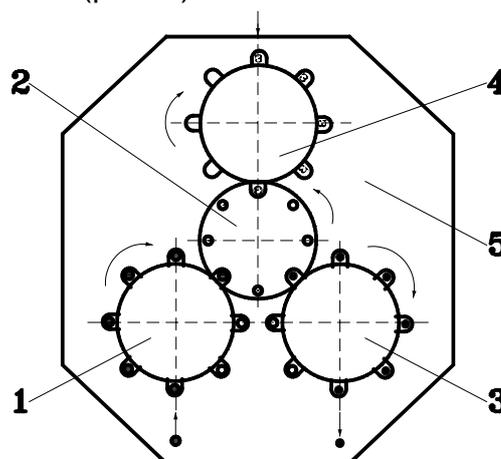


Рис. 6. Принципиальная схема роторной установки для демонтажа патронов: 1 – ротор загрузки контейнера; 2 – рабочий ротор демонтажа; 3 – ротор удаления патрона и снятия контейнера для перезагрузки; 4 – ротор загрузки энергоносителя для создания импульса силы в рабочем роторе; 5 – станина роторной машины

Роторные машины параллельного действия получили наибольшее распространение для изготовления деталей, массового производства, т.к. обеспечивают большую производительность в сравнении с обычными однопозиционными машинами.

Такие машины конструктивно состоят из ряда роторов, связанных между собой на одной общей станине и имеющих один общий привод, который сообщает всем роторам синхронное вращение.

Образцы при эксперименте практически не получили пластических деформаций, и, следовательно, после незначительной калибровки они пригодны для повторного использования в производстве таких же видов боеприпасов.

На основании полученных данных были построены графики зависимости извлекающего пулю усилия $F_{извл}$ и перемещения пули в гильзе ΔL от скорости соударения V_k .

Кроме этого, на основе аппроксимирования результатов исследований получены эмпирические зависимости для описания этого процесса.

Произведено технико-экономическое обоснование инерционного метода утилизации авиационных патронов, который подтвердил экономическую эффективность за счет повторного использования полученных элементов снаряжения [7].

Предложенная технология утилизации мелкокалиберных боеприпасов, основанная на использовании инерционного метода демонтажа для авиационного стрелково-пушечного вооружения, позволяет не только безопасно демонтировать унитарные патроны 7,62 - 12,5 мм, но и рационально использовать их отдельные элементы снаряжения (гильзу, пулю) в производственном процессе новых боеприпасов, что существенно сокращает сроки изготовления и их стоимость.

Список литературы

1. Нечипорук Н.В., Полищук Е.А. Состояние проблемы утилизации авиационных боеприпасов для систем вооружения летательных аппаратов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». - 2005. - Вып. 29. - С. 144 - 148.
2. Гладков Д.И., Балугев В.М., Григорьев В.Г. Боевая авиационная техника: Авиационное вооружение. – М.: Воениздат, 1987. – 278 с.
3. Зализняк В.Г. Конструкция и эксплуатация боеприпасов. - Х.: ХВВУТ МВД СССР, 1985. – 38 с.
4. Нечипорук Н.В., Полищук Е.А., Кобрина Н.В. Исследование процесса демонтажа авиационных мелкокалиберных боеприпасов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». - 2006. - Вып. 30. - С. 179 - 182.
5. Писаренко Г.С., Агарев В.А., Квитка А.Л. и др. Сопротивление материалов. – К.: Вища шк., 1973. – 668 с.
6. Нечипорук Н.В., Полищук Е.А., Кобрина Н.В. Экспериментальные исследования параметров инерционного процесса демонтажа элементов снаряжения авиационных боеприпасов // Авиационно-космическая техника и технология. - Х: НАКУ «ХАИ». - 2006. - Вып. №3(29). - С. 5 - 9.
7. Саркисян С.А., Старик Д.Э. Экономика авиационной промышленности. – М.: Высш. шк., 1985. – 320 с.

Методы обезвреживания взрывателей артиллерийских боеприпасов при их утилизации

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
Университет гражданской защиты Украины*

В Верховном Совете Украины 21 декабря 2006 г. состоялись слушания, обозначившие основные проблемы по утилизации боеприпасов, а постановлением Кабинета Министров Украины от 31 декабря 2006 г. определены основные задачи по утилизации избыточных и непригодных к дальнейшему использованию боеприпасов. Таким образом, утилизация боеприпасов перестала быть ведомственной проблемой Министерства обороны Украины и стала государственной программой [1].

Наиболее многочисленным по номенклатуре видом боеприпасов, подлежащих утилизации, являются артиллерийские боеприпасы, выпущенные в СССР и хранящиеся на объектах Вооруженных сил Украины. Составной частью артиллерийских снарядов или минометных мин являются взрыватели, задача по утилизации которых в Украине в настоящее время решена не достаточно полно.

Взрыватель представляет собой сложное механическое устройство, содержащее взрывчатые вещества (ВВ) нескольких типов. При обращении с взрывателями требуется соблюдение определенных мер безопасности, а взрыватели с истекшими сроками хранения представляют особую опасность. Большинство снарядов, хранящихся на объектах, допускают разборку с выделением взрывателей в отдельную группу взрывоопасных предметов для утилизации, но разборка взрывателей в воинских частях запрещена.

Профильные организации Украины, занимающиеся утилизацией боеприпасов, заинтересованы в получении технологического процесса (ТП), способного с большой производительностью приводить взрыватели различных типов в безопасное состояние. При чем, после удаления ВВ должны оставаться металлические элементы взрывателя, пригодные для вторичной переработки.

Используемые в настоящее время методы и способы обезвреживания взрывателей имеют ряд недостатков и не удовлетворяют требованиям промышленной утилизации. Наиболее отработанным является метод, применяемый подразделениями МЧС Украины при обезвреживании взрывоопасных предметов, обнаруженных на местности. Эти предметы подрывают на специальных полигонах. Но при утилизации боеприпасов складского хранения такой метод экономически не выгоден и небезопасен для персонала и окружающей среды. Его целесообразно применять для утилизации взрывателей в составе снарядов, особо опасных в обращении и не подлежащих разборке [2].

Организации-разработчики взрывателей имеют возможность производить разборку взрывателей, предварительно проведя диагностику состояния их безопасности. Но этот способ очень трудоемкий, требует высококвалифицированного персонала и его следует применять для восстановления или модернизации взрывателей с последующим использованием по основному назначению [3].

Таким образом, существует потребность в разработке эффективного ТП удаления из взрывателей ВВ в условиях специализированного предприятия с обеспечением высокой производительности и требуемых мер безопасности для персонала и окружающей среды.

Для решения этой проблемы необходимо: рассмотреть конструкции выпущенных в СССР взрывателей различных типов с выявлением элементов, содержащих ВВ; рассмотреть характеристики этих ВВ, условия и факторы, приводящие к их взрыву или влияющие на этот процесс; исследовать возможности различных методов обезвреживания взрывателей; определить наиболее рациональные методы удаления ВВ из взрывателей.

Взрыватели артиллерийских снарядов и минометных мин, выпущенные в СССР, принято классифицировать по следующим признакам: принципу действия; времени действия; способу действия; месту соединения со снарядом; способу возбуждения детонационной цепи [4].

По принципу действия взрыватели делятся на ударные, дистанционные, дистанционно-ударные и неконтактные. По времени действия ударные взрыватели делятся на взрыватели мгновенного, инерционного и замедленного действия. По способу действия дистанционные взрыватели делятся на пиротехнические, механические, электрические, электромеханические. По месту соединения со снарядом – головные и донные. По способу возбуждения детонационной цепи – механические и электрические [4].

При проведении данных исследований авторами, с использованием наставлений, руководств, технических описаний и инструкций по эксплуатации соответствующих образцов артиллерийского вооружения, выпущенного в СССР, рассмотрены следующие взрыватели нескольких групп:

- *головные ударные* – КТ-1, КТМ-1, КТМЗ-1, РГ-6, РГМ, РГМ-2, РГМ-6, В-429, ВГ-67, МГ-45, МГ-57, В-491;

- *донные ударные* – МД-2, МД-5, МД-6, МД-7, МД-8, МД-10, МД-30, МД-45, КТД, ДБТ;

- *ударные минометных мин* - МП-82, М-1, М-2, М-3, М-4, М-5, М-6, М-12, М-50, ГВМЗ, ГВМЗ-1, ГВМЗ-7;

- *головные ударные малокалиберных снарядов* - МГ-6, МГ-8, К-20, МГ-25, МГ-30, А-30, Б-23, А-498, А-670, В-19;

- *дистанционно-ударный* – Д-1;

- *головные кумулятивных снарядов* – БМ, Б-229, ГПВ-2;

- *дистанционные зенитных снарядов* – Т-5, Т-11, ВМ-16, ВМ-30, ВМ-45, ДВМ-60;

- *неконтактные радиолокационные* – АР-5, АР-12, АР-21, АР-51.

На рис. 1 и 2 представлены конструктивные схемы взрывателей, содержащих элементы, характерные для различных типов взрывателей.

На рис. 1 изображен головной ударный взрыватель МГ-8 мгновенного действия для осколочных снарядов, имеющий самоликвидатор [5].

На рис. 2 изображен головной ударный взрыватель К-20 для изделий, снаряженных прессованным тротилом [5].

Рассмотрение конструкций и принципов действия различных взрывателей позволяет сделать вывод о том, что все они имеют общую принципиальную схему детонационной цепи. В полном виде схема представлена на рис. 3 и соответствует схеме действия взрывателя МГ-8.

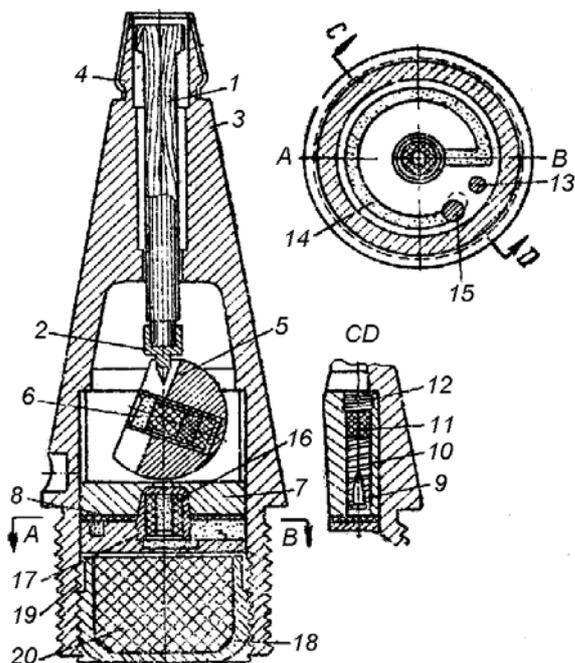


Рис. 1. Разрез взрывателя МГ-8:
 1 – ударный стержень; 2 – жало; 3 – корпус взрывателя; 4 – мембрана; 5 – поворотный диск; 6 – капсюль-детонатор; 7 – втулка поворотного диска; 8 – бумажные прокладки; 9 – жало; 10 – пружина; 11 – капсюль-воспламенитель; 12 – пробка; 13 – шпилька; 14 – кольцо ликвидатора с медленно горящим составом; 15 – пороховой столбик; 16 – передаточный заряд; 17 – целлофановый колпачок; 18 – стакан детонатора; 19 – крышка стакана; 20 – детонатор

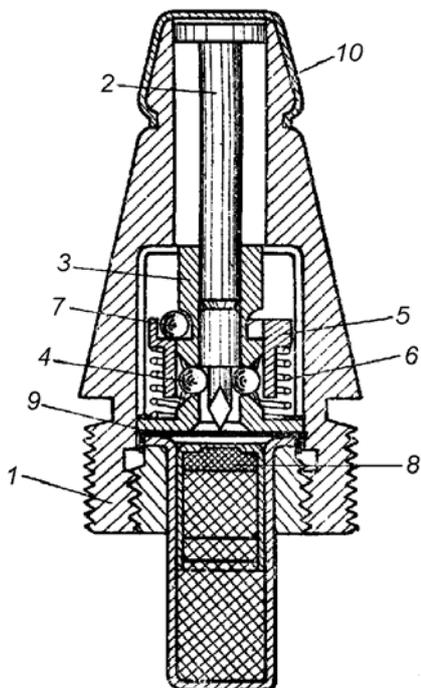


Рис. 2. Разрез взрывателя К-20:
 1 – корпус взрывателя; 2 – ударник с жалом; 3 – центральная втулка; 4 – большие стопорные шарики; 5 – оседающая втулка; 6 – пружина; 7 – малые стопорные шарики; 8 – капсюль-детонатор; 9 – предохранительная мембрана; 10 – мембрана

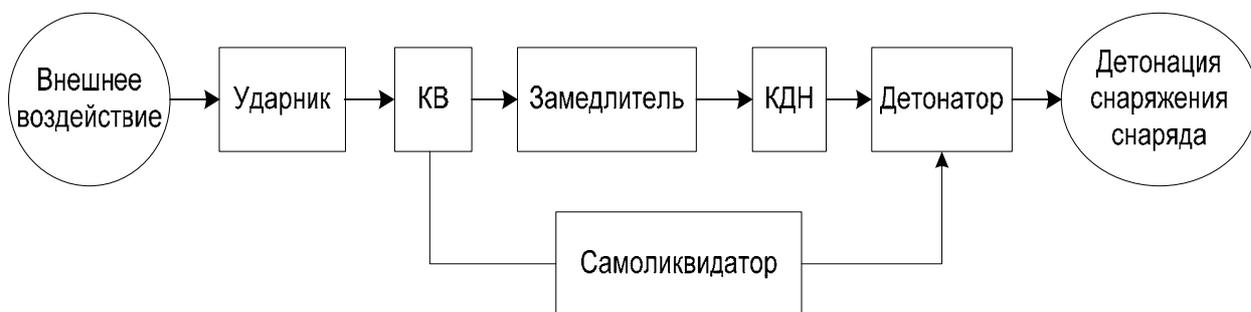


Рис. 3. Полная схема детонационной цепи взрывателя:
 КВ – капсюль-воспламенитель; КДН – капсюль-детонатор накольного действия

Детонационная цепь может применяться в сокращенном виде. Наиболее простая схема представлена на рис. 4 и соответствует схеме взрывателя К-20.

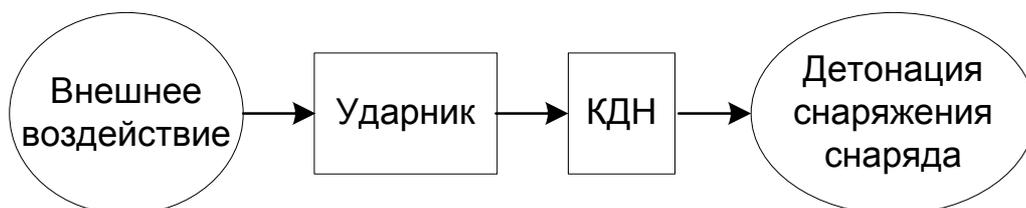


Рис. 4. Сокращенная схема детонационной цепи взрывателя

Детонатор используют во взрывателях, предназначенных для изделий, снаряженных литым тротилом или амматолом. В снаряженных прессованным тротилом или гексогеном изделиях для детонации достаточно капсюля-детонатора взрывателя. Вместо КДН может применяться капсюль-детонатор лучевого действия (КДЛ). КДН инициируются наколом жала ударника, КДЛ – лучом пламени КВ. Детонатор инициируется взрывом капсюля-детонатора [6].

Во взрывателях ВВ содержатся в КВ, КДН (КДЛ), детонаторе, замедлителе, самоликвидаторе, а также могут содержаться в передаточных, усилительных и предохранительных устройствах, в зависимости от конструктивного исполнения взрывателя.

Во взрывателях, выпущенных в СССР после 1945 г., использованы определенные типы ВВ. Детонатор содержит бризантное ВВ тетрил. КВ содержит инициирующее ВВ гремучую ртуть. Замедлители, самоликвидаторы, усилители, предохранители, передаточные устройства содержат метательное ВВ в виде дымного пороха.

Состав капсюлей-детонаторов зависит от их исполнения. На рис. 5 изображена конструктивная схема КДН. КДЛ имеет аналогичное устройство, но в верхней части (поз. 3) вместо тринитрорезорцината свинца (ТНРС) содержится накольный состав из смеси ТНРС и тетразена. ТНРС, азид свинца и тетразен относятся к инициирующим ВВ [6].

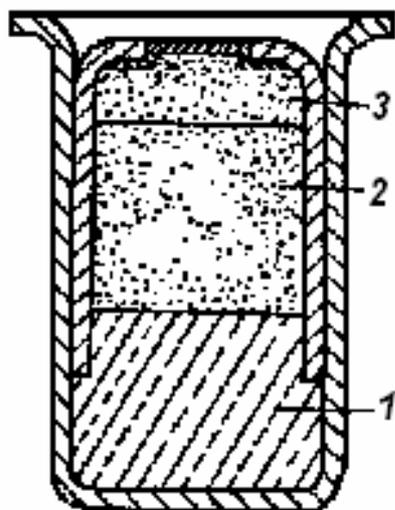


Рис. 5. Капсюль-детонатор лучевого действия ТАТ:
1 – тетрил; 2- азид свинца; 3 - ТНРС

По массе наибольшее количество ВВ содержится в детонаторе – 10...30 г. В КВ содержится 0,13...0,2 г ВВ, в капсюлях-детонаторах – 0,3...0,38 г [6].

Чувствительность ВВ, виды начальных импульсов, условия горения и детонации определены в теории ВВ [6, 7].

В зависимости от характера внешнего воздействия и условий, в которых находится ВВ, процесс взрывчатого превращения может либо затухать, либо завершиться горением или детонацией.

Для ВВ, используемых в взрывателях, существуют на практике следующие виды инициирующих импульсов, вызывающие в определенных условиях в ВВ реакцию взрывчатого превращения: тепловой, механический, детонационный, электрический.

Тепловой импульс. Во ВВ при их нагревании взрыв может развиваться, если скорость тепловыделения в зоне химической самоускоряющейся реакции превышает скорость теплоотвода. Мерой чувствительности ВВ к тепловому воздействию служит температура вспышки t_e . При нагреве выше этой температуры начинается реакция взрыва. Значения t_e (при выдерживании пробы в течение 5 минут) для ВВ взрывателей представлены в таблице 1 [6].

Таблица 1

Температура вспышки t_e ВВ взрывателей

Тип ВВ	Тетрил	Тетразен	Гремучая ртуть	Азид свинца	ТНРС	Дымный порох
$t_e, ^\circ\text{C}$	200	140	180	340	275	310

Механический импульс. Возможны механические импульсы инициирования в виде накола, удара, трения, прострела. К удару наиболее чувствительна гремучая ртуть. Тетрил менее чувствителен к удару. При параметрах удара, дающего 100% взрывов гремучей ртути, взрыв тетрила происходит в 44-52% случаев [7].

Детонационный импульс. Детонация происходит в тетриле при воздействии взрывного импульса инициирующего или бризантного ВВ, приложенного непосредственно к заряду, или через влияние воздушной ударной волны, образующейся при взрыве заряда другого бризантного ВВ, расположенного на определенном расстоянии. Явление детонации через влияние требует защиты одного заряда от взрыва соседнего заряда, располагая его на таком расстоянии, при котором было бы невозможным его инициирование.

Электрический импульс. Иницирование взрыва ВВ электрической искрой происходит в результате совместного действия нагрева и ударной волны.

Чувствительность ВВ зависит от большого количества факторов – химической структуры, агрегатного состояния, плотности заряда, наличия инертных примесей, температуры ВВ.

В процессе утилизации взрывателей на чувствительность ВВ можно практически влиять только изменением температуры. С повышением начальной температуры чувствительность ВВ увеличивается, уменьшается количество тепла, необходимого для нагрева до температуры возникновения очага горения.

Длительное воздействие определенной температуры может вызывать медленное разложение по всей массе ВВ. Для инициирующих ВВ это приводит к полному разложению и потере взрывчатых свойств. Гремучая ртуть начинает разлагаться при температуре $+50^\circ\text{C}$, азид свинца и ТНРС при температуре $+200^\circ\text{C}$. Но

тетрил при температуре +131°C плавится лишь с частичным разложением, сохраняя взрывчатые свойства [7].

Во взрывателях наибольшую опасность представляют элементы, содержащие тетрил – детонатор или капсуль-детонатор (при отсутствии детонатора). Но для полной безопасности из взрывателя требуется удалить все типы ВВ.

Методы удаления ВВ из взрывателя можно разделить на две группы - удаление без взрыва ВВ и удаление с выгоранием ВВ при взрыве. Удаление ВВ из взрывателя в виде, сохраняющем способность к взрыву, требует наличия второго этапа утилизации взрывоопасных отходов, поэтому такие методы менее производительны.

Использование для обезвреживания взрывателей методов, основанных на контролируемом инициировании взрыва тетрила в корпусе взрывателя, позволит проводить утилизацию в один этап. Взрыв тетрила, как наиболее мощного ВВ, вызовет сгорание всех других ВВ, содержащихся во взрывателе, и сделает оставшийся металлический корпус безопасным в обращении.

На основании рассмотрения конструкций взрывателей, свойств и характеристик ВВ, содержащихся в них, можно предложить следующие методы инициирования взрыва тетрила во взрывателе.

Метод активирования детонационной цепи. Метод предполагает воспроизведение последовательных действий, аналогичных штатной работе взрывателя – снятие с предохранителя под действием инерционных и центробежных сил и приведение в действие детонационной цепи требуемым внешним воздействием.

Метод удара. Метод основан на свойстве тетрила взрываться от удара и конструктивной особенности всех взрывателей - тетрил расположен в тонкой металлической оболочке на срезе корпуса взрывателя или выступает из него. Удар твердым предметом можно нанести непосредственно по оболочке детонатора или капсуля-детонатора.

Метод накола. Метод применим для взрывателей, содержащих КДН. Но накол следует производить не жалом ударника, защищенным предохранителем, а жалом инструмента со стороны среза корпуса взрывателя. Малая плотность тетрила и малая прочность оболочки позволят жалу инструмента проникнуть к накольному составу КДН.

Метод электрического импульса. Метод основан на способности электрического разряда, приложенного к тетрилу, вызывать детонацию.

Метод контактного нагрева. Метод основан на свойстве тетрила взрываться от теплового импульса и конструктивной особенности взрывателя. Источник нагрева с температурой, выше t_g , прикладывается непосредственно к оболочке детонатора или капсуля-детонатора.

Метод ударной волны. Метод основан на способности ударной воздушной волны, образующейся при взрыве одного первичного заряда ВВ, вызывать детонацию зарядов тетрила в нескольких взрывателях, расположенных на определенном расстоянии. В отличие от метода подрыва взрывоопасных предметов на полигоне, при детонации небольшой партии взрывателей ТП можно проводить в прочном приспособлении, не допускающем разлета осколков, и с контролируемым выходом ударной волны и продуктов взрыва.

Метод объемного нагрева. Метод основан на свойстве тетрила взрываться от теплового импульса. Взрыватель помещается полностью в газообразную или жидкую среду, нагретую выше t_g , что позволяет устранить необходимость ориен-

тации взрывателя в сторону источника нагрева.

Схема ТП методом удара представлена на рис. 6. При методах накола, электрического импульса и контактного нагрева схема ТП аналогична.



Рис. 6. Схема технологического процесса инициирования взрывателя методом удара

При использовании методов ударной волны и объемного нагрева схема ТП имеет сокращенный вид за счет исключения из схемы передающего инструмента.

Выводы

1. Обезвреживание взрывателей артиллерийских боеприпасов через инициирование взрыва тетрила, содержащегося в них, возможно с использованием нескольких методов, основанных на конструктивных особенностях взрывателей и свойствах ВВ.

2. Предложенные методы инициирования можно использовать для разработки ТП утилизации взрывателей в промышленных условиях, но каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки.

3. Каждый из предложенных методов можно реализовать несколькими способами с применением различных материалов, механизмов, инструментов, приспособлений, источников энергии, что дает возможность разработать ТП утилизации по оптимальным критериям.

Список литературы

1. Бабаков С. Україна: ще 100 років на порохівій діжці? // Камуфляж. Випуск 3: Всеукраїнський інформаційно-аналітичний журнал. – Київ: Прес-КІТ, 2007. – С. 18-19.

2. Колибернов Е.С., Корнев В.И., Сосков А.А. Справочник офицера инженерных войск. – М.: Воениздат, 1989. – 432 с.

3. Платонов Н. ФГУП НИИ «Поиск» создает взрыватели нового поколения // Военный парад. Выпуск 1: Журнал военно-промышленного комплекса. – М.: Военный парад, 2007. – С. 34-35.

4. Лисицын И. Артиллерийские боеприпасы // Полигон. Выпуск 3: Историко-технический журнал. – М.: Полигон, 2000. – С. 50-54.

5. Кюпар И.И. Учебник сержанта зенитной артиллерии. Книга 1. Общие сведения. – М.: Военное издательство МО СССР, 1948. – 302 с.

6. Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1957. – 187 с.

7. Козенко В.П. Основы теории взрывчатых веществ. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1982. – 82 с.

Утилизация отходов методом плазменной газификации

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

Хранение и утилизация отходов является одной из наиболее острых проблем не только для нашей страны, но и для всего человечества. Прямая переработка или сжигание огромных количеств отходов технически весьма проблематична, экологически опасна и экономически неэффективна. Поэтому требуется неотложное решение проблемы утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) при обеспечении наиболее экономически и экологически эффективной переработки с получением полезной продукции.

Для эффективного обезвреживания отходов необходимы технологии, наносящие минимальный экологический ущерб окружающей природной среде. Традиционные способы сжигания таких отходов (рис. 1) имеют существенный недостаток. Если температура недостаточно высока, то помимо оксидов азота и углерода возможно образование фосгена, дибензофуранов, диоксинов, бензопирена и других очень токсичных продуктов в количествах, значительно превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). При этом на стадии газоочистки применяется большое количество скрубберов, фильтров, содержащих катализаторы, и прочего специального дорогостоящего оборудования, хотя при этом требуется очистить большие массы дымовых газов от сравнительно небольшого количества вредных примесей.

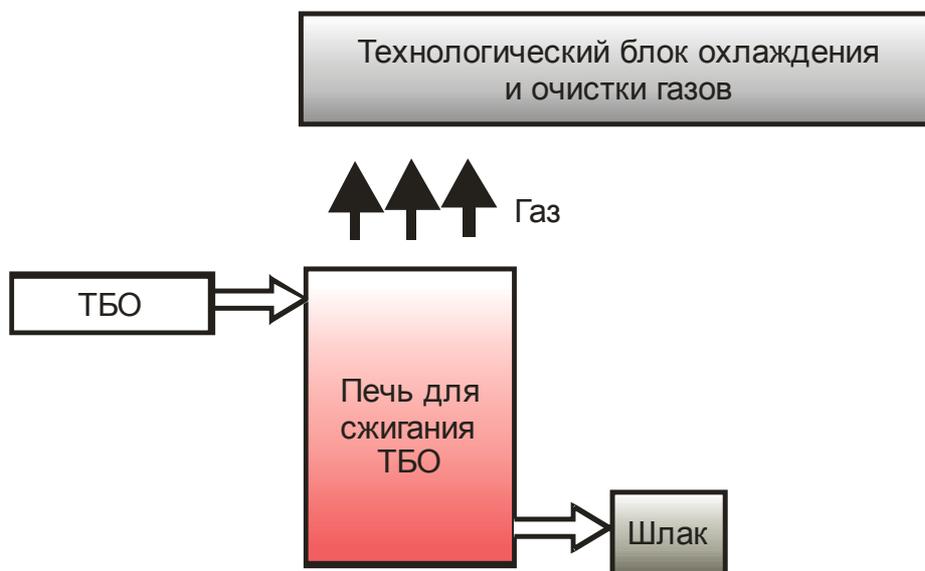


Рис. 1. Схема сжигания отходов

Анализ показывает, что одним из наиболее перспективных направлений, выходящих на ведущие позиции в мире при переработке опасных отходов, представляются плазменные технологии.

Плазменно-термическая технология предназначена для утилизации промышленных отходов, отходов потребления, твердых бытовых, медицинских, слабоактивных и других токсичных отходов. Это мощный термический процесс, не являющийся сжиганием, использующий высокие температуры в среде с недостатком кислорода для полного разложения поступающих отходов до самых простых молекул. Интенсивность и универсальность плазменной технологии позволяет перерабатывать многочисленные потоки отходов надежным и безопасным способом. Любые органические и неорганические вещества могут быть утилизированы в плазме при высокой температуре, которая достигается применением электродуговых генераторов плазмы – плазмотронов.

Уровень температур в реакционной зоне 1600°C и выше позволяет вести глубокую переработку веществ до простейших соединений, исключить жесткие требования к подготовке отходов для переработки, устранить образование оксидов азота и существенно снизить затраты на очистку отходящих газов. При переработке бытовых и промышленных углеродсодержащих отходов реализуется высокотемпературный пиролиз органической части с получением калорийного синтез-газа для последующего его сжигания в энергетических котлах. Неорганическая составляющая отходов в виде жидкого шлака является экологически чистым товарным продуктом, например, для строительных работ. Плавление зольного остатка позволяет получить химически инертные остеклованные вещества.

Термодинамический анализ процесса плазменной переработки отходов показал возможность образования оксидов металлов и смеси паров кислот в условиях воздушного, инертного и восстановительного теплоносителя*. Во всех случаях газовая фаза, кроме плазмообразующего газа, содержит также H_2O , HF и HCl , которые могут быть легко сконденсированы.

По технологической схеме (см. рис. 1) строятся практически все мусороперерабатывающие заводы. При этом мусор (ТБО) после предварительной сортировки утилизируется с получением тепловой энергии, которая может быть использована для нагрева воды и получения электрической энергии. Образующиеся шлаки чаще всего являются токсичными.

Модернизировать эту схему переработки ТБО можно, включив в тракт газоотвода от мусоросжигательной печи плазмотрон (рис. 2).

При этом утилизация ТБО происходит в два этапа. На первом этапе происходит традиционное сжигание ТБО в печи, а на втором – в плазмотроне дожигаются образующиеся токсичные газы, где сложные молекулярные соединения разбиваются до простых молекул.

После реализации этой схемы кроме получения горячей воды и электроэнергии есть возможность получать синтез-газ. Применение дожигания шлака с помощью плазмотрона позволяет получать остеклованные нетоксичные отходы, которые можно использовать в качестве наполнителей в дорожном строительстве и при строительстве зданий и сооружений.

* Власов В.А., Сосновский С.А., Тихомиров И.А. Переработка техногенных отходов в условиях низкотемпературной плазмы ВЧ разряда. – Томск, Томский политехнический университет

В настоящее время все большее применение находит метод переработки ТБО путем плазменной газификации (рис. 3).

При этом установка для плазменной переработки отходов должна состоять из следующих основных блоков:

- плазмотрона;
- плазменного реактора;
- системы подачи сырья в плазменный реактор;
- технологического блока, предназначенного для охлаждения и очистки отходящих газов;
- системы энергообеспечения установки, которая включает в себя систему электроснабжения установки, поджига плазмотрона, газо- и водоснабжения, а также дистанционного контроля и управления рабочими параметрами установки.

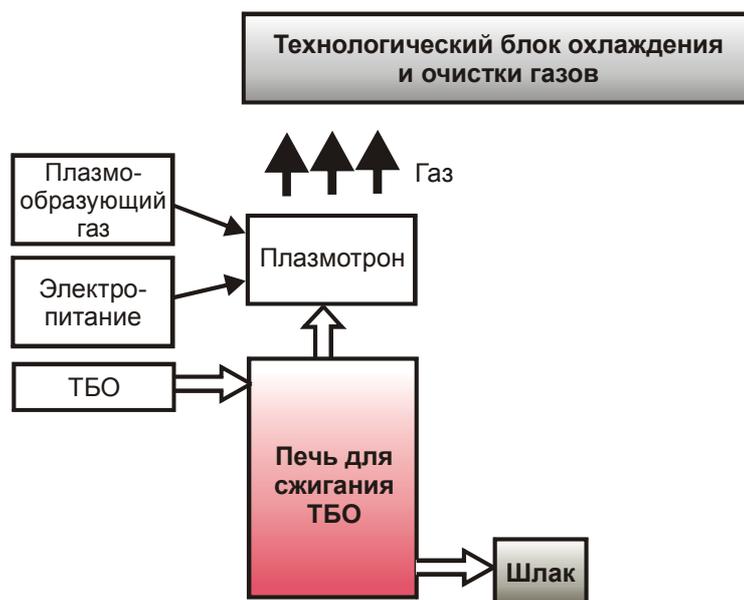


Рис. 2. Комбинированная схема переработки отходов

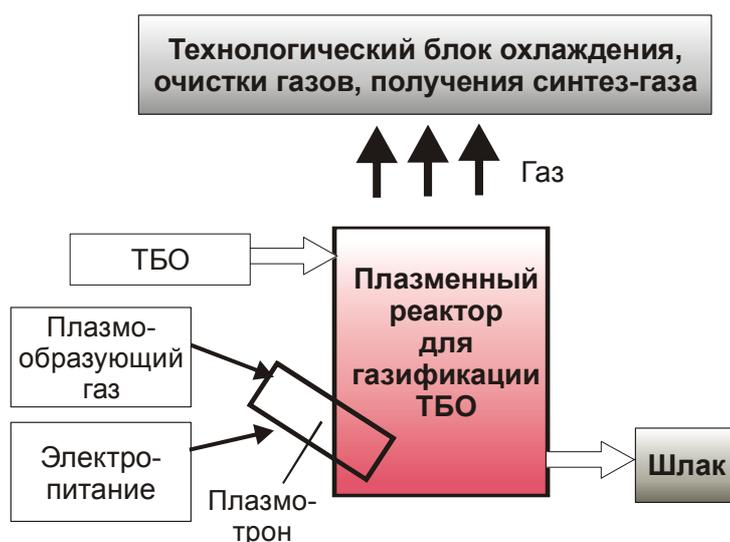


Рис. 3. Схема плазменной газификации отходов

Существуют самые разнообразные модификации плазмотронных установок, принцип их конструкции и порядок работы заключается в следующем: основной технологический процесс происходит в камере, внутри которой находятся два электрода (катод и анод), обычно из меди, вольфрама, углерода, иногда полые. В камеру под определенным давлением в заранее установленных количествах поступают отходы, кислород и топливо, может добавляться водяной пар. В камере поддерживаются постоянное давление и температура. На выходе из камеры стоит блок для охлаждения и очистки газов.

Основной проблемой при плазменной переработке отходов является малый ресурс работы электродов в технологических плазмотронах вследствие сильной эрозии материала электродов. Это приводит к необходимости замены катодов и анодов через цикл работы оборудования. Кроме того, при работе плазмотрона потребляется большое количество энергии.

В настоящее время в Национальном аэрокосмическом университете им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» подобран специальный состав материала электродов, который позволяет существенно увеличить срок работы плазмотрона, изготовлены опытные образцы и проводятся экспериментальные исследования по различным вариантам утилизации отходов.

Заключение

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Особенности плазменных технологий применительно к переработке отходов дают ряд преимуществ, таких, как возможность переработки отходов без их предварительной сортировки и дробления, а также с большим содержанием неорганических компонентов.

2. Эти технологии обладают рядом преимуществ. Температура плазменной струи способна полностью разрушить любые органические и биологические материалы, гарантированно уничтожить самые токсичные вещества, переплавить и испарить самые тугоплавкие неорганические соединения, значительно сократить объем отходов в целом. Процесс плазменного пиролиза обеспечивает экологически чистую переработку отходов без образования смол, диоксинов, аэрозолей и прочего, степень очистки – до 99,9999%.

3. Продуктом плазменной газификации являются высококалорийный горючий синтез-газ (смесь $H_2 + CO$) и нейтральный твердый остаток в виде остеклованного шлака. Газ может использоваться как эффективный источник получения электроэнергии или в качестве сырья для получения синтетического моторного топлива и др. Шлак можно гранулировать и направлять в строительство, а металлический расплав использовать для выпуска сплавов, лигатур, рафинирующего передела и др.

4. Установки плазменной газификации являются модульными и требуют весьма малого пространства, удобны в обслуживании и ремонте, легко адаптируемы к конкретным условиям потребителя.

Гармонизация системы «Человек - среда обитания» в соответствии со стандартом ISO 14001:2004

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

Экологическая обстановка в Украине становится все хуже. По итогам 2006 года показатели загрязненности атмосферы ухудшились в 21 регионе, а поверхностные воды на территории страны загрязнены на 70%. Такие данные были представлены на расширенном заседании коллегии Минприроды 6 февраля 2007 года в Киеве. Участники коллегии отметили, что в Украине наблюдается ухудшение всех показателей природопользования. В частности, в 2006 году только из стационарных источников в атмосферу попало свыше 4,5 миллиона тонн загрязняющих веществ, значительное количество запасов подземных вод утратило качество источников питьевой воды. Катастрофически растут объемы накопленных бытовых и промышленных отходов, общее количество которых превысило 35 млрд тонн, а полигоны на территории Украины занимают площадь 130 тысяч гектаров. Такого рода сообщения можно встретить и в официальных источниках, и в средствах массовой информации. И это касается не только Украины, но и стран, имеющих возможность выделять более значительные средства на развитие национальной экономики экологически безопасного типа [7].

Государственные деятели, законодательные и исполнительные органы власти, ученые и специалисты различных сфер экономической деятельности предлагают различные методы гармонизации отношений природы и общества. Прежде всего, к таким методам относятся экологический менеджмент и экологический маркетинг, учет экологического императива в теории и практике функционирования социально-экономических систем, экологическая деформация экономических знаний, экологическая сертификация как инструмент производства и потребления экологически чистой продукции.

Много публикаций [2, 3, 4, 6] посвящено оценке связи интенсивности экономики и экологических последствий. В частности, в последнее время важна оценка потребления энергоресурсов и выбросов парниковых газов в атмосферу в связи с эмиссионными обязательствами по Киотскому протоколу. Весьма интересным является рассмотрение экологического фактора как инструмента формирования конкурентоспособности национальной экономики Украины. И, как всегда, у государства не хватает средств, поэтому не обойтись без инвестиционных инструментов, приспособленных к рыночным условиям и регламентированных законодательством Украины, а именно концессии, ипотеки и лизинга.

Как видно из анализа, предстоит сформировать весьма сложную систему и эффективно управлять ею, используя ограниченные ресурсы, не теряя конкурентоспособности экономики, и не за счет истощения природной среды, а выполняя определенные экологические обязательства.

Целью настоящей статьи является рассмотрение возможности учета экологического фактора для формирования конкурентоспособной национальной

экономики, руководствуясь международным стандартом ISO14001:2004 "Системы экологического менеджмента".

В настоящее время организации всех видов и, в первую очередь, промышленные предприятия должны быть заинтересованы в демонстрации экологической эффективности и контроля за воздействиями на окружающую среду от их деятельности. Эта заинтересованность объясняется все более строгим национальным законодательством и развитием экономической политики, способствующими защите окружающей среды, а также все увеличивающейся обеспокоенностью, обнаруживаемой заинтересованными сторонами, относительно экологических вопросов и устойчивого развития.

Сегодня многие организации не только обязаны, но и хотят оценить их экологическую эффективность, чему способствует Закон Украины от 24 июня 2004 г. №1862 IV "Про екологічний аудит" [1]. В этом законе даны определения объектов и субъектов экологического аудита, основные принципы, формы, права и обязанности заказчика и исполнителя, порядок проведения экологического аудита и организации эколого-аудиторской деятельности.

В связи с тем, что экологический аудит менее известен в сфере производства, чем сертификация продукции или систем качества, более привычно процесс экологического аудита можно назвать экологической сертификацией. Рассмотрим экологическую сертификацию как инструмент производства и потребления экологически чистой продукции.

Безусловно, инновационная стратегия обеспечения гармонизации жизнедеятельности общества и окружающей среды должна предусматривать совершенствование теории систем сертификации и практики их внедрения. Нет сомнения в значимости такой инновации, как предложение экологически чистых товаров и услуг и не только в связи с экологическими аспектами. Такие производства в мировой экономике в скором времени станут одним из наиболее рентабельных видов экономической деятельности, так как будут учитывать не только экологические характеристики непосредственно процесса производства и производственной продукции, но и то, насколько весь жизненный цикл продукции щадит природную среду. Таким образом, наиболее предпочтительны те инновации, которые помогают решать экономические, социальные и экологические проблемы во взаимосвязи. Определить значимость проблем и их критериальное соответствие национальному законодательству и международным обязательствам, особенно в сфере окружающей среды, призвана экологическая сертификация, которая в настоящее время мало используется в Украине, но доказала целесообразность и эффективность в международной практике [6]. Перечень продукции, которая подлежит обязательной сертификации, постоянно корректируется в зависимости от ситуации в стране, ее международных обязательств, и желательно, чтобы этот перечень как можно полнее учитывал экологические аспекты. В этом случае сертификация будет означать, что сырье, почва, территория, производственные процессы и продукция должны отвечать требованиям законодательства Украины "Про екологію" и соответствующих экологических стандартов.

Проведение сертификации, в том числе и по экологическим требованиям, должно обеспечить для предприятий:

- развитие экономики в условиях экологического равновесия с окружающей средой;
- внедрение экологически безопасных производств;

- выполнение экологических требований законодательства;
- предотвращение ввоза в страну экологически вредного сырья, продукции, отходов, технологий.

Сертификация включает ряд процедур:

- планирование сертификационных работ;
- сбор информации на основе мониторинга и статистических методик;
- разработку процессов проведения сертификации;
- разработку методик по качеству отдельных производств и процессов на этих производствах;
- документирование процессов, методик, информации, систем менеджмента качества;
- разработку рекомендаций и их внедрение;
- сертификацию объекта.

Все процедуры, кроме последней, можно рассматривать как процесс экологического аудита в соответствии с законодательством Украины об экологии, чтобы получить следующие данные:

- в какой степени исследуемая территория пригодна для поставленной цели;
- какими будут показатели качества и экологичности продукции;
- какова будет экологическая характеристика сельскохозяйственных территорий;
- реально ли получение прибыли с учетом действующих экологических санкций;
- каковы риски альтернативных технологий.

Кроме того, такая сертификация даст предприятиям Украины экономические и социальные преимущества за счет улучшения репутации национальной продукции на экспортных рынках и вследствие этого – повышение ее конкурентоспособности.

Конкурентоспособность – показатель, характеризующий перспективы развития любой страны, ее инвестиционную привлекательность и экологическую безопасность [2].

Влияние экологического фактора на конкурентоспособность такой страны, как Украина, известной как зона экологического бедствия, особенно велико, потому что в 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 природно-ресурсный 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.

Экологический маркетинг [4] ориентирует производство и сбыт на удовлетворение экологически осознанных потребностей потребителей,

формирование и стимулирование спроса на экологичные изделия и услуги, экономически эффективные и экологично безопасные в производстве, потреблении и утилизации.

В настоящее время выделяют четыре категории товаров, которые могут стать объектами экологического маркетинга:

1. Товары, приемлемые для общества с экологической точки зрения и по цене дешевле аналогичных хорошо воспринимаемы рынком.

2. Товары, не оказывающие деструктивного влияния на окружающую среду и имеющие не меньшую, чем обычные товары-заменители, экономическую эффективность потребления.

3. Экологические товары дороже обычных, которые могут найти группы потребителей, согласных доплачивать за экологию, сохраняя здоровье и повышая качество жизни.

4. Экологические товары дороже, чем аналоги, и даже не имеющие преимуществ перед отдельными потребителями, когда обойтись без регионального или государственного регулирования.

Экологический маркетинг формируется следующими факторами:

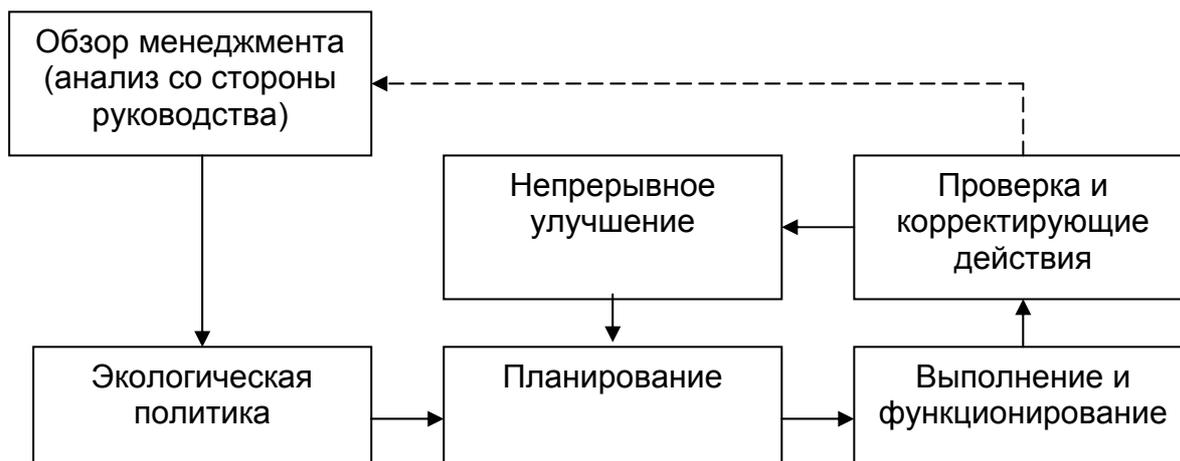
- соответствующими требованиями мирового сообщества;
- международными и национальными стандартами;
- законодательными ограничениями;
- экологической грамотностью населения;
- экологическими протестами общества;
- конкуренцией;
- экономической эффективностью;

Исходя из этого, главной задачей экологического маркетинга считается формирование и развитие рынка экологичных товаров для разрешения противоречий между экономическим развитием и улучшением показателей окружающей среды.

Спросом на экологическом рынке должны стать экологические потребности, а предложением - товары и услуги, способные их удовлетворять.

Уменьшить или исключить негативное влияние экономического хозяйствования, наиболее рационально использовать минерально-сырьевую базу и биоресурсный потенциал с учетом экологического фактора призваны системы экологического менеджмента. Международный стандарт ISO14001:2004 «Системы экологического менеджмента» ориентирован на организации всех видов и предназначен для того, чтобы обеспечить их элементами эффективной системы экологического менеджмента, которая может быть интегрирована с другими требованиями менеджмента и помогает в достижении как экологических, так и экономических целей.

Стандарт ISO14001:2004 определяет требования для системы экологического менеджмента, чтобы позволить организации развить и осуществить политику и цели, которые принимают во внимание как международные и национальные законодательные требования, так и информацию о существенных экологических аспектах. Он приспособлен к разнообразным географическим, культурным и социальным условиям. Успех системы зависит от обязательств всех уровней и особенно от высшего руководства, что показано на рисунке.



Модель системы экологического менеджмента

Система этого вида позволяет организации развивать экологическую политику, установить цели и процессы, чтобы достигнуть выполнения обязательств этой политики, принять меры, необходимые для улучшения ее эффективности. Главная цель этого стандарта состоит в том, чтобы поддержать защиту окружающей среды и предотвратить загрязнения в балансе с социально-экономическими потребностями.

Сегодня на любой этикетке европейской продукции обязательно приведены сведения о том, что организация работает в соответствии с интегрированной системой качества ISO9001 и защиты окружающей среды ISO14001. Для этого организация должна установить, документировать, внедрить, поддерживать в рабочем состоянии, непрерывно улучшать систему экологического менеджмента. Основным документом системы является экологическая политика.

Высшее руководство обязано определить экологическую политику организации и гарантировать ее выполнение.

Политика должна соответствовать характеру и масштабу воздействий на окружающую среду деятельности, продукции и услуг, включать обязательства по непрерывному улучшению и предотвращению загрязнения, по применению законодательных требований, обеспечивать возможности для выполнения экологических целей и показателей, документироваться, сообщаться всем сотрудникам и быть доступной для общественности.

После того как определена экологическая политика, стандарт ISO14001 базируется на методологии, известной как цикл "Plan – Do – Chek - Act" ("планирование – осуществление – проверка - действие") и осуществляется следующим образом:

1. Планирование устанавливает цели и процессы, необходимые для достижения результатов в соответствии с экологической политикой организации. При планировании организация обязана гарантировать, что существенные экологические аспекты при установлении, выполнении и поддержании в рабочем состоянии ее системы экологического менеджмента приняты во внимание. Цели, поставленные при планировании, должны быть измеримы и достижимы с точки зрения технологических возможностей и финансовых ресурсов.

План, составленный для достижения целей, должен включать:

а) распределение ответственности за достижение целей и показателей относительно соответствующих функций и уровней организации;

б) необходимые средства и сроки, в которые эти цели должны быть достигнуты;

2. Выполнение и функционирование (осуществление), то есть организация должна обеспечить:

а) ресурсы, включая человеческие, и специальные навыки, организационную инфраструктуру (роли, ответственность, полномочия, технологии и финансовые ресурсы для обеспечения эффективного технологического менеджмента;

б) компетентность, обучение, осведомленность, чтобы гарантировать, что лица, оказывающие существенное влияние на окружающую среду, являются компетентными на основе соответствующего образования, обучения и опыта;

в) обмен информацией по отношению к экологическим системам;

г) документацию, связанную с описанием главных элементов системы экологического менеджмента, их взаимодействие и управление этой документацией;

д) управление операциями, которые связаны с существенными экологическими аспектами, экологической политикой и экологическими целями;

е) подготовленность к чрезвычайным ситуациям и реагирование на них, для чего организация должна установить, выполнять и поддерживать в рабочем состоянии процедуру идентификации потенциальных ситуаций чрезвычайного характера и реакции на них.

3. Проверка и корректирующие действия:

а) проверка включает мониторинг, измерения, внутренний аудит и оценку соответствия применяемым законодательным и другим требованиям;

б) организация должна установить, выполнять и поддерживать в рабочем состоянии процедуры выявления фактических и потенциальных несоответствий для того, чтобы предпринять корректирующие и предупреждающие действия, которые должны соответствовать величине проблем и выявленных воздействий на окружающую среду;

в) управление записями заключается в том, что организация обязана установить, выполнять и поддерживать в рабочем состоянии процедуры идентификации, хранения, защиты, исправления, сохранения и удаления записей;

г) внутренние аудиты системы экологического менеджмента проводятся с целью определения того, что система соответствует запланированным мерам по экологическому менеджменту, должным образом выполняется и поддерживается в рабочем состоянии и обеспечивает руководство информацией относительно результатов аудита.

4. Анализ со стороны руководства через определенные интервалы времени должен гарантировать длительную пригодность и эффективность системы. После того как перечислены и описаны все основные требования стандарта ISO 14001, оценивая возможности его применения, необходимо сказать, что уровень детализации и сложности системы экологического менеджмента, степень документирования и используемых ресурсов будет зависеть от области применения системы, размеров организации, природы ее деятельности, продуктов и услуг. При этом использование различных элементов системы менеджмента может отличаться в зависимости от поставленной цели и заинтересованных вовлеченных сторон.

Выводы

1. Принятие и систематическое выполнение диапазона методов и требований экологического менеджмента в соответствии с международным стандартом ISO 14001 может внести вклад в оптимальные экологические и экономические результаты для всех заинтересованных сторон. Для достижения экологических целей необходимо, чтобы система экологического менеджмента стимулировала организации к внедрению наилучших существующих технологий, где это экономически приемлемо с учетом принятых норм рентабельности.

2. Экологизация экономики требует разработки новых эколого-экономических показателей эффективности хозяйствования и изменения в экономической теории с учетом экологического императива функционирования социально-экономических систем, то есть экологической деформации экономических знаний.

3. Несмотря на довольно низкие показатели индекса экономической устойчивости, Украина обладает большим эколого-ресурсным потенциалом.

4. Недостаточное государственное финансирование рационального, с точки зрения экологоэкономических факторов, освоения природных ресурсов Украины может быть восполнено за счет рыночных механизмов: концессии, ипотеки и лизинга.

5. Для гармонизации жизнедеятельности общества и окружающей среды необходимо использовать новые инструменты производства и потребление экологически чистой продукции, такие, как экологический аудит, экологическая сертификация и экологический маркетинг.

6. Необходимость экологизации как национальной экономической политики в целом, так и отдельно взятых предприятий и организаций является сегодня существенной проблемой.

Список литературы

1. Закон України від 24 червня 2004 р. №1862IV “Про екологічний аудит”.
2. Веклич О. Экологический фактор формирования конкурентоспособной национальной экономики. //Экономика Украины. - 2005. - №2, - с. 73
3. Веклич О., Яхеева Т. Учет природного капитала как базового компонента экономического развития Украины. //Экономика Украины. - 2004. - №12. - с. 73.
4. Ильяшенко С., Прокопенко О. Экологический маркетинг. //Экономика Украины, - 2003. - №12. - с. 50.
5. Международный стандарт ISO 14001:2004 “Системы экологического менеджмента. Требования с руководством по использованию”.
6. Скрипчук П. Экологическая сертификация как инструмент производства и потребления экологически чистой продукции. //Экономика Украины. -2006. - № 3. - с. 55.
7. См.: <http://podrobnosti.ua>.

Аналіз методів прогнозування банкрутства і обґрунтування системи показників визначення кризового стану підприємств машинобудування

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Поняття банкрутства невід'ємно пов'язано з діяльністю підприємств всіх країн. Для України це питання стало особливо актуальним у зв'язку з переходом до ринкової економіки. По-перше, українські підприємства в період реформ опинилися в складному становищі не тільки через загальну нестабільність у країні, але також через відсутність навичок фінансового керування, планування, прогнозування й т.п. По-друге, ринкова економіка пов'язана з явищем банкрутства, оскільки останнє є результатом еластичності ринку і наявності конкуренції. Таким чином, стає очевидним, що прогнозування ймовірності банкрутства на підприємстві дозволяє вчасно відреагувати на кризу, що виникає, і, по можливості, уникнути її.

В цей час у світі існує безліч різноманітних методик прогнозування банкрутства [1 – 12]. Українськими вченими використовується більшість таких методик, а також розроблено цілий ряд власних [4, 6, 7, 10]. Однак у більшості відомих методик не враховується галузевий фактор у вирішенні задачі. Особливо актуальною ця проблема постає при діагностиці банкрутства машинобудівних підприємств.

За даними Держкомстату України останніми роками в Україні спостерігається тенденція до зниження кількості фінансово неспроможних підприємств, однак суми збитків залишаються значними і продовжують зростати. Частку збиткових підприємств в економіці України за окремими галузями економіки характеризують дані табл.1 [13].

Таблиця 1

Фінансові результати діяльності підприємств України

Рік	Фінансовий результат підприємств, млн грн	Фінансовий результат збиткових підприємств, млн грн	Частка збиткових підприємств, % до загальної кількості			
			Загалом	Промисловість	Будівництво	Сільське господарство
2002	14822,6	16689,9	43	52	50	48
2003	20312,1	17037,7	41	47	43	50
2004	44578,4	29116,3	34,8	37,5	33,7	33,3
2005	57619,3	14824,5	33,3	38,8	35,8	34,0
2006	70236,8	20837,6	30,9	35,5	30,9	28,2

Галузь машинобудування є однією з найбільш пріоритетних в економіці України. Вона має значний потенціал і є базовою для всіх інших галузей. Машинобудування розвивалося в Україні протягом багатьох років, про що свідчить значна кількість підприємств цієї галузі, що стало свого роду «візитною карткою» країни. Однак у той же час існує ряд труднощів, які гальмують розвиток цієї галузі та не дозволяють йти інтенсивним шляхом розвитку: непродумана політика держави в сфері машинобудування, застаріле обладнання й технології, недостача кваліфікованої робочої сили, накопичені в перехідний період збитки і т. ін. Всі ці фактори є

передумовами банкрутства. У табл. 2 [13] наведено основні показники розвитку машинобудівних підприємств України. Аналіз динаміки статистичних даних підтвердив, що зараз актуальною є проблема розробки методичних підходів до прогнозування ймовірності банкрутства вітчизняних машинобудівних підприємств.

Таблиця 2

Основні показники розвитку машинобудівних підприємств України

Показники	Роки				
	2002	2003	2004	2005	2006
Обсяг реалізованої продукції машинобудування (у фактичних цінах), млн грн	24492,2	35133,1	53569,3	59668,1	59279,2
Індекс промислового виробництва, (у відсотках до попереднього року)	111,3	135,8	120,0	107,1	111,8
Фінансові результати діяльності машинобудівних підприємств	8,2	390,7	1612,9	1812,8	1765,9
Частка збиткових підприємств, відсотків	52	47	34,3	38,1	34,6
Сума збитків підприємств машинобудування	1595,7	1555,4	1727,8	1082,5	1648,0

Для побудови методики прогнозування кризового стану вітчизняних суб'єктів господарювання необхідно проаналізувати існуючі методи прогнозування банкрутства й оцінити можливість їхнього застосування безпосередньо для підприємств машинобудування.

У цілому всі методи прогнозування (діагностики) банкрутства можна поділити на такі:

- 1) аналітичні;
- 2) якісні;
- 3) кількісні.

Кожна із цих груп методів має ряд переваг і недоліків.

Аналітичні методики, як правило, являють собою комплексний фінансовий аналіз або аналіз фінансового стану суб'єктів господарювання на базі ряду коефіцієнтів (методика Бівера [5], українська методика, розроблена державними органами [1, 2] й ін.), які, однак, не дають узагальнюючого показника.

Позитивні моменти для даної групи методів:

- найбільш повна і всебічна оцінка ймовірності банкрутства підприємства;
- урахування різноманітних факторів, у тому числі тих, що не піддаються кількісній оцінці.

Дана група методів має такі **недоліки**:

- суб'єктивізм оцінки аналітика, що залежить від досвіду, кваліфікованості, можливості одержати необхідну інформацію. При використанні таких методик, як українська нормативна методика, методика Бівера, може виникнути ситуація, коли значення одного з показників буде «вибиватися» із загальної картини. У такому випадку висновки може зробити тільки досвідчений аналітик, однак і ці висновки будуть містити суб'єктивну точку зору;

- неоднозначна оцінка одних і тих самих показників;
- велика кількість показників (комплексний фінансовий аналіз). Для великих машинобудівних підприємств глибокий аналіз може містити десятки показників;

- як наслідок – збільшення часу оцінки стану підприємства;
- складність інтерпретації результатів та їхнього логічного висновку.

Якісні методика являють собою, як правило, систему експертних оцінок або анкету-опитування, на основі якої робиться висновок про ймовірність банкрутства підприємства. Прикладами таких методик служать методика В.В.Ковальова, А-Рахунок Дж. Агенті [4], методика компанії ERNST & WHINNEY, метод Скоуна й ін.

Ці методи мають істотну **перевагу** перед іншими, оскільки вони дозволяють визначити вплив зовнішніх факторів, що не піддаються кількісній оцінці, наприклад, політична ситуація в країні й світі, зміна асортиментної структури попиту, конкуренція й ін., а також оцінити господарські й управлінські аспекти діяльності підприємства.

Проблемними ж моментами для якісних методик оцінки є такі:

- суб'єктивна оцінка ймовірності банкрутства, закладена в самому методі;
- недостатність інформативної бази за конкретним підприємством. Як правило, інформаційна база обмежується офіційною звітністю емітента;
- неточності в оцінці, які залежать від досвідченості аналітика.

Найпоширенішими і простими є **кількісні методи** діагностики кризового стану суб'єктів господарювання, результатом яких є виведення інтегрального, узагальнюючого показника. Найбільш відомими є Z-Рахунок Е. Альтмана [5, 11]; моделі Таффлера, Лісса, Чессера [11], Спрінгейта, Фулмера [12], Конана і Гольдера; російські методики Р.С.Сайфуліна й Г.Г.Кадикова, R-Модель учених Іркутської академії; українські методики Е.М. Андрущака [7], О.О. Терещенка [6], Т.І. Тесленко і Г.В. Мамонової [10] та ін.

До безумовних **переваг** таких моделей варто віднести:

- однозначність і формалізованість отриманих результатів;
- простота обробки даних і одержання інтегрального показника.

Недоліки кількісних методів оцінки ймовірності банкрутства:

- формування адекватних моделей є складним. Для формування статистично-достовірних моделей необхідна досить широка інформаційна база;
- виключають вплив факторів, що не піддаються кількісній оцінці;
- як правило, ураховують тільки фінансові передумови банкрутства, а господарські й управлінські аспекти не знаходять відображення в методиках;
- деякі моделі (наприклад, модель Е. Альтмана 1983р.) мають одну константу порівняння. Це призводить до деякої обмеженості оцінки близькості підприємства до банкрутства.

Існують також нестандартні методики, такі, як аналіз PAS коефіцієнтів, SWOT аналіз імовірності банкрутства підприємства Н.А.Зайцевої [3], стохастичне імітаційне моделювання, розглянуте Л. Лігоненко [4], V&M метод комплексного фінансового аналізу. Однак ці методики досить складні з розрахункової точки зору.

Таким чином, необхідно вибрати найбільш оптимальний метод для оцінки ймовірності банкрутства підприємств машинобудування.

Одним з основних етапів розробки моделей оцінки й аналізу схильності підприємства до банкрутства є формування системи показників діагностики банкрутства. Для вирішення цієї проблем пропонуємо формувати систему фінансових показників за допомогою математичних методів і моделей. Сформувати систему фінансових показників, яка буде відображати всі аспекти діяльності підприємства і при цьому містити якнайменшу кількість показників, дозволяє метод виділення так званих діагностичних ознак.

Використовуючи цей метод, намагаються отримати ознаки, які найповніше характеризують об'єкти, що вивчаються, але при цьому утворюють якнайменший за кількістю набір. Зазначені вимоги виконуються тоді, коли діагностичні ознаки мають такі властивості:

- не корелюють або слабо корелюють між собою;
- сильно корелюють з ознаками, які не входять до діагностичного набору;
- дозволяють розділяти одиниці, які вивчаються, тобто характеризуються високою варіацією за всіма одиницями множини і досить низькою варіацією за одиницями всередині виділених груп;
- не зазнають зовнішнього впливу.

З точки зору оцінки схильності підприємства до банкрутства діагностичними ознаками є показники фінансового стану підприємства (фінансові коефіцієнти).

Проведений аналіз літературних джерел [1 – 12] дозволив авторам виділити 25 фінансових коефіцієнтів, які найчастіше використовуються для оцінки фінансового стану підприємства з точки зору наявності кризи та загрози банкрутства (табл. 3). Ці коефіцієнти відображають такі аспекти фінансового стану, як фінансова стійкість, платоспроможність, рентабельність і ділова активність.

Вихідними даними дослідження була фінансова звітність машинобудівних підприємств Харківської області за 2000 – 2005 роки.

Таблиця 3

Основні аналітичні показники фінансового стану підприємства

Умовне позначення	Показники
x1	Коефіцієнт зносу основних фондів
x2	Частка основних фондів в активах
x3	Матеріаломісткість
x4	Фондовіддача
x5	Коефіцієнт миттєвої ліквідності
x6	Коефіцієнт поточної ліквідності
x7	Коефіцієнт покриття
x8	Коефіцієнт маневреності власного капіталу
x9	Частка оборотних виробничих активів
x10	Коефіцієнт оновлення основних засобів
x11	Коефіцієнт маневреності робочого капіталу
x12	Коефіцієнт незалежності активів
x13	Коефіцієнт загальної незалежності
x14	Рентабельність реалізованої продукції за прибутком від операційної діяльності
x15	Рентабельність виробничих фондів
x16	Рентабельність реалізованої продукції за прибутком від реалізації
x17	Рентабельність реалізованої продукції за чистим прибутком
x18	Рентабельність активів
x19	Рентабельність власного капіталу
x20	Коефіцієнт забезпечення обігового капіталу
x21	Коефіцієнт забезпеченості власними засобами
x22	Коефіцієнт Бівера
x23	Оборотність дебіторської заборгованості
x24	Оборотність кредиторської заборгованості
x25	Коефіцієнт оборотності активів

Відбір діагностичних ознак із сукупності показників фінансового стану підприємства $X=\{x_1, x_2, \dots, x_{25}\}$ для оцінки схильності підприємства до банкрутства здійснюється в два етапи. Перший етап полягає в розбиванні сукупності вихідних ознак X на підмножини X_p ($p = 1, 2, \dots, P$) однорідних елементів, а на другому етапі визначаються репрезентанти (ознаки-представники) виділених підмножин ознак. До складу однорідних підмножин включаються не лише суттєво корельовані ознаки, а й однорідні ознаки з точки зору якісних зв'язків, тобто такі, що належать до однієї й тієї ж області процесів і явищ, що вивчаються.

Таким чином, сукупність ознак X розбивається на непорожні підмножини, які не перетинаються. Причому всі ознаки x_n сукупності X включаються у підмножини X_p і кожна з ознак x_n може ввійти до складу лише однієї з підмножин X_p . Елементи кожної підмножини розглядаються як характеристики певної сторони явища. Розбивання сукупності на підмножини виконаємо за допомогою методів кластерного аналізу [14], які реалізуються у пакеті прикладних програм (ППП) STATISTICA.

За результатами кластерного аналізу за допомогою заздалегідь заданих змінних формуються групи спостережень. Під спостереженнями розуміють окремі особи (респонденти) або будь-які інші об'єкти. Члени одного кластера повинні мати схожі прояви змінних, а члени різних груп – різні. Кластерний аналіз об'єднує різні процедури, які використовують для проведення класифікації. У результаті застосування цих процедур початкову сукупність об'єктів розподіляють на кластери або групи (класи) подібних між собою об'єктів.

Перед кластеризацією вихідні змінні необхідно стандартизувати для зменшення залежності результатів кластеризації від абсолютних значень ознак:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}, \quad (1)$$

де x_{ij} – значення j -ї ознаки i -го об'єкта;

\bar{x}_j – середнє арифметичне значення j -ї ознаки;

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}, \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

У дослідженні результати кластерного аналізу були отримані за допомогою методу К-середніх, реалізованого у ППП STATISTICA. Цей метод розбиває сукупність ознак на задану кількість груп (кластерів). Було задано чотири групи, оскільки кількість репрезентантів (фінансових коефіцієнтів) кожної групи, а значить, і кількість самих груп має бути якомога меншою, як зазначалося вище. На нашу думку, доцільним є розбиття сукупності ознак на чотири групи, оскільки чотирьох найбільш значущих показників, що відображають різні аспекти діяльності підприємства, досить для оцінки його схильності до банкрутства. Таким чином, до першого кластера входить репрезентант x_{15} ; другий кластер включає в себе: $x_1, x_2, x_3, x_4, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{23}, x_{24}, x_{25}$; третій кластер – x_{16} ; четвертий кластер: $x_5, x_6, x_7, x_8, x_{20}, x_{21}, x_{22}$.

На другому етапі методу діагностичних ознак визначаються репрезентанти (ознаки-представники) виділених підмножин ознак (кластерів):

$$x_p^* = f \{x_1, x_2, \dots, x_{n_p}\}, \quad p=1, 2, \dots, P, \quad (3)$$

де x_p^* – репрезентант p -ї однорідної підмножини ознак;

n_p – число ознак у p -ї однорідній підмножині ознак.

Якщо репрезентантом вибирається одна з ознак, яка входить до підмножини, то її називають індивідуальною діагностичною ознакою. До методів вибору індивідуальних діагностичних ознак належать метод центру ваги і метод потенціалів [15].

Вибір репрезентантів, сформованих за допомогою кластерного аналізу груп, проводився з використанням методу центру ваги. Спосіб вибору репрезентантів за допомогою цього методу залежить від розміру групи. Розрізняють групи з одного-, двох елементів, а також групи з великим числом елементів.

Одноелементні групи містять такі ознаки, значення яких різко відрізняються від значень решти ознак, тому їх включають до діагностичної сукупності.

Якщо число елементів у групі більше двох, для кожного з них розраховують відстань від решти елементів тієї ж групи:

$$d_{ip} = \sum_{j=1}^{n_p} c_{ij}, \quad j \neq i, \quad (4)$$

де c_{ij} – відстань i -го елемента від j -го елемента p -ї групи;

n_p – число ознак у p -ї групі.

Елементи матриці відстаней розраховують за формулою

$$c_{ij} = 1 - |r_{ij}|, \quad (5)$$

де r_{ij} – коефіцієнт кореляції між i -ю і j -ю ознаками.

До діагностичної сукупності включають ознаку, яка знаходиться "всередині" цієї групи, тобто ознака з найменшою сумою відстаней

$$d_{mp} = \min_i d_{ip}. \quad (6)$$

Процедура завершується вибором репрезентантів двохелементних груп. Для цього розраховують відстані кожного з двох елементів групи від діагностичних ознак, які були вибрані на попередніх етапах:

$$d_i = \sum_{j=1}^s c_{ij}, \quad (7)$$

де $i = 1, 2, \dots, 2k$;

k – кількість двохелементних груп;

$2k$ – загальна кількість ознак в двохелементних групах;

s – кількість окремих ознак і ознак, вибраних з багатоелементних груп.

Репрезентантом кожної з двохелементних груп буде та ознака, відстань якої від окремих елементів і елементів, вибраних з багатоелементних груп, виявиться більшою:

$$d_m = \max_i d_i, \quad (8)$$

де $i = 1, 2$.

Використання такого методу дозволяє виділити з групи діагностичних ознак такі, які репрезентують кожну з отриманих груп подібних ознак. Вибрані елементи

знаходяться поблизу «центрів ваги» груп і тому задовольняють основні вимоги, які висуваються до діагностичних ознак. Ці ознаки не корелюють або слабо корелюють між собою і одночасно сильно корелюють з ознаками, які не ввійшли до діагностичних.

Виберемо репрезентантів сформованих груп (кластерів) за допомогою засобів Microsoft Excel на основі мінімальних сум відстаней.

На основі проведених розрахунків для другого кластера мінімальною є сума d_{x12} , для четвертого кластера – d_{x7} .

Таким чином, до системи показників визначення кризового стану підприємств машинобудування доцільно включити коефіцієнти: x_7 , x_{12} , x_{15} , x_{16} (табл.3).

Показники рентабельності є найважливішими характеристиками при проведенні аналізу і оцінці фінансового стану підприємства. Існує багато показників рентабельності, використання кожного з яких залежить від характеру оцінки ефективності фінансово-господарської діяльності підприємства. Коефіцієнти x_{15} , x_{16} , є показниками рентабельності, але вони знаходяться в різних групах рентабельності, а саме x_{15} (рентабельність виробничих фондів) належить до показників рентабельності капіталу. Ці показники відображають ефективність використання ресурсів, що витрачаються на створення і функціонування підприємства, і показують, скільки гривень чистого прибутку (або будь-якого іншого з показників прибутку) припадає на одну гривню авансованого капіталу, тобто рентабельність виробничих фондів показує, скільки припадає чистого прибутку на одиницю вартості виробничих фондів.

Коефіцієнт x_{16} – рентабельність реалізованої продукції за прибутком від реалізації належить до групи показників рентабельності продукції. Формується на основі розрахунку рівнів рентабельності за різними витратами або чистим доходом. Показники даної групи, і безпосередньо коефіцієнт рентабельності реалізованої продукції за прибутком від реалізації, залежать від обсягів реалізованої продукції, рівня договірних цін, собівартості реалізованої продукції, співвідношення постійних і змінних витрат і показують частку прибутку в чистому вигляді.

Коефіцієнт x_{12} – коефіцієнт фінансової незалежності активів. Характеризує можливість підприємства виконати зовнішні зобов'язання за рахунок власних активів, його незалежність від позикових джерел. Чим вище значення даного коефіцієнта, тим фінансово стійким, стабільним і більш незалежним від зовнішніх кредиторів є підприємство. Загальна сума заборгованості не повинна перевищувати суму власних джерел фінансування, тобто джерела фінансування підприємства (загальна сума капіталу) мають бути хоча б наполовину сформовані за рахунок власних засобів. Таким чином, критичне значення коефіцієнта незалежності дорівнює 0,5.

Коефіцієнт x_7 – коефіцієнт покриття, показує, скільки грошових одиниць оборотних коштів припадає на кожну грошову одиницю короткострокових зобов'язань. Критичне значення коефіцієнта покриття дорівнює одиниці. Якщо коефіцієнт покриття менше одиниці і підприємство не отримало прибутку, то таке його фінансове положення характеризується ознаками надкритичної неплатоспроможності, коли задоволення визнаних судом вимог кредиторів можливе не інакше, як через застосування ліквідаційної процедури.

Отримана система показників характеризує різні аспекти діяльності підприємства. Зокрема, включає в себе показник платоспроможності та ліквідності під-

приємства (x7); показники рентабельності (x15, x16); показник фінансової стійкості (x12). Порівняння поточних значень цих показників за конкретним суб'єктом господарювання з критичним значенням цих коефіцієнтів дозволить виявити наявність кризових явищ на підприємствах машинобудування. Крім того, дана обґрунтована система показників може бути використана при побудові інтегрального показника, що характеризує фінансовий стан машинобудівних підприємств України.

Список літератури

1. Методика проведення поглибленого аналізу фінансово-господарського стану підприємств та організацій, затверджена наказом Агентства з питань запобігання банкрутству підприємств та організацій від 21.03.1997 р. №37 // Галицькі контракти. – 1997. – № 40. – С.47 – 57.
2. Лист Вищого арбітражного суду «Про Методичні рекомендації щодо виявлення ознак неплатоспроможності підприємств та ознак дій з приховування банкрутства, фіктивного банкрутства чи доведення до банкрутства» від 11.04.2001 № 01-8/451.
3. Зайцева Н.А. Антикризисное управление предприятием: теория и практика – К.: Международная академия оценки и консалтинга, 2004. – 178с.
4. Лігоненко Л.О. Антикризисное управління підприємством: теоретико-методологічні засади та практичний інструментарій: Монографія. – К.: Международная академия оценки и консалтинга, 2003. – 475с.
5. Терещенко О.О. Фінансова санація та банкрутство підприємств. – К.: КНЕУ, 2000. – 412с.
6. Терещенко О.О. Дискримінантна модель інтегральної оцінки фінансового стану підприємства // Економіка України. – 2003. – №8. – С.38 – 44.
7. Андрущак Є.М. Діагностика банкрутства Українських підприємств // Фінанси України. – 2004. – №9. – С.118 – 124.
8. Федорова Г.В. Финансовый анализ предприятия при угрозе банкротства – М.:Омега-Л, 2003. – 272с.
9. Фінанси підприємств: Підручник / За ред. А.М.Поддєрьогіна –К.: КНЕУ, 2000. – 460 с.
10. Тесленко Т.І., Мамонова Г.В. Модель діагностики банкрутства підприємств машинобудівної галузі // Фінанси України. – 2006. – №3. – С.106 – 112.
11. Білик М.Д. Сутність і оцінка фінансового стану підприємств // Фінанси України. – 2005. – №3. – С.117 – 128.
12. Панченко А.І. Узагальнення моделі статистичної оцінки основних показників діяльності підприємства // Фінанси України – 2005. – №3. С.133 – 137.
13. Сайт Державного Комітету статистики України – www.ukrstat.gov.ua
14. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с.
15. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях. Методы таксономии и факторного анализа. – М.: Статистика, 1980. – 152 с.

Анализ моделей архитектуры современных предприятий

ОАО «АО НИИ радиотехнических измерений»

Введение

Одним из важнейших итогов последних лет в области стратегии использования информационных технологий (ИТ) и проектирования систем уровня предприятия стало выделение архитектурного подхода в качестве необходимого и приоритетного [1]. Происходит резкий рост числа организаций (от отдельных агентств до международных организаций и корпораций), активно работающих с архитектурой предприятия (АП).

Для переоценки места и значимости ИТ в структуре современных компаний корпоративного масштаба необходимо рассмотреть базовые архитектурные принципы, на которых основано создание и развитие сложных технических систем, где используются методы системного анализа, системотехники, оптимизации и теории иерархических многоуровневых систем [2 - 6]. Вместе с тем, используя известное положение о том, что наиболее продуктивным является совместное проектирование объекта управления и автоматизированной системы управления (АСУ) [2, 3], следует также принимать во внимание ранее разработанные подходы к концептуальному проектированию систем организационного управления, в т. ч. с использованием моделей и методов оптимального управления и поддержки принятия решений [5 - 9].

В данной работе на основе обобщенного представления таблиц Захмана и процессов D-моделирования проведен анализ известных методологий и моделей архитектур ИТ, предприятий и электронных правительств (ЭП), что позволило сформулировать ряд новых задач по разработке алгоритмов синтеза архитектуры ИТ на основе проблемно-ориентированных АП.

Обзорный анализ архитектур предприятий

В основе многих современных представлений об АП лежат несколько принципиальных базовых моделей, среди которых в первую очередь следует отметить модели Хендерсона и Захмана [10 - 13]. Одной из первых попыток связать архитектуру информационных систем (ИС) с реальной производственной средой и обозначить их тесное взаимовлияние явилась модель Хендерсона [13, 14]. Поскольку последняя имеет в известной степени концептуально-абстрактный характер, то в среде разработчиков, занимающихся проблемами проектирования АП, большую популярность получила модель Захмана [10 - 13] (Zachman Framework), которая отличается гармоничным и комплексным учетом архитектурно-существенных факторов, позволяя концентрироваться на отдельных аспектах архитектуры, не изменяя при этом мнения о предприятии как о едином целом; она легка для понимания, логически полна и согласованна, нейтральна по отношению к инструментарию, является самой распространенной. Однако эта модель не поддерживает представление динамики развития предприятия и его ИС (отсутствие оси времени), достаточно поверхностна (в смысле степени

детализации), относительно бедна с технических позиций. На её основе было разработано множество АП, а также архитектур для ЭП [9, 20, 21, 25, 28, 29, 35].

Конкурирующая методология GERAM (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology) [15] определяет комплекс концепций, методов и моделей, необходимых для проектирования и сопровождения АП любого типа в течение всего времени ее существования. Она обеспечивает поддержку всех представленных элементов среды моделирования АП на базе концепций, которые ориентированы:

- на человека (описание ролей, поддержка осуществляемых ролями процессов);
- на процессы (для описания бизнес-процессов);
- на технологии (для описания технологической поддержки процессов — моделирования и использования моделей).

GERAM представляет собой объединение таких частных методологий и архитектур, как CIMOSA [16, 17], GRAI/GIM [18, 19] и PERA [15]. Одно из главных преимуществ GERAM — ее мощь в решении задач, связанных с изменениями (реинжиниринг, СРІ/ТQM). Один из главных недостатков — концептуальный характер: GERAM только снабжает методологическими руководствами, но не обеспечивает ни языком моделирования, ни соответствующими инструментальными средствами. Строго сформулированные методологические рекомендации по построению систем масштаба предприятия можно найти также в работах отечественных авторов (Е. Ойхмана, Е. Зиндера, Г. Калянова и других) [20 - 23].

В современной практике задачи моделирования деятельности предприятий решаются с применением специализированных инструментов анализа и бизнес-моделирования. К лидерам функциональности и возможностям полноты описания, представленных на отечественном рынке программного обеспечения, можно отнести продукты зарубежных компаний IDS Scheer [24, 25], Casewise и российской компании БИГ-СПб (Санкт-Петербург) [26]. В части применяемых методологий продукты Computer Associates поддерживают методологии и стандарты семейства IDEF [25], компания IDS Scheer предлагает собственную методологию описания – методологию eEPC (extended Event Driven Process Chain - расширенная нотация описания цепочки процесса, управляемого событиями) [25], Corporate Modeler компании Casewise применяет известную методологию Захмана. ОРГ-МАСТЕР компании Биг-СПб в качестве основного формата структурирования знаний использует предметно-ориентированный язык ORL (Organization Relations Language) – язык организационных отношений, который является языком более высокого уровня, чем универсальные языки описания процессов класса BPMML [26].

В мировой практике уже создано много моделей архитектуры ЭП на основе моделей АП [27 - 34]. Каждое из государств-лидеров разрабатывает собственную архитектуру ЭП: США — Federal Enterprise Architecture (FEAF) [29], Англия — e-GIF (e-Government Interoperability Framework) [30] и e-Service Development Framework (eSDF), Германия — SAGA (Standards and Architecture for e-Government Applications) [31], Канада — Federated Architecture и Business Transformation Enablement Program (BTEP), Дания — «архитектуру „обобщенного предприятия“» и т. д. Архитектура разрабатывалась также и для военных структур [35, 36].

Практически все известные методики построения АП (EA, Enterprise Architecture) в коммерческих организациях выделяют две крупные области:

– бизнес-архитектуру (B_{arch}), основой которой являются бизнес-процессы, существующие и требующиеся предприятию для реализации бизнес-целей (стратегии развития предприятия);

– архитектуру ИТ (IT_{arch}), под которой подразумевается вся технологическая инфраструктура, необходимая для поддержки бизнес-архитектуры.

Обе эти области должны рассматриваться как единое целое, ибо только в совокупности они составляют АП - $EA = \{B_{arch}, IT_{arch}\}$. Определений АП существует достаточно много, однако основная их мысль такова:

– архитектура описывает компоненты и процессы системы, а также их взаимосвязи;

– архитектура включает в себя принципы развития, совершенствования и поддержки.

Описание предприятия в статике недостаточно для современных, быстро развивающихся предприятий в бурно прогрессирующей конкурентной среде. Следовательно, для ИТ предприятия можно построить множество архитектурных моделей, каждая из которых будет с той или иной степенью полноты и достоверности отображать объект моделирования. На основе проведенного анализа известных методологий и моделей архитектур ИТ, предприятий и ЭП [10 - 37] была составлена карта существующих архитектур (рис. 1).

Модель архитектуры современного предприятия

Назовем *проекцией* отображение взгляда на систему с некоторой конкретной точки зрения, а *полной проекцией* — исчерпывающее описание определенного взгляда на систему [5]. Описание архитектуры является совокупностью отдельных проекций, образующих архитектурную модель, которая с той или иной степенью полноты описывает систему. *Любую систему можно полностью описать с помощью конечного числа полных проекций.* Совокупность проекций, полностью и исчерпывающе описывающих систему, назовем *полной архитектурной моделью* («полностью» в данном случае означает, что любую другую проекцию удастся построить на основе полной архитектурной модели). Основопологающей моделью для большинства существующих на сегодня архитектурных моделей является модель Захмана, строки и столбцы которой служат проекциями: строки — с точки зрения групп заинтересованных лиц, столбцы — с точки зрения областей рассмотрения (что, кто, как, когда, где и зачем) [10 – 12].

Можно изменить эту модель АП количеством и содержанием ячеек таблицы (рис. 2). Число строк m и столбцов n может изменяться в зависимости от конкретной задачи анализа АП: $m = \overline{1, M}$, $n = \overline{1, N}$. Для отображения динамики развития можно добавить ось стратегического развития из модели “3D предприятия” Зиндера, на которой располагаются интервалы осуществления различных проектов и стадий развития ИС и всего предприятия.

Например, модель Захмана может быть расширена до восьми строк (4 строки покрывают бизнес-архитектуру и 4 – архитектуру ИТ предприятия) и восьми столбцов. Ось стратегического развития из модели “3D предприятия” Зиндера - до восьми этапов:

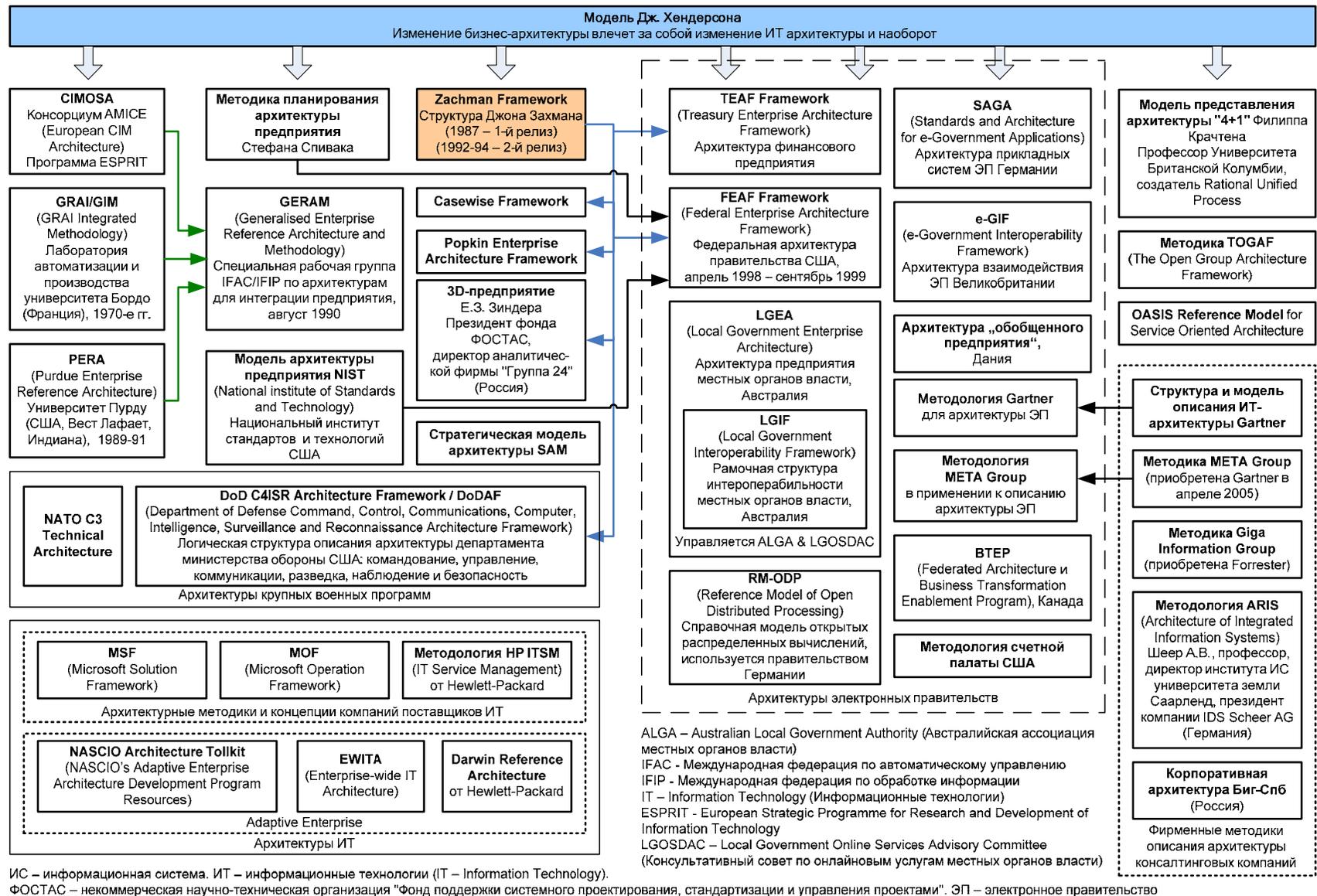


Рис. 1. Методологии разработки и описания архитектуры ИТ, предприятий и электронных правительств

Точка зрения / Область	Данные Что?	Функции Как?	Люди Кто?	Время Когда?	Сеть Где?	Мотивация Почему?	Деньги Сколько стоит?	Оценка Насколько эффективно?
Клиент	Предлагаемые услуги и товары	Условия поставки, условия поддержки	Контактные лица	Сроки поставки, время обслуживания	Доставка	Преимущества предприятия	Цены, скидки	Удовлетворенность
Владелец, инвестор, менеджер высшего звена	Направления деятельности	Список основных бизнес-процессов	Клиенты, партнеры, конкуренты, организационная структура предприятия	Бизнес-план	Рынки сбыта	Стратегия развития предприятия, бизнес-цели	Капитализация компании, отчет о прибылях и убытках	Оценка эффективности предприятия (BSC)
Руководитель функционального подразделения	Выходы бизнес-процессов подразделения (результаты)	Модель бизнес-процессов	Организационная структура подразделения	Бизнес-план подразделения	Логистика	Стратегия развития подразделения	Бюджет подразделения	Оценка эффективности подразделения (BSC)
Сотрудник функционального подразделения	Должностные инструкции в части результатов деятельности сотрудника	Модель бизнес-процессов, в которых участвует сотрудник	Должностные инструкции в части взаимодействия	Индивидуальный план	Рабочее место, командировки	Личная стратегия развития	Зарплата, премии, система материального стимулирования	Оценка личного вклада в развитие предприятия (KPI)
Бизнес-аналитик, архитектор	Логическая модель данных	Прикладная архитектура приложений (UML)	Организационная структура ИТ	План развития ИТ	Модель распределенной архитектуры	Стратегия ИТ	Бюджет ИТ	Модель эффективности ИТ
Разработчик	Физическая модель данных	Системный проект, программный код	Пользователи (роли)	Диаграмма последовательностей (UML)	Технологическая архитектура, диаграмма классов (UML)	Техническое задание	Затраченное время	Модель эффективности разработки
Системный администратор, специалист по поддержке	Должностные инструкции	SLA, инструкции администратора	Список пользователей с сервисами, правами и полномочиями	План на регламентное обслуживание	Архитектура сети, управление конфигурацией (ITIL)	Стратегия развития ИТ в части обслуживания пользователей	Стоимость поддержки	Модель эффективности обслуживания
Пользователь ИТ	Должностные инструкции в части ИТ, список сервисов ИТ	Инструкции пользователей	Полномочия	SLA - с точки зрения времени предоставления сервисов	Правила использования ПК, работа в ЛВС и Internet	Должностные инструкции	Стоимость сервисов ИТ для отдельного пользователя	Эффективность использования ИТ для отдельного пользователя

Бизнес-архитектура
(бизнес-руководители / сотрудники)

Архитектура ИТ
(ИТ менеджеры / разработчики / пользователи)

Модель предприятия и сфера действия
(концептуальная модель)

Модель системы
(логическая модель)

Технологическая
(физическая) модель

Детальное представление

Работающая система

Рис. 2. Расширенная модель АП Захмана

- концепция (общие взгляды на решение возникшей проблемы или задачи);
- стратегический анализ целей и потребностей (предприятия, АСУ, подсистемы АСУ), детальный анализ предприятия и разработка логических моделей системы;
- техническое задание на разработку (АСУ, подсистемы АСУ, проекта);
- конструирование технических решений (в АСУ, управлении и бизнесе);
- детальная реализация бизнес-системы и технических решений;
- внедрение решений с параллельным обучением сотрудников;
- использование (эксплуатация) системы (предприятия, АСУ) или ее сопровождение;
- совершенствование или удаление системы (бывает целесообразнее удаление какой-то подсистемы АСУ в случае отсутствия необходимости в ней, чем ее модернизация).

Модель АП (на основе расширенной модели АП Захмана и стратегической оси Зиндера) $АП = \{B_{arch}, IT_{arch}, T_{str}\}$ показана на рис. 3.

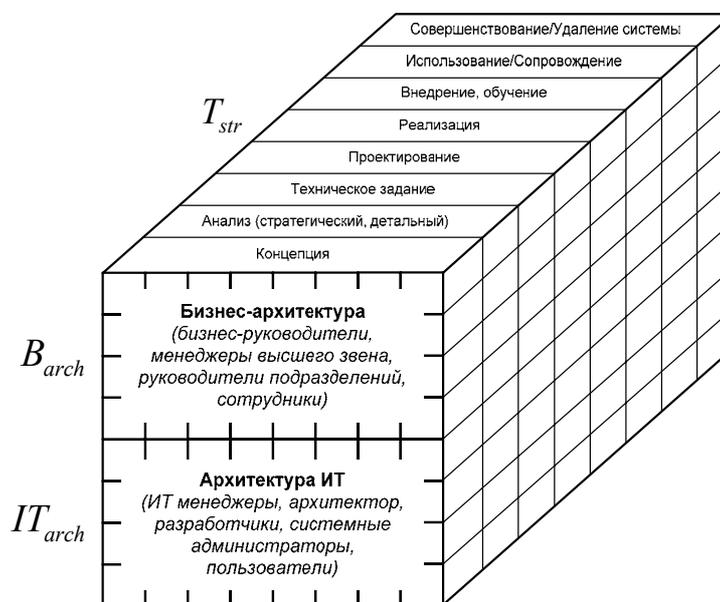


Рис. 3. Модель архитектуры предприятия

Модель может служить инструментом для планирования "объемных" областей работы по созданию и использованию АСУ и стыковки этих областей. Полнота наполнения ячеек таблицы зависит от степени детализации их наполнения. Очевидно, что, заполнив ячейки текущими знаниями по тому или иному вопросу только одной группой заинтересованных лиц, полноты можно не достигнуть.

Четырехмерное представление бизнес-процесса в АП

Современные руководители конкурирующих предприятий осуществляют свою деятельность в «четырёхмерном» пространстве: *кто* (исполнитель), *что* (задача), *как* (методика решения задачи) и *когда* (временные рамки решения

задачи) [38]. Например, современное представление сетевого графика любого процесса на предприятии возможно с позиции четырех вопросов: кто, что, как и когда.

Проиллюстрировать это можно следующим образом (рис. 4). Допустим, задача состоит в реализации одного действия — операции, которая входит в некий бизнес-процесс. Тогда операция О.1 имеет следующие координаты: А.1 — исполнитель, ответственный за выполнение О.1; U.1 — объект операции, участвующий в О.1; Т.1 — начало и значение временного диапазона, когда должна быть начата и в течение какого времени выполнена О.1; М. 1 — методика, в соответствии с которой выполняется О.1.

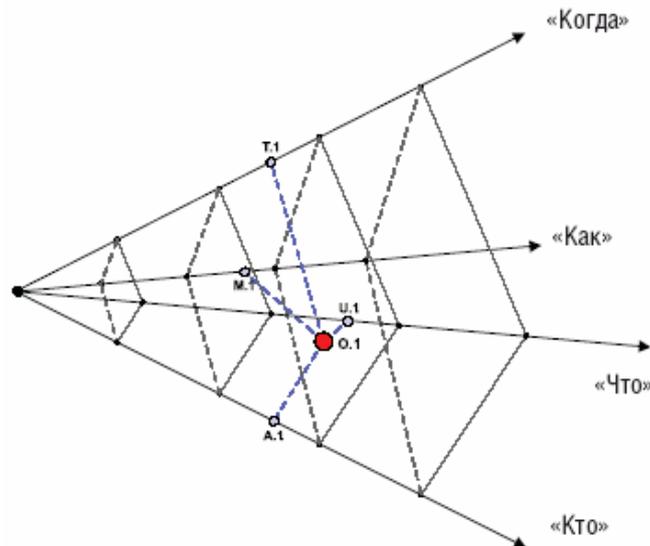


Рис. 4. Четыре измерения корпоративного управления

Если задача состоит из нескольких действий, уместно считать ее бизнес-процессом (или его фрагментом), а ее представление в виде графа в четырех измерениях (координатах) заметно усложняется. Пусть, процесс выполнения задачи состоит из пяти шагов. Каждый шаг имеет своего исполнителя (А.1), свой объект операции (U.1), свое время действия (Т.1) и свою методику (М.1). Таким образом, получаем весьма сложную, но достаточно полно отражающую действительность модель, позволяющую в каждый момент времени дать ответ на важнейшие вопросы: «что происходит?», «кто задействован?», «сколько времени осталось?», «как поступить?» и т. п. (рис. 5). С учетом всех атрибутов исполнителей и объектов, параметров операций, привязок ко времени, а также связей состава методик эта модель будет представлять собой логический аналог предметной области, где достаточно кодогенератора, чтобы транслировать эту модель в программный код единой АСУ. Повышение эффективности АСУ современного разрабатывающего предприятия (РП) наблюдается на разных уровнях АП: систематически снижаются издержки за счет унификации требований к навыкам и ожиданиям сотрудников, за счет стандартизации процессов коммуникаций между сотрудниками, устройствами и системами, а также процессов сбора, обработки, хранения и визуализации данных [39 - 41]. Следовательно, можно говорить о воспроизводстве потребностей современного предприятия в новых продуктах повышения эффективности корпоративного управления (рис. 6). Согласно циклу воспроизводства потребностей 8 этапов оси

стратегического развития T_{str} будут тоже находиться в циклическом состоянии – при изменении инструментов и технологий управления.

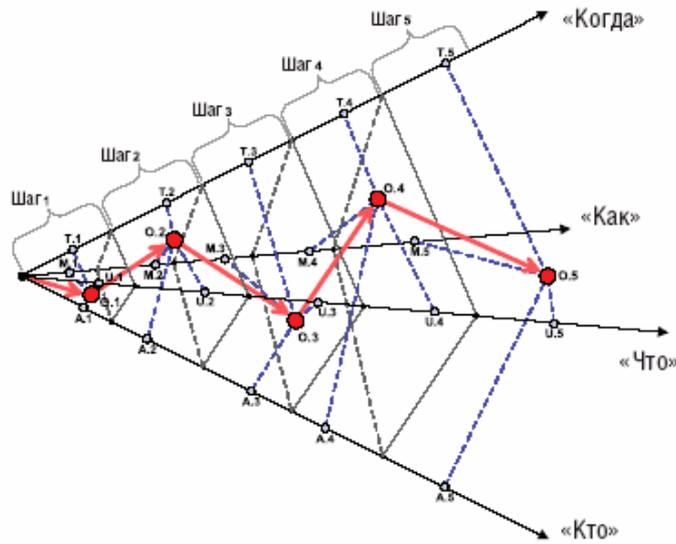


Рис. 5. Описание бизнес-процесса в четырех измерениях корпоративного управления

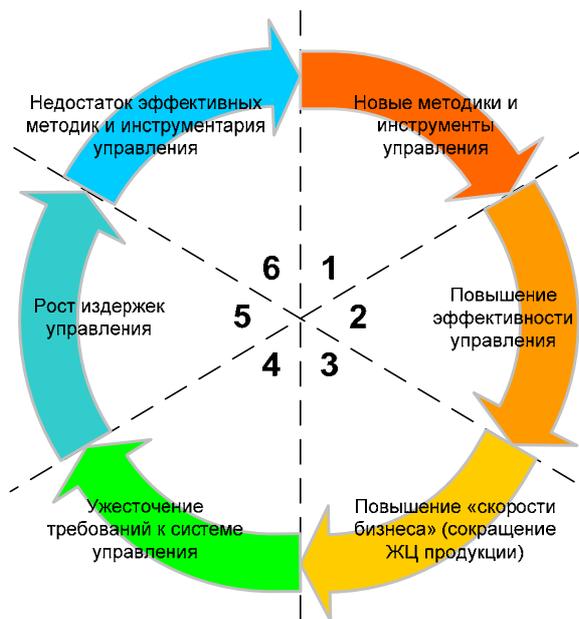


Рис. 6. Цикл воспроизводства потребностей предприятия в новых инструментах и технологиях управления

Выводы

Проведенный анализ целого ряда методологий и моделей ИТ и АП на основе обобщенного представления таблиц Захмана и процессов D-моделирования позволяет сформулировать ряд новых задач по разработке алгоритмов синтеза архитектуры ИТ на основе проблемно-ориентированных АП. Расширенная модель АП носит достаточно общий характер, обеспечивая

возможность ее широкого применения, так как основывается на таких базовых понятиях, как B_{arch} и IT_{arch} . Последовательное развитие этих архитектур позволяет описать объект управления – предприятие – в виде иерархической системы, а процессы деятельности декомпозировать до уровня операций и действий каждого элемента такой системы, что способствует эффективному совершенствованию бизнес-процессов предприятия. Таким образом, IT_{arch} обеспечивает информационную поддержку для B_{arch} в течение T_{str} . Хранение информационного актива АП может быть реализовано в электронном архиве (ЭА) системы электронного документооборота (СЭД) Lotsia PDM Plus [40], а модель АП в ЭА - представлена в виде древовидной структуры - объектов (строк и столбцов). Одной из основных задач для поддержки принятия управленческих решений является максимально оперативное извлечение необходимой информации из ЭА СЭД.

Таким образом, на основе анализа основных АП, систем моделирования и практики применения этих систем можно сделать вывод о том, что невозможно с помощью одной графической нотации во всей полноте представить все аспекты деятельности организации, интересующие различные группы пользователей. Поэтому трудно решить проблему моделирования, используя конкретную графическую нотацию или конкретную существующую методологию, поскольку требования различных групп пользователей сильно отличаются друг от друга, а каждая конкретная методология имеет свою сферу эффективного применения. В этой ситуации возникают новые задачи, построенные на следующих принципах:

- вместо конкретной методологии ориентироваться на применение открытой развивающейся методологии, включающей в качестве минимального ядра уже очевидные решения по построению моделей деятельности предприятия, эффективность и необходимость которых признается на настоящий момент и на перспективу, а также систему работы (метаметодологию) по развитию методологии моделирования;
- системное накопление требований со стороны ИТ-разработчиков;
- системное накопление требований по сопряжению решений с стандартами ИТ и "универсальными" языками моделирования, а также известными эффективными системами моделирования;
- отбор приоритетных требований, развитие системы моделирования под приоритетные требования;
- создание и пошаговое развитие программного ядра системы моделирования предприятия.

Список литературы

1. Trends in Enterprise Architecture 2005: How are Organizations Progressing? IFEAD Report of the Third Measurement, December 2005. – 245 p.
2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 512 с.
3. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Проблемы системологии: проблемы теории сложных систем. – М.: Сов. радио, 1976. – 296 с.
4. Янг С. Системное управление организацией. – М.: Сов. радио, 1972. – 254 с.
5. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

6. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
7. Никаноров С.П. Совершенствование, создание и развитие организаций на основе теории систем // Системное управление - проблемы и решения. – М.: Концепт. - 2001. - № 12. – С. 51 - 61.
8. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 288 с.
9. Hay D.C. Requirements Analysis: From Business Views to Architecture. Prentice Hall, 2003. – 496 p.
10. Zachman J. A Framework for Information System Architecture // IBM System Journal. - 1987. - № 3. - P. 276 - 292.
11. Sowa J. F., Zachman J. A. Extending and formalizing the framework for information systems architecture // IBM Systems Journal. - 1992. - № 31 (3). – P. 48 - 55.
12. Zachman J. Enterprise Architecture: The Past and The Future // DM Direct. - 2000. - № 4. – P. 34 - 39.
13. Меллинг У. Корпоративные информационные архитектуры: и все-таки они меняются // СУБД. – 1995. - № 2. – С. 23 - 26.
14. Полукеев О., Коваль Д. Моделирование бизнеса и архитектура информационной системы // СУБД. – 1995. - № 4. – С. 30 - 33.
15. Williams T. J. PERA and GERAM – Enterprise Reference Architecture for Enterprise Integration. - Mode of access: http://www.ecn.purdue.edu/IIES/PLAIC/PERA-GERAM_10-98.pdf
16. Scheer A. Handbuch Informations management. Weisbaden: Gabler Verlag, 1993. – 368 p.
17. Gabryelczyk R., Lasek M. Architektury zintegrowanych systemow informacyjnych przedsiebiorstw // Informatyka. - 1999. - № 1. – P. 48 - 53.
18. Chen D., Vallespir B. and Doumeingts G. GRAI integrated methodology and its mapping onto generic enterprise reference architecture and methodology // Computers in Industry. - 1997. - № 33. – P. 387 - 394.
19. Doumeingts G., Vallespir B., and Chen D. Methodologies for designing CIM systems: A survey. – 1995. - № 25. – P. 263 - 280.
20. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 264 с.
21. Зиндер Е. "3D-предприятие" - модель трансформирующейся системы // Директор ИС, 2000. - №4. - Режим доступа: <http://opensystems.ru/cw/cio/2000/04/019.htm>.
22. Калянов Г. Методы и инструменты моделирования архитектуры предприятия // Проблемы теории и практики управления. - 2006. - № 5. – С. 79 - 91.
23. Панкова Л.А., Пронина В.А. Способы создания универсального инструментария для компьютерного моделирования // Проблемы управления. – 2006. - № 6. – С. 2 - 5.
24. Каменнова М., Громов А., Ферাপонтов М., Шматалюк А. Моделирование бизнеса. Методология ARIS: Практическое руководство. - М.: Весть-МетаТехнология, 2001. - 327 с.

25. Дроздов А., Коптелов А. Использование средств описания процессов при внедрении корпоративных информационных систем // Проблемы теории и практики управления. – 2006. - № 10. – С. 54 - 70.
26. "Orgware" - новый класс программ для управления организацией. - Режим доступа: http://www.big.spb.ru/bigmaster/basic_concepts/orgware_orgmanagement.shtml
27. Базаров Р. Конструктивная композиция // СIO. – 2006. - №3. - Режим доступа: <http://www.cio-world.ru/258646/>
28. Батоврин В.К., Зиндер Е.З. Результаты и перспективы "тихой революции" архитектуры предприятия и сервисного подхода // V Международная практическая конференция "Стандарты в проектах современных информационных систем 2006". - Режим доступа: http://www.fostas.ru/library/batovrin_zinder_2006.doc
29. E-Gov Enterprise Architecture Guidance (Common Reference Model). Draft – Version 2.0, FEA Working Group, 25 July 2002. – 374 p.
30. e-GIF. Technical Standard Catalogue. Version 6.1, 11 November 2004. - Mode of access: <http://www.govtalk.gov.uk>
31. Standards and Architecture for e-government Applications. SAGA. Version 2.0. KBSt Publication Series ISSN 0179-7263, Vol. 59, December 2003. – 286 p.
32. U.S. General Accounting Office, Information Technology: Enterprise Architecture Use across the Federal Government Can Be Improved, GAO-02-6 (Washington, D.C.: Feb. 19, 2002). - Mode of access: <http://library.infosoc.ru/texts/000049.pdf>
33. Local Government Association. The Local Government Information Architecture. First Discussion Sketch Draft. Version 0.4 Exposure Draft. October 2003. - Mode of access: <http://www.noie.gov.au/projects/egovernment/index.htm>
34. A Practical Guide to Federal Enterprise Architecture Chief Information Officer Council. Version 1.0, February 2001. - Mode of access: <http://library.infosoc.ru/texts/000052.pdf>
35. DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 1.0. Desk book. 30 August 2003. – 442 p.
36. NATO C3 Technical Architecture, version 5.1, v.1-v.5. ISSC NATO Open Systems Working Group. March 2004. – 536 p.
37. OASIS Reference Model for Service Oriented Architecture. Committee Draft 1.0, 7 February 2006. – 252 p.
38. Прозоров А. ИТ-инструментарий корпоративного управления // Директор ИС. - 2006. - № 11. - Режим доступа: <http://www.osp.ru/cio/2006/11/3643327/>
39. Попов В.А., Котляров А.В. Метод построения интегрированной системы управления предприятием на основе принципов непрерывного улучшения бизнес-процессов // Авіаційно-космічна техніка і технологія. - 2003. - № 2 (37). - С. 144 - 151.
40. Котляров А.В. Основные принципы построения системы управления информационными технологиями на основе оптимизации информационных процессов // Сб. науч. ст. ведущих специалистов, соискателей ученых степеней и аспирантов ОАО "АО НИИРИ". - Харьков, 2005. - 80 с. (Препр. / НКАУ. ОАО "АО НИИРИ"; 67-74)
41. Котляров А.В., Попов В.А. Анализ процесса проектирования и внедрения корпоративной информационной системы управления // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. - 2006. - № 2 (14). - С. 73 - 82.

База конструкторсько-технологічних знань як об'єкт інтелектуальної власності

Національний аерокосмічний університет ім.М. Є. Жуковського «ХАІ»

Інерційність застарілої структури господарського комплексу, низька конкурентоспроможність вітчизняної продукції, обмеженість традиційних ресурсів для економічного зростання України об'єктивно вимагають інтенсивного застосування усіх видів інтелектуального продукту виробничого призначення як такого ресурсу, використання якого своїм наслідком має багаторазове перевищення економії ресурсів у порівнянні із витратами виробництва інтелектуального продукту. Галузі, де продукуються знання, інформаційні й технологічні продукти, слід розглядати як визначальний сектор економіки, як принципово новий ресурс економічного зростання у світовому масштабі. Сьогодні науково-інформаційні витрати як витрати праці та капіталу стають, по суті, основним масштабним фактором економічного зростання і в кількісному аспекті, і насамперед, в якісному. Постійне зростання попиту на продукти інтелектуального виробництва, як основи інноваційного напрямку розвитку виробництва, загострило увагу вчених до дослідження об'єктів інтелектуальної власності.

Мета статті

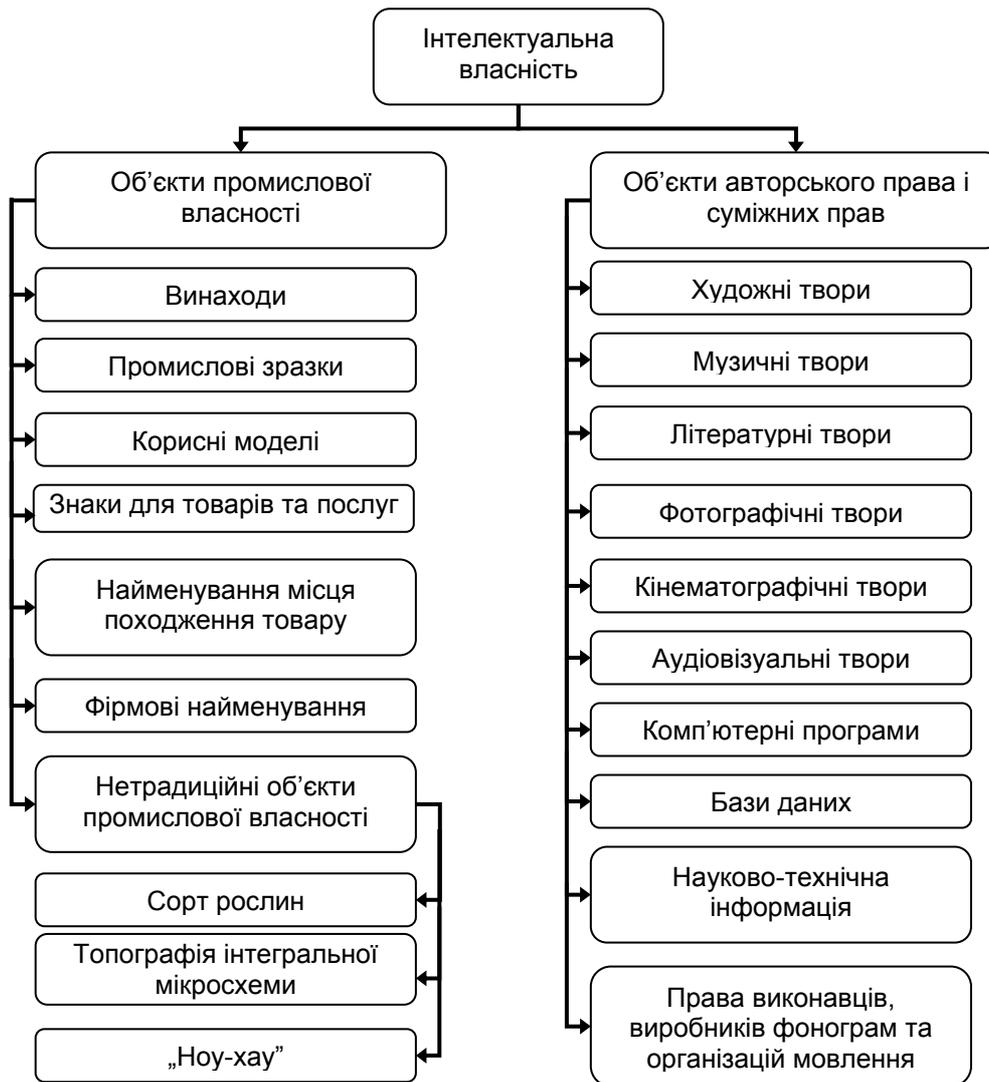
В статті розглянуто класифікацію об'єктів інтелектуальної власності в Україні та роль конструкторсько-технологічних баз знань як об'єктів інтелектуальної власності в посиленні конкурентоспроможності підприємств і необхідність їх захисту. Розглянуто методичні підходи до оцінки вартості баз конструкторсько-технологічних знань як об'єктів інтелектуальної власності.

Класифікація об'єктів інтелектуальної власності

Існує декілька класифікацій об'єктів інтелектуальної власності, кожна з яких відображає покладені в її основу критерії та мету. Об'єкти інтелектуальної власності у вітчизняному законодавстві поділяють на об'єкти авторського права і суміжних прав, об'єкти промислової власності і нетрадиційні об'єкти інтелектуальної власності [1] (рисунок).

В Україні діє закон „Про авторське право і суміжні права” від 23.12.1993 р., до сфери дії якого відносяться такі об'єкти інтелектуальної власності, як комп'ютерні програми та бази даних. Згідно із цим законом поняття таких об'єктів інтелектуальної власності, як комп'ютерна програма та база даних, визначають таким чином:

- «база даних (компіляція даних) — сукупність творів, даних або будь-якої іншої незалежної інформації у довільній формі, в тому числі — електронній, підбір і розташування складових частин якої та її упорядкування є результатом творчої праці, і складові частини якої є доступними індивідуально і можуть бути знайдені за допомогою спеціальної пошукової системи на основі електронних засобів (комп'ютера) чи інших засобів»;



Класифікація об'єктів інтелектуальної власності

- «комп'ютерна програма — набір інструкцій у вигляді слів, цифр, кодів, схем, символів чи у будь-якому іншому вигляді, виражених у формі, придатній для зчитування комп'ютером, які приводять його у дію для досягнення певної мети або результату (це поняття охоплює як операційну систему, так і прикладну програму, виражені у вихідному або об'єктному кодах)»[2].

Таким чином, Закон України „Про авторське право і суміжні права” не виділяє бази знань як окремий об'єкт інтелектуальної власності. Згідно знаведенимвише визначенням до комп'ютерної програми можна віднести експертну систему (інтелектуальну систему), у складі якої використовується база знань. Але між базою даних і базою конструкторсько-технологічних знань є різниця в плані визначення, наведеного в Законі. Безумовно, база знань є сукупність інформації, її упорядкування і створення є результатом творчої праці, проте розглянемо визначення бази знань і бази даних.

Розробка і використання систем гнучкого автоматизованого проектування технологічних процесів з елементами штучного інтелекту припускає створення конструкторсько-технологічної бази знань підприємства з використанням нечітких експертних правил. База конструкторсько - технологічних знань (БКТЗ)

підприємства є набором модулів знань, який поповнюється в процесі експлуатації системи.

Подання знань і розробка систем, основаних на знаннях (knowledge-based systems), - це основний напрям в області вивчення штучного інтелекту. Він пов'язаний з розробкою моделей подання знань, зі створенням баз знань, що складають ядро експертних систем, останнім часом він включає в себе моделі та методи отримання й структуризації знань і зливається з інженерією знань.

При вивченні інтелектуальних систем традиційно виникає запитання - що ж таке знання і чим вони відрізняються від звичайних даних, десятиліттями оброблюваних ЕОМ. Можна запропонувати декілька робочих визначень, в урамках яких це стає очевидним [3].

Дані - це окремі факти, що характеризують об'єкти, процеси і явища предметної області, а також їх властивості. При обробці на ЕОМ дані трансформуються, умовно проходячи такі етапи:

- D1 - дані як результат вимірювань і спостережень;
- D2 - дані на матеріальних носіях інформації (таблиці, протоколи, довідники);
- D3 - моделі (структури) даних у вигляді діаграм, графіків, функцій;
- D4 - дані в комп'ютері на мові опису даних;
- D5 - бази даних на машинних носіях інформації.

Знання основані на даних, отриманих емпіричним шляхом. Вони є результатом розумової діяльності людини, спрямованої на узагальнення її досвіду, отриманого в результаті практичної діяльності.

Знання - це закономірності предметної області (принципи, зв'язки, закони), що отримані в результаті практичної діяльності і професійного досвіду, дозволяють фахівцям ставити і вирішувати задачі в цій області [3].

При обробці на ЕОМ знання трансформуються аналогічно даним:

- Z1 - знання в пам'яті людини як результат мислення;
- Z2 - матеріальні носії знань (підручники, методична допомога);
- Z3 - поле знань - умовний опис основних об'єктів предметної області, їх атрибутів і закономірностей, що їх пов'язують;
- Z4 - знання, описані на мовах подання знань (продукційні мови, семантичні мережі, фрейми);
- Z5 - база знань на машинних носіях інформації.

Часто використовують таке визначення знань: «Знання - це добре структуровані дані, або дані про дані, або метадані»[3].

• Для зберігання даних застосовують бази даних (для них характерні великий обсяг і відносно невелика питома вартість інформації), для зберігання знань - бази знань (невеликого обсягу, але виключно дорогі інформаційні масиви). База знань - основа будь-якої інтелектуальної системи.

Проблема авторства БКТЗ

Згідно зі статтею 16 «Авторське право на службові твори» закону України „Про авторське право і суміжні права”:

1. Авторське особисте немайнове право на службовий твір належить його автору.

2. Виключне майнове право на службовий твір належить роботодавцю, якщо інше не передбачено трудовим договором (контрактом) та (або) цивільно-правовим договором між автором і роботодавцем.

3. За створення і використання службового твору автору належить авторська винагорода, розмір і порядок виплати якої встановлюються трудовим договором (контрактом) та (або) цивільно-правовим договором між автором і роботодавцем [2].

Труднощі у вирішенні проблеми авторства в області створення БКТЗ визначаються таким:

- багатетапністю створення БКТЗ;
- багатокомпонентністю БКТЗ ;
- різним характером внеску учасників (організаторський, творчий, технічний);
- впровадженням методів організації праці типу хірургічної бригади, коли БКТЗ вважається колективним надбанням;
- чисельністю і плінністю колективів розробників.

Авторські права розробників мають враховуватися як зверху (від амбіції осіб, що здійснюють чисте адміністративне керівництво), так і знизу (від учасників проекту, що виконували нетворчі функції, але що претендують на більше).

"Нетворчі" учасники створення БКТЗ в цій ситуації достатньо винагороджуються заробітною платою і реальними умовами для швидкого зростання професійної кваліфікації.

Проблеми супроводу БКТЗ

Під поняттям супроводу будемо розуміти комплекс наданих споживачеві послуг у максимальному варіанті, що включає:

- навчання користувача;
- установку системи, налаштованої (згенерованої) на його параметри, конфігурацію і режими роботи обчислювальної машини;
- участь в дослідній експлуатації;
- збір інформації про помилки і додатково виявлені обмеження на застосування БКТЗ;
- виправлення помилок і виконання дрібних доопрацювань;
- розсилка повідомлень про зміни і змінені частини БКТЗ;
- вдосконалення .

Обмежені штатна чисельність і фінансові можливості підприємств не дозволяють їм мати фахівців, здатних забезпечити усунення помилок (окрім найочевидніших) у широкому спектрі і тим більше - розвитку згаданих виробів. Кваліфіковано це може зробити тільки автор. Як правило, автори мають стабільні наукові інтереси і готові вести авторський супровід, який є для них корисним зворотним зв'язком, джерелом нових задач та ідей. Оскільки робота, пов'язана із супроводом БКТЗ, вимагає машинного часу і відповідних носіїв інформації, підприємство має укладати договір на супровід з організацією-розробником, яка, у свою чергу, залучає до нього авторів. Необхідно, щоб плата за супровід (за вирахуванням оплати послуг організації) розподілялася між розробниками пропорційно їх КТУ, але не фактично виконаному обсягу робіт щодо супроводу, інакше у виграшному становищі опиняться виконавці, що допустили найбільше число помилок. Додаткові труднощі виникають при платі за супровід частини БКТЗ особою, що не брала участі в її розробці.

Серйозніші доопрацювання, які істотно розширюють можливості БКТЗ, слід оплачувати за додатковим трудовим внеском їх авторів.

Методичні підходи до оцінки вартості баз конструкторсько-технологічних знань як об'єктів інтелектуальної власності

Використання інтелектуальної власності як нематеріальних активів у господарській діяльності підприємства дає змогу:

- документально підтверджувати довгострокові майнові права за допомогою обліку їх на балансі підприємства, а отже створювати відповідні форми амортизаційних відрахувань;
- отримувати додаткові прибутки від передачі прав на використання БКТЗ як об'єктів інтелектуальної власності, а також регулювати ціни на інноваційну продукцію підприємства [8].

Крім того, інтелектуальну власність можна вносити до статутного капіталу замість майна, грошей та інших матеріальних цінностей.

Протягом багатьох років розроблялися і апробувалися різні методології оцінки об'єктів інтелектуальної власності, що використовуються як у США, так і в Європі. Один із найточніших методів ґрунтується на тому, що вартість активів може бути визначена шляхом порівняння угод відносно інтелектуальної власності. Для оцінки інтелектуальної власності існують методології, які іноді використовуються в комбінації [5,6].

В цей час існує декілька класифікацій таких методологій. Деякі економісти виділяють найбільш відомі десять підходів: ринковий, доходний, витратний, аукціонний, ставка мінімальної доходності, метод технологічного чинника, підходи, що базуються на заміщенні/відновленні об'єкта оцінки і на визначенні ліквідаційної вартості [7]. Увагу потрібно звернути на класифікацію, яка отримала найбільше поширення і за якою всі методи об'єднані в три підходи (групи):

1. Витратний підхід.
2. Доходний підхід.
3. Ринковий підхід.

У рамках роботи з оцінювання БКТЗ як об'єктів інтелектуальної власності потрібно починати з визначення попередньої вартості даного об'єкта. В цій ситуації оцінка проводиться виходячи із витрат, необхідних для створення, правову охорону, виробництво дослідних зразків, доведення до комерційного використання. Обґрунтованість застосування даного підходу зумовлена значними витратами на розробку і доведення БКТЗ як об'єктів інтелектуальної власності до комерційного використання.

Витратний підхід включає в себе такі основні методи:

- визначення початкових витрат;
- вартості заміщення;
- відновної вартості.

Метод визначення початкових витрат базується на фактично здійснених витратах згідно з бухгалтерською звітністю підприємства за останній період. Таку вартість інтелектуальної власності прийнято називати історичною. В таблиці наведені статті витрат на створення БКТЗ у розрізі статей собівартості за період її створення та доведення до комерційного використання.

Таблиця обліку витрат на створення об'єкта інтелектуальної власності - БКТЗ за статтями собівартості за період її розробки та доведення до комерційного використання

№ п/п	Найменування етапів робіт з розробки БКТЗ - об'єкту інтелектуальної власності	Найменування статей собівартості кожного виду витрат								Разом за статтями витрат	% від загальних витрат за період	% до обсягу продажів за період
		Сировина і матеріали	Зарплата	Утримання, експлуатац. обладн.	Утримання приміщень	Допоміжні матеріали	Відрядження	Зв'язок (тел., Інтернет)	Зовнішні послуги (за угодами)			
1	...											

У разі необхідності раніше здійснені витрати слід коригувати в потрібному напрямі та проіндексовувати з урахуванням терміну їх давності. Такий метод ще називається методом приведених витрат. При використанні цього методу в економічній літературі рекомендується узагальнена формула поточної вартості об'єкта оцінки [8]

$$PV_{\text{пр.витр}} = \sum (R_i K_{\text{пр}}),$$

де $PV_{\text{пр.витр}}$ - вартість об'єкта оцінки за методом приведених витрат;

R_i - витрати на створення об'єкта (БКТЗ), що оцінюється, на дату їх здійснення;

$K_{\text{пр}}$ - коефіцієнт приведення, що враховує зміну вартості грошей у часі та інфляцію за період з дати здійснення витрат до дати оцінки [4].

Деякі оцінювачі інтелектуальної власності стверджують, що немає підстав вірити в те, що витрати на дослідження і розвиток відносяться до майбутньої оцінки технології через прибуток і що витратний підхід ігнорує майстерність розробників [8]. Використовуючи витрати на дослідження і розвиток, як чинник при оцінюванні, неможливо врахувати ефективність чи відсутність ефекту у дослідників, патентовласника і конкурента. В економічній літературі звертається увага також на те, що понесені витрати на дослідження і розробку не адекватні ціні технології, але в певних випадках можуть теоретично відноситись до мінімальної ціни, що допускається при проведенні переговорів про підведення підсумків науково-технічної діяльності.

Отримання знань (knowledge acquisition) в якій-небудь предметній області є передача потенційного досвіду вирішення проблеми від деякого джерела знань і перетворення його у вигляд, який дозволяє використовувати ці знання в програмі. Передача знань виконується в процесі достатньо тривалих співбесід між інженером із знань і експертом у предметній області (експертом-технологом), здатним достатньо чітко сформулювати досвід, що є у нього. Продуктивність такого процесу досить низька, а собівартість висока у зв'язку з витратами на зарплату висококваліфікованих фахівців - технологів, програмістів, тому функція отримання конструкторсько-технологічних знань є одним із головних «вузьких місць» при розробці і використанні систем гнучкого автоматизованого проектування технологічних процесів (ТП) і створенні конструкторсько-технологічної бази знань підприємства з використанням нечітких експертних правил. Незадовільні результати такого підходу в багатьох предметних областях привели до необхідності автоматизації процесу передачі знань фахівцем машині і

появі автоматизованого отримання знань (automated knowledge elicitation). Даний метод дозволяє прискорити процес створення бази знань підприємства, використовувати статистичну інформацію, що є на підприємстві для обчислення значень функцій належності.

Використання алгоритмів автоматизованого отримання конструкторсько-технологічних знань дозволяє зменшити витрати на заробітну плату експертів-технологів та фахівців з інженерії знань та прискорити процес створення БКТЗ, підвищити економічний ефект від впровадження систем з БКТЗ.

Висновки

1. Охорона авторського права як інтелектуальної власності припускає відповідність програмного продукту його цільовому призначенню (автоматизації певних робіт), а отже і критерію працездатності.
2. Розробка і доведення БКТЗ як об'єктів інтелектуальної власності до комерційного використання вимагає значних витрат. Оцінку вартості БКТЗ як об'єкта інтелектуальної власності підприємства доцільно провести шляхом визначення початкових витрат, що базується на фактично здійснених витратах згідно з бухгалтерською звітністю підприємства за останній період, але такий підхід ігнорує майстерність розробників.
3. Використання алгоритмів для автоматизованого здобуття конструкторсько-технологічних знань, генерації нечітких експертних правил дозволяє скоротити витрати на створення об'єкту інтелектуальної власності - БКТЗ, дозволяє використовувати статистичну інформацію, що є на підприємстві, прискорити процес створення БКТЗ.
4. Надалі доцільно провести порівняльну оцінку вартості створення БКТЗ з використанням алгоритмів автоматизованого здобуття знань у порівнянні з діалоговими методами здобуття знань при створенні БКТЗ підприємства.

Список літератури

1. Мікульонюк І.О. Основи інтелектуальної власності. - К.: Політехніка НТУУ "КПІ", 2005. - 230 с.
2. Закон України «Про авторське право і суміжні права» // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1994. – № 13. – Ст. 64.
3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем.- СПб: Питер, 2000.-384 с.
4. Ковальчук Т.Г. Особливості реалізації інтелектуальної власності в економіці України: Дис. канд. екон. наук: 08.01.01. -К., 2003.-207 с.
5. Козырев А.Н. Оценка интеллектуальной собственности. - М.: Экспертное бюро. - 1997. – 289 с.
6. Інтелектуальна власність в Україні; правові засади та практика. -Наук.-практ. Вид.: 4 т. / За заг. ред. О.Д. Святоцького. - Т.4: Оцінка інтелектуальної власності., Бухгалтерський облік та оподаткування / О.Б. Бутнік-Сіверський, О.П. Гавриленко, С.О. Довгий та ін.; За ред. О.Б. Бутніка-Сіверського, О.Д. Святоцького. - К.: Видавничий Дім "Ін Юре". -1999. -352 с.
7. Санников А. Интеллектуальные активы: Идентификация, оценка, управление // Интеллектуальная собственность. - 2000. - №5. - С. 40 -44.
8. Новосельцев О. Аудит интеллектуальной собственности // Интеллектуальная собственность. - 1994. -№11-12. - С. 3 -4.

Рецензія
на монографію ФУРАШЕВА В.М. “Нормативно-правові засади системної інформатизації інформаційно-аналітичного забезпечення здійснення процедур виборчих і референдумних процедур”

Актуальність представленої до рецензії монографії “Нормативно-правові засади системної інформатизації інформаційно-аналітичного забезпечення здійснення процедур виборчих і референдумних процедур” не викликає сумніву.

Події, які відбувалися під час виборчих перегонів по виборах Президента України у 2006 році, по виборах народних депутатів України у 2006 році зайвий раз підтверджують цю актуальність.

Не так вже і багато подій у суспільному житті, які напряду впливають на спрямованість і динаміку конкретного суспільства, а також ще й здійснюють, без перебільшення, визначений вплив на геополітику світу. Необхідно визначити, що у будь-якої країни світу, в тому числі і в Україні, виборчі і референдумні процеси відносяться саме до цієї категорії суспільних подій.

Саме тому необхідно визначити справедливості піднятого автором питання, щодо статусу застосування засобів системної інформатизації у виборчих і референдумних процесах.

З моменту створення Центральної виборчої комісії наприкінці 1997 року і до цього часу при здійсненні окремих процедур виборчих і референдумних процедур на національному рівні постійно і з позитивним градієнтом росту застосовувалися засоби автоматизації. Але виникає питання – якій статус застосування цих засобів?, хто і як визначає перспективу їх розвитку?, за якими правилами визначається фінансування цих робіт? та низка інших питань.

З огляду практичне здійснення відповідних процедур у сфері, яку розглядає автор, можна зробити єдиний висновок - наразі створення і розвиток відповідних інформаційно-аналітичних систем здійснюється виключно за ініціативою та замовленням Центральної виборчої комісії, використовується виключно в інтересах виборчих і референдумних компаній національного рівня, тобто носить яскраво виражений “галузевий” характер.

Неможливо не погодитися з автором у твердженні, що вибори і референдуми національного і місцевого рівнів мають тенденцію до уніфікації і стандартизації здійснення відповідних процедур процесів підготовки і проведення цих процесів, тобто, країна неухильно наближається до розробки і впровадження Виборчого кодексу.

З огляду на вище викладене та з огляду на тенденції розмежування у часі проведення національних і місцевих виборів, постає у вісь ріст питання статусу застосування засобів системної інформатизації у виборчих і референдумних процесах.

Автор у своїй роботі вперше з юридичних позицій досить чітко і обґрунтував, і надав конкретні пропозиції щодо необхідності надання статусу “державний” застосуванню засобів системної інформатизації у виборчих і референдумних

процесах у вигляді проектів Закону України “Про Єдину Державну інформаційно-аналітичну систему “Вибори” та “Концепції створення і розвитку Єдиної Державної інформаційно-аналітичної системи “Вибори”.

Необхідно зауважити, що запропоновані проекти зазначених документів, з юридичної точки зору, побудовані досить грамотно і справа законодавця щодо корегування їх, тим більш, що дана монографія стала основою проекту Закону України “Про Єдину Державну інформаційно-аналітичну систему “Вибори” та проекту Постанови Верховної Ради України “Про Концепцію Єдиної Державної інформаційно-аналітичної системи “Вибори”, які були зареєстровані 23 січня 2007 року під реєстр. номерами 3027 та 3026 відповідно.

Директор Науково-дослідного центру
правової інформатики Академії правових наук України,
член-кореспондент Академії правових наук України,
доктор економічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України

М.Я. ШВЕЦЬ

Рефераты

УДК 629.7.01

Метод исследования характеристик локального НДС при растяжении пластины с отверстием, заполненной втулкой с радиальным натягом /Д.С.Кива, Е.Т. Василевский, А.Г. Гребеников, С.П. Светличный// Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии.– Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 5 – 19.

Разработан метод оценки локального НДС пластины с отверстием, заполненной втулкой с радиальным натягом, по изменению максимальных напряжений, деформаций и удельной энергии деформирования эквивалентного отнулевого цикла с учетом истории нагружения и упругопластического поведения материала пластины.

Ил. 15. Библиогр.: 9 назв.

Розроблено метод оцінки локального НДС пластини з отвором, заповненням втулкою з радіальним натягом, щодо змінювання максимальних напружень, деформацій та удільної енергії деформування еквівалентного вид нульового циклу з урахуванням історії навантаження і пружнопластичного матеріалу пластини.

Іл. 15. Бібліогр.: 9 назв

УДК 629.735.33.018.7.016

Компьютерная поддержка процесса определения летно-технических характеристик самолета. Часть 6. / А. Н. Нарожный // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. Вып. 34. – С. 20 –28.

Приведены некоторые оценки рассматриваемого подхода с указанием недостатков и открытых проблем. По итогам исследований выделены основные элементы, которые могут быть использованы в процессе построения рациональной технологии подготовки и проведения летных испытаний самолета в части определения его летно-технических характеристик.

Ил. 4. Библиогр.: 6 назв.

Наведено деякі оцінки підходу, що розглядається, із зазначенням недоліків і відкритих проблем. За результатами досліджень виділено основні елементи, які можуть бути використані в процесі побудови раціональної технології підготовки і проведення льотних випробувань літака при визначенні його льотно-технічних характеристик.

Іл. 4. Бібліогр.: 6 назв

УДК 629.735.33.027.2

Внезапная разгерметизация отсека внутри фюзеляжа / В.Д. Доник, А.З. Двейрин, С.А. Воропаев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 29 – 35.

Проведены экспериментальные модельные исследования и анализ влияния объемов отсека на газодинамические процессы при внезапной разгерметизации отсека внутри сосуда. Впервые изучены закономерности образования, распространения и затухания колебаний давления газа в отсеках.

Ил. 4. Библиогр.: 10 назв.

Проведено експериментальні модельні дослідження й аналіз впливу обсягів відсіку на газодинамічні процеси при раптовій розгерметизації відсіку всередині посудини. Уперше вивчено закономірності утворення, поширення і загасання коливальних тиску газу у відсіках.

Іл. 4. Бібліогр.: 10 назв

УДК 629.735.33

Надежность сборных конструкций летательных аппаратов, спроектированных по нормированным значениям коэффициента безопасности / Л.А. Малашенко, Е.С. Никоненко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 36 – 41.

Разработан метод расчета надежности (вероятности безотказной работы) сборных конструкций летательных аппаратов, спроектированных по нормативному коэффициенту безопасности. Показано, что нормативные методы проектирования приводят к существенным отличиям вероятности безотказной работы в зависимости от реальных характеристик распределения геометрических размеров элементов, свойств материала, эксплуатационных нагрузок.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

Розроблено метод розрахунку надійності (ймовірності безвідмовної роботи) збірних конструкцій літальних апаратів, спроектованих за нормативним коефіцієнтом безпеки. Показано, що нормативні методи проектування приводять до істотних відмінностей імовірності безвідмовної роботи залежно від реальних характеристик розподілу геометричних розмірів елементів, властивостей матеріалу, експлуатаційних навантажень.

Іл. 1. Бібліогр.: 3 назви

УДК 629.7.072

Интерактивный программный комплекс для обучения и повышения уровня профессиональной подготовки авиационных экипажей вертолетов МИ-8 МТВ / А.И. Моцарь // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 42 –47.

Рассмотрены методологические и технические аспекты создания интерактивного автоматизированного программного комплекса, предназначенного для обучения и повышения уровня профессиональных знаний и умений экипажей вертолетов Ми-8 МТВ.

Ил. 5. Библиогр.: 8 назв.

Розглянуто методологічні та технічні аспекти створення інтерактивного автоматизованого програмного комплексу, призначеного для навчання і підвищення рівня професійних знань і умінь екіпажів вертольотів Мі-8 МТВ.

Іл. 5. Бібліогр.: 8 назв

УДК. 629.7.015:533.5

Комфорт пассажиров самолетов общей авиации в условиях турбулентности / О. О. Кім // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 48 – 53.

Розглянуто комплексну задачу стосовно вибору характеристик літака загальної авіації, що летить з невеликою швидкістю, з метою підвищення комфорту пасажирів під час польоту в умовах турбулентності атмосфери або вертикальних поривів вітру. Як модель використано систему диференціальних рівнянь першого порядку, що описує повздовжній рух літака у неспокійній атмосфері з використанням системи безпосереднього керування підйомною силою і сприйняття організмом людини акселераційних навантажень.

Іл. 10. Бібліогр.: 7 назв

Рассмотрена комплексная задача относительно выбора характеристик самолета общей авиации, который летит с небольшой скоростью, с целью повышения комфорта пассажиров во время полета в условиях турбулентности атмосферы или вертикальных порывов ветра. В качестве модели использована система дифференциальных уравнений первого порядка, которая описывает продольное движение самолета в неспокойной атмосфере с использованием системы непосредственного управления подъемной силой и восприятие организмом человека акселерационных нагрузок.

Ил. 10. Библиогр.: 7 назв.

УДК 533.6.011

Проектирование и модификация геометрии аэродинамических профилей / Т.Э. Пашинский // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 54 – 59.

Рассмотрен вопрос о проектировании и модификации геометрии аэродинамических профилей с применением вычислительной техники. Приведена программа проектирования и модификации геометрии профиля

Ил. 6. Библиогр.: 4 назв.

Розглянуто питання про проектування та модифікацію геометрії аеродинамічних профілів з використанням обчислювальної техніки. Наведено програму проектування та модифікації поверхні профіля.

Іл. 6. Бібліогр.: 4 назви

УДК 629.735.33

Проектирование срезных болтовых соединений элементов самолетных конструкций из титанового сплава ВТ6 с учетом усталостной долговечности / А.Г. Гребеников, В.Н. Клименко, А.Ю. Ефремов, С. В. Трубаев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 60 – 70.

Разработана методика проектирования срезных болтовых соединений из титанового сплава ВТ6, позволяющая выбрать геометрические параметры срезного болтового соединения заданной усталостной долговечности, учесть влияние технологических методов повышения усталостной долговечности соединений при их проектировании.

Ил. 5. Библиогр.: 17 назв.

Розроблено методику проектування зрізних болтових з'єднань з титанового сплаву ВТ6, що дозволяє вибрати геометричні параметри зрізного болтового з'єднання заданої втомної довговічності, врахувати вплив технологічних методів підвищення втомної довговічності з'єднань при їх проектуванні.

Іл. 5. Бібліогр.: 17 назв

УДК 621.735

Определение экономической эффективности внедрения разработки пневмоимпульсного устройства дорнования / Я.В. Сафронов, Ю.А. Воробьев, В.В. Воронько // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 71 – 79.

Определен экономический эффект от внедрения пневмоимпульсного устройства дорнования ПИУД-90 на основании комплексного показателя эффективности на уровне экспертных оценок; показано, что относительная эффективность ПИУД-90 по сравнению с магнитно-импульсным устройством дорнования МИУ-П1 составляет 23%, а по сравнению с машиной для постановки болтов МБЗ-1,5 – 30,6%

Библиогр.: 10 назв.

Визначено економічний ефект від упровадження пневмоімпульсного пристрою дорнування ПИУД-90 на підставі комплексного показника ефективності на рівні експертних оцінок; показано, що відносна ефективність ПИУД-90 порівняно з магнітно-імпульсним пристроєм дорнування МИУ-П1 становить 23%, в порівняно з машиною для постановки болтів МБЗ-1,5 – 30,6%.

Бібліогр.: 10 назв

УДК 629.3

Особенности расчета установки оборудования с использованием амортизаторов / В.В. Мерзлюк, И. А. Нитка, И.Н. Семенчук// Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 80 – 86.

Предложен инженерный подход к расчету рам крепления оборудования, устанавливаемого при помощи амортизаторов, основанный на итерационном методе. Приведены зависимости изменения изгибающего момента от жесткости амортизатора и балки, а также усилий в амортизаторах в зависимости от места расположения амортизатора. Дан пример применения предложенного подхода для решения практической задачи.

Ил. 7. Библиогр.: 5 назв.

Запропоновано інженерний підхід до розрахунку рам кріплення обладнання, яке встановлюється за допомогою амортизаторів, який базується на ітераційному методі. Наведено залежності зміни згинного моменту від жорсткості амортизатора і балки, а також зусиль в амортизаторах залежно від місця розміщення амортизатора. Приведено приклад застосування запропонованого підходу для вирішення практичної задачі.

Іл. 7. Бібліогр.: 5 назв

УДК 007:65.01:629.7

Структура управления машиностроительным предприятием в условиях применения интегрированных информационных технологий / П. О. Науменко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 87 –92.

На основании анализа изменений, вызванных применением компьютерных информационных технологий, дано предложение об изменении структуры управления предприятием на уровне главных специалистов. Предложено ввести в структуру управления предприятием двух главных специалистов: главного электроника, в компетенцию которого входит обслуживание компьютерного и слаботочного оборудования и слаботочных сетей, и главного информатика, в компетенцию которого входят сопровождение программного обеспечения, а также разработка и сопровождение технологических процессов обработки информации.

Ил. 2. Библиогр.: 6 назв.

На підставі аналізу змін, викликаних застосуванням комп'ютерних інформаційних технологій, зроблено пропозицію про зміну структури управління підприємством на рівні головних фахівців. Запропоновано ввести до структури управління підприємством двох головних фахівців: головного електроніка, до компетенції якого входить обслуговування комп'ютерного та слабкострумowego обладнання та слабкострумowych мереж, і головного інформатика, до компетенції якого входять супроводження програмного забезпечення, а також розробка та супроводження технологічних процесів обробки інформації.

Іл. 2. Бібліогр.: 6 назв

УДК 629.764.01

Выбор оптимальных параметров системы стабилизации ракеты-носителя / В.Г. Сухоревый, Е.С. Голубничая // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 93 –101.

Проведена оптимизация параметров системы стабилизации ракеты-носителя по критерию вероятности устойчивости на основе различных критериальных функций. Показано, что данная методика выбора параметров позволяет значительно повысить вероятность устойчивости системы. Осуществлен сравнительный анализ полученных результатов и затраченных ресурсов при выборе оптимальных параметров по различным условиям устойчивости.

Ил. 3. Табл. 4. Библиогр.: 5 назв.

Проведено оптимізацію параметрів системи стабілізації ракети-носія за критерієм імовірності стійкості на базі різних критеріальних функцій. Показано, що ця методика вибору параметрів дозволяє значно підвищити ймовірність стійкості системи. Здійснено порівняльний аналіз отриманих результатів і витрачених ресурсів при виборі оптимальних параметрів за різними умовами стійкості.

Іл. 3. Табл. 4. Бібліогр.: 5 назв

УДК 519.673:539.2

Дискретно-событийное моделирование процесса 2D-кристаллизации / Ю.К. Чернышев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 102 – 109.

Приведен перечень событий, сопровождающих эволюцию системы модельных частиц при специальном виде потенциала парного взаимодействия. Сформулированы правила, по которым изменяются внутренние состояния отдельных частиц при наступлении событий того или иного вида. Представлены результаты применения разработанного алгоритма к системам модельных частиц. Обнаружен эффект возникновения 2D-кристаллов с квадратной элементарной ячейкой. Дан метод оценивания температур фазовых переходов.

Ил. 4. Библиогр.: 11 назв.

Наведено перелік подій, які супроводжують еволюцію системи модельних частинок при спеціальному виді потенціалу парної взаємодії. Сформульовано правила, за якими змінюються внутрішні стани окремих частинок при настанні подій того чи іншого виду. Подано результати застосування розробленого алгоритму до систем модельних частинок. Виявлено ефект виникнення 2D-кристалів з квадратною елементарною коміркою. Дано метод оцінювання температур фазових переходів.

Іл. 4. Бібліогр.: 11 назв

УДК 004.031.43

Обзор и анализ возможностей виртуальных машин как средства обеспечения безопасности функционирования программных средств / Т.В. Василенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 110 – 113.

Проанализована существующая проблема обеспечения функциональной безопасности программного обеспечения критического назначения. Проведен обзор и анализ существующих типов виртуальных машин (VM), их архитектур и свойств. Рассмотрены методы обеспечения отказоустойчивости критических систем, а также возможность применения VM для обеспечения функциональной безопасности программных средств.

Ил. 1. Библиогр.: 6 назв.

Проаналізовано існуючу проблему забезпечення функціональної безпеки програмного забезпечення критичного призначення. Проведено огляд та аналіз існуючих типів віртуальних машин (VM), їхніх архітектур і властивостей. Розглянуто методи забезпечення відмовостійкості критичних систем, а також можливість використання VM для забезпечення функціональної безпеки програмних засобів.

Іл. 1. Бібліогр.: 6 назв

УДК 658.012:519.86

Модели, метод и информационная технология экономического мониторинга наукоемкого высокотехнологичного производства / А.И. Бабушкин, В.М. Вартанян, Д.Д. Узун // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 114 – 126.

Представлено дальнейшее развитие информационной модели описания производственных систем за счет адаптации ее к задачам экономического мониторинга наукоемкого высокотехнологичного производства. На ее основе разработан метод преобразования первичной информации для количественной оценки степени использования основных фондов наукоемкого высокотехнологичного производства по системе показателей комплексного анализа производственно-хозяйственной деятельности, основанный на многоуровневой балансовой модели, позволяющей, в отличие от известных, учитывать любую степень детализации выполнения производственной программы предприятия и осуществлять автоматизированное управление ею, используя наглядную визуализацию результатов с помощью радиально-метрических диаграмм.

Іл. 7. Библиогр.: 2 назв.

показано подальший розвиток інформаційної моделі опису виробничих систем за рахунок адаптації її до задач економічного моніторингу наукоемного високотехнологічного виробництва. На її основі розроблено метод перетворення первинної інформації для кількісної оцінки ступеня використання основних фондів наукоемного високотехнологічного виробництва за системою показників комплексного аналізу виробничо-господарської діяльності, що базується на багаторівневій балансовій моделі, яка, на відміну від відомих, дозволяє враховувати будь-який ступінь деталізації виконання виробничої програми підприємства й здійснювати автоматизоване керування нею з використанням наочної візуалізації результатів за допомогою радіально-метричних діаграм.

Іл. 7. Бібліогр.: 2 назви

УДК 340.6+681.327+681.5.015

О цифровой идентификация личности / Д.В. Ландэ, В.Н. Фурашев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 127 – 135.

Рассмотрены и проанализированы вопросы распространения и практики применения цифровой идентификации личности, основанной, в первую очередь, на биопараметрической информации.

Розглянуто та проаналізовано питання розповсюдження та практики застосування цифрової ідентифікації особистості, яка спирається, в першу чергу, на біопараметричну інформацію.

УДК 621.327

Межкадровое полиадическое кодирование изображений с выявлением серий одинаковых элементов / В.В. Баранник, Н.А. Королева, И.В. Ковтун // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 136 – 139.

Обосновано направление для дополнительного повышения степени сжатия при обработке последовательности кадров изображения. Изложены основные этапы метода сжатия изображений на основе сокращения межкадровой избыточности, обусловленной структурной однородностью фрагментов в соседних кадрах.

Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.

Обґрунтовано напрямком для додаткового підвищення ступеня стиснення при обробці послідовності кадрів зображення. Викладено основні етапи методу стиснення зображень на основі скорочення міжкадрової надмірності, зумовленої структурною однорідністю фрагментів у сусідніх кадрах.

Іл. 2. Бібліогр.: 4 назви

УДК 535.241.13:534

Элементы и устройства функциональной микроэлектроники. Резонаторы на поверхностных акустических волнах: модели базовых структур / П.Ф. Поляков, В.А. Хорунжий, В.Г. Волков, В.П. Поляков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 140 – 150.

Проведен анализ современных и перспективных устройств функциональной микроэлектроники, а именно резонаторов на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Выполнено уточнение моделей базовых структур, основанных на использовании обработки сигналов ПАВ.

Ил. 9. Библиогр.: 10 назв.

Проведено аналіз сучасних і перспективних пристроїв функціональної мікроелектроніки, а саме резонаторів на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ). Виконано уточнення моделей базових структур, оснований на використанні обробки сигналів ПАХ.

Іл. 9. Бібліогр.: 10 назв

УДК 681.5

Моделирование элементов САУ гибридной силовой установки с гидротрансмиссией / С.А. Сериков, Ю.Н. Бороденко, А.А. Дзюбенко, Е.А. Серикова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 151 – 163.

Рассмотрены некоторые приемы нечеткого моделирования в среде MATLAB элементов САУ гибридной силовой установки, включающей в себя газовый двигатель внутреннего сгорания в качестве основного двигателя и гидравлический двигатель в качестве вспомогательного. Подтверждены возможность и эффективность формализации и использования эмпирических знаний и практических навыков специалистов различного профиля при подготовке базы правил нечетких продукций, определяющей законы регулирования.

Ил. 14. Библиогр.: 8 назв.

Розглянуто деякі прийоми нечіткого моделювання в середовищі MATLAB елементів САК гібридної силової установки, що включає газовий двигун внутрішнього згорання як основний двигун і гідравлічний двигун як допоміжний. Підтверджено можливість й ефективність формалізації та використання емпіричних знань і практичних навичок фахівців різного профілю при підготовці бази правил нечітких продукцій, яка визначає закони регулювання.

Іл. 14. Бібліогр.: 8 назв

УДК 658. 8

Многофазная модель контроля качества логистической производственной цепи / Н.Н. Гора, А.В. Попов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 164 –169.

Проведено исследование системы контроля качества производства на основе многофазной модели массового обслуживания. Получены расчетные соотношения для основных параметров двухфазных и многофазных систем контроля, учитывающие современное представление производства в виде логистической цепи «снабжение – производство – сбыт».

Библиогр.: 5 назв.

Проведено дослідження системи контролю якості виробництва на основі багатофазної моделі масового обслуговування. Отримано розрахункові співвідношення для основних параметрів двофазних і багатофазних систем контролю, що враховують сучасне подання виробництва у вигляді логістичного ланцюга «постачання - виробництво - збут».

Бібліогр.: 5 назв

УДК 658. 62

Моделі транспортної логістики для управління територіально розподіленими технологічними комплексами / К.О. Западня, М.П. Кондратенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 170 –176.

Проведено аналіз структур транспортного обслуговування (ТО) розподілених технологічних комплексів (РТК). Отримано аналітичні вирази для підрахунку варіантів структур РТК з використанням теорії перерахування. Побудовано метод планування транспортного обслуговування, оснований на знанняорієнтованому імітаційному моделюванні.

Іл. 2. Бібліогр.: 3 назви

Проведен анализ структур транспортного обслуживания (ТО) распределенных технологических комплексов (РТК). Получены аналитические выражения для подсчета вариантов структур РТК с использованием теории перечисления. Построен метод планирования транспортного обслуживания, который основан на знаниеориентированном имитационном моделировании.

Ил. 2. Библиогр.: 3 назв.

УДК 658.62.001.

Розробка моделі побудови виробничих розкладів на базі компонентної постреляційної інформаційної технології для графових перетворень / С.С. Плохов, О.С. Губка // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 177 – 183.

Наведено інформаційну компонентну технологію розробки моделі виробничих розкладів, яка враховує складний характер автоматизованих виробничих систем і дозволяє найбільш адекватно описати процеси роботи таких систем. Запропонована модель дає можливість будувати розклади роботи як для автоматизованих виробничих систем з постійним портфелем замовлень, так і з портфелем замовлень, що змінюється.

Іл. 1. Бібліогр.: 6 назв

Приведена информационная компонентная технология разработки модели производственных расписаний, которая учитывает сложный характер автоматизированных производственных систем и позволяет наиболее адекватно описать процессы работы таких систем. Предложенная модель дает возможность строить расписания работы как для автоматизированных производственных систем с постоянным портфелем заказов, так и с изменяющимся портфелем заказов.

Ил. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 331.101.1:004.5:004.891

Экспертные системы в эргономике интерфейса ПК / А.П. Собчак, Е.В. Гуржий // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 184 – 188.

Обоснована связь между экспертными системами и эргономикой интерфейса пользователя ПК. На основе иерархического метода классифицированы физические ограничения у людей, предложены решения, которые обеспечивают полноценную работу любого человека в сфере информационных технологий.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

Обґрунтовано зв'язок між експертними системами і ергономікою інтерфейсу користувача ПК. На основі ієрархічного методу класифіковано фізичні обмеження у людей, запропоновано рішення, які забезпечують повноцінну роботу будь-якої людини у сфері інформаційних технологій.

Іл. 1. Бібліогр.: 3 назви

УДК 681.5.017:159.91(043.3)

Перспективы использования эргографии для исследования психофизиологического состояния авиационных операторов / Т.Е. Ударцева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 189 – 192.

Предложен контроль уровня работоспособности авиационных операторов на различных этапах профессиональной деятельности, который позволит качественно улучшить диагностику состояний, связанных с утомлением. Исследованы возможности применения комплексной эргографии для диагностики функционального состояния организма и состояния готовности к деятельности.

Ил. 2. Библиогр.: 8 назв.

Запропоновано контроль рівня працездатності авіаційних операторів на різних етапах професійної діяльності, який дозволить якісно покращити діагностику станів, пов'язаних зі втомою. Досліджено можливості застосування комплексної ергографії для діагностики функціонального стану організму та стану готовності до діяльності.

Іл. 2. Бібліогр.: 8 назв

УДК 623.4.002.8

Технология инерционного способа утилизации авиационных боеприпасов с учетом критерия безопасности / Н. В. Нечипорук, С.А. Вамболь, Е. А. Полищук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 193 – 200.

Предложена технология утилизации мелкокалиберных боеприпасов, основанная на применении инерционного метода демонтажа, для авиационного стрелково-пушечного вооружения, которая позволяет не только безопасно демонтировать унитарные патроны, но и рационально использовать их отдельные элементы снаряжения (гильзу, пулю) в производственном процессе изготовления новых боеприпасов.

Библиогр.: 7 назв.

Запропоновано технологію утилізації дрібнокаліберних боєприпасів, основу на застосуванні інерційного методу демонтажу, для авіаційного стрілково-гарматного озброєння, яка дозволяє не тільки безпечно демонтувати унітарні патрони, а й раціонально використовувати їхні окремі елементи спорядження (гільзу, кулю) у виробничому процесі виготовлення нових боєприпасів.

Бібліогр.: 7 назв

УДК 629.76.004.82

Методы обезвреживания взрывателей артиллерийских боеприпасов при их утилизации / А.В. Бетин, Н.В. Нечипорук, В.Н. Кобрин, С.А. Вамболь, В.А. Тутубалин, Н.В. Бондарева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 201 – 207.

Рассмотрены конструкции взрывателей различных типов и выявлены элементы, содержащие взрывчатые вещества. Конкретизированы характеристики этих взрывчатых веществ, условия и факторы, приводящие к их взрыву или влияющие на этот процесс. Исследованы возможности различных методов обезвреживания взрывателей. Определены наиболее рациональные методы удаления взрывчатых веществ из взрывателей.

Ил. 6. Библиогр.: 7 назв.

Розглянуто конструкції зривників різних типів і виявлено елементи, що містять вибухові речовини. Конкретизовано характеристики цих вибухових речовин, умови та фактори, що призводять до їхнього вибуху або впливають на цей процес. Досліджено можливості різних методів знешкодження зривників. Визначено найбільш раціональні методи вилучення вибухових речовин із зривників.

Іл. 6. Бібліогр.: 7 назв.

УДК 628.477

Утилизация отходов методом плазменной газификации / С.И. Планковский, Н.В. Нечипорук, В.Н. Кобрин, В.В. Вамболь // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 208 – 211.

Рассмотрены существующие технологические схемы утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), способствующие провести выбор того или иного метода для достижения необходимой глубины переработки мусора.

Ил. 3.

Розглянуто існуючі технологічні схеми утилізації твердих побутових відходів (ТПВ), які сприяють вибору того чи іншого методу для досягнення необхідної глибини переробки сміття.

Іл. 3.

УДК 333.621.8.

Гармонизация системы “человек - среда обитания” в соответствии со стандартом ISO14001:2004 /Я.В. Найдыш, В.А. Пильщиков// Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 212 – 218.

Проанализированы оценки экологической обстановки в Украине, перспективы повышения конкурентоспособности экономики путем использования значительного экологического потенциала страны, рыночных механизмов инвестирования и специальных инструментов экологизации промышленного производства, экологического аудита, экологической сертификации, экологического маркетинга и систем экологического менеджмента.

Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

Проаналізовано оцінки екологічної обстановки в Україні, перспективи підвищення конкурентоспроможності економіки шляхом використання значного екологічного потенціалу країни, ринкових механізмів інвестування та спеціальних інструментів екологізації промислового виробництва, екологічного аудиту, екологічної сертифікації, екологічного маркетингу та систем екологічного менеджменту.

Іл. 1. Бібліогр.: 7 назв

УДК 336.279

Аналіз методів прогнозування банкрутства і обґрунтування системи показників визначення кризового стану підприємств машинобудування / О.В. Гребенікова, К.О. Соломянова-Кирильчук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 219 – 226.

Проанализированы существующие методы диагностики банкротства субъектов хозяйствования и определены их преимущества и недостатки. Обоснована система финансовых показателей для определения кризисного состояния машиностроительных предприятий Украины.

Табл. 3. Библиогр.: 15 назв.

Проаналізовано існуючі методи діагностики банкрутства суб'єктів господарювання і визначено їх переваги і недоліки. Обґрунтовано систему фінансових показників для визначення кризового стану підприємств машинобудування України.

Табл. 3. Бібліогр.: 15 назв.

УДК 65.012.45

Анализ моделей архитектуры современных предприятий / А.В. Котляров // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 227 – 237.

Раскрыты потребность и своевременность проблемы разработки архитектуры предприятия (АП), адекватно отражающей все управленческие и бизнес-процессы. На основе обобщенного представления таблиц Захмана и процессов D-моделирования проведен анализ известных методологий и моделей архитектур информационных технологий (ИТ), предприятий и электронных правительств, что позволило сформулировать ряд новых задач синтеза архитектуры ИТ на основе проблемно-ориентированных АП.

Ил. 6. Библиогр.: 41 назв.

Розкрито необхідність та своєчасність проблеми розробки архітектури підприємства (АП), що адекватно відбиває всі управлінські й бізнес-процеси. На основі узагальненого подання таблиць Захмана та процесів демодельювання проведено аналіз відомих методологій і моделей архітектур інформаційних технологій (ІТ), підприємств і електронних урядів, що дозволило сформулювати ряд нових завдань синтезу архітектури ІТ на основі проблемно-орієнтованих АП.

Іл. 6. Бібліогр.: 41 назва

УДК 330.111.62(477)

База конструкторсько-технологічних знань як об'єкт інтелектуальної власності / М.В. Лапа // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. – Вып. 34. – С. 238 – 244.

Розглянуто класифікацію об'єктів інтелектуальної власності в Україні; роль конструкторсько-технологічних баз знань як об'єктів інтелектуальної власності в посиленні конкурентоспроможності підприємства та необхідність їхнього захисту. Розглянуто методичні підходи до оцінки вартості бази конструкторсько-технологічних знань як об'єкта інтелектуальної власності підприємства.

Іл. 1. Бібліогр.: 8 назв

Рассмотрена классификация объектов интеллектуальной собственности в Украине, роль конструкторско-технологических баз знаний как объектов интеллектуальной собственности в повышении конкурентоспособности предприятия и необходимость их защиты. Рассмотрены методические подходы к оценке стоимости базы конструкторско-технологических знаний как объекта интеллектуальной собственности предприятия.

Іл. 1. Бібліогр.: 8 назв.

**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 34

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. 14,4. Уч.-изд. л. 16,19. 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**