

УДК 629.7.002

В.Г. БОНДАРЬ, С.А. БЫЧКОВ, В.Н. КОРОЛЬ*Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, Украина***РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ АВИАКОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА АНТК «АНТОНОВ»**

Приведены результаты реализации основных принципов и правил проектирования технологических процессов изготовления изделий из полимерных композиционных материалов при создании самолетов на АНТК «Антонов».

технологический процесс, авиаконструкция, проектирование, надежность, композиционные материалы, полимеры

В настоящее время стало очевидным, что единственным существенным способом снижения массы АТ является перманентное расширение объема ПКМ во все более ответственных (функциональных) агрегатах [1-3].

Применение ПКМ в самолетах «АН» началось в 60-е годы, а уже в 1970 году постановлением правительства АНТК «Антонов» был определен ведущей организацией отрасли по НИОКР и внедрению ПКМ в пассажирских и транспортных самолетах.

С тех пор на АНТК «Антонов» выполнен комплекс работ созданию и внедрению конструкций из ПКМ в самолеты Ан-2, Ан-2М, Ан-26, Ан-28, Ан-32, Ан-72, Ан-74, Ан-71, Ан-124, Ан-225, Ан-70, Ан-140 с постоянным ростом объема КМ от 1...2% в самолетах Ан-26 до 20% в самолете Ан-70 (от массы планера). Эти объемы находились на уровне мировых достижений, а в самолетах сверхбольшой грузоподъемности Ан-124 и Ан-225 превысили уровень для самолетов данного класса.

Внедрение ПКМ обеспечило качественно новые характеристики несущих конструкций самолетов (снижение массы, улучшение аэродинамики, повышение усталостной прочности и вибропрочности, снижение трудоемкости изготовления и пр.). Проведенный комплекс работ явился основополагающим, но только начальным звеном по созданию несущих кон-

струкций авиационной техники из ПКМ в Украине. В настоящее время ведущие авиационные фирмы мира уже разрабатывают проекты создания крупных пассажирских самолетов с объемом внедрения ПКМ 60% и более от массы конструкции планера.

Различным аспектам проблемы создания АТ из ПКМ посвящено множество работ и ряд статей. Многие из этих работ выполнены в тесном сотрудничестве с АНТК «Антонов» и нашли свое отражение в решении общей проблемы создания авиаконструкций из ПКМ, перманентно решаемой на нашей фирме (рис. 1).

Основные принципы и правила проектирования ТП изготовления изделий из ПКМ обобщены и сформулированы в [4]. Реализация этих принципов в производстве АТ наиболее полно осуществлена на АНТК «Антонов» и представляет собой синтез многолетнего опыта и результатов выполненных на фирме НИОКР и внедрения конструкций из ПКМ в самолеты «АН».

Ниже приведены примеры реализации этих принципов и правил проектирования ТП на конкретных изделиях и ее результаты.

Принцип достаточности функциональных (эксплуатационных) характеристик изделий из ПКМ сформулирован в [5] применительно к сотовым за-



Рис. 1. Общая проблема создания авиаконструкций из ПКМ и основные направления ее решения

полнителям и конструкциям. Он заключается в реализации в конкретной продукции такого уровня ее потребительских свойств (характеристик), какой регламентируется соответствующим ТЗ на эту продукцию.

Этот принцип относит к негативу избыточность функциональных характеристик, так как она неизбежно связана с ростом показателей затрат Z , сроков создания C , а повышение интегрального показателя качества $I_{ИПК}$ сверх регламентированного ТЗ, как правило, не компенсирует в денежном выражении роста затрат и сроков.

Высокие требования по надежности и долговечности, предъявляемые к авиаконструкциям из ПКМ, явились определяющими при выборе и разработке методов и средств контроля качества их изготовления.

Специфичность свойств ПКМ потребовала разработки наряду с имевшимися и новых методов обеспечения надежности при проектировании и изготовле-

нии, а также сохранения надежности при эксплуатации конструкций.

Требование обеспечения надежности элементов конструкций из ПКМ на всех этапах их создания при сравнительно недостаточном объеме имеющейся информации по материалам и деталям из них, поставило задачу получения в короткий срок максимума необходимых данных при разумном минимуме НИОКР для обоснованного широкого применения ПКМ в конструкциях самолетов.

Были выделены главные факторы и степень их влияния на прочность и жесткостные характеристики, что в свою очередь дало возможность разработать и внедрить для новых изделий методику оценки состояния элементов конструкций из ПКМ практически на всех этапах ее создания.

Оценка состояния элементов конструкций основывается на обязательном контроле как свойств материалов и деталей, так и основных параметров ТП, а

затем и конструкций из ПКМ, являющихся следствием степени соблюдения выполнения объема всех технологических операций.

С целью наиболее тщательной проверки состояния элементов конструкций из ПКМ на всех этапах производстве, начиная с пропитки наполнителя связующим для будущего материала детали и кончая сборкой узлов и агрегатов, выполнялись экспериментальные оценки результатов выполнения ТП на соответствие техническим условиям.

На рис. 2 представлена принципиальная схема проводимой на предприятии оценки состояния элементов конструкций из ПКМ в условиях опытного производства.

Как видно из схемы, по функциональному назначению методы контроля подразделяются на три группы:

- контроль материала;
- контроль деталей и узлов;
- проверка состояния прочности к жесткости

готовых агрегатов техническим условиям или расчетным характеристикам.

Дальнейший контроль агрегатов проводился по двум направлениям:

- климатические испытания в условиях ускоренного воздействия на детали в барокамере или в зонах повышенного содержания основных климатических факторов (солнечное излучение, дождь и т.д.);
- в процессе эксплуатации изделия путем осмотра конструкций из ПКМ в эксплуатирующих подразделениях специалистами - разработчиками конструкций.

Такое сочетание методов контроля обусловлено недостаточностью как данных по материалу, так и по характеру поведения готовых изделий под воздействием различных факторов. Кроме того, такой объем контроля дал информацию о допустимых методах

контроля при серийном производстве деталей и узлов из ПКМ.

Для сравнительной оценки полученных данных применялись методы контроля как разрушающие - на испытательных стендах и машинах, так и неразрушающие – с помощью различных электронных приборов и механических приспособлений.

Особенность ПКМ, заключающаяся в совмещении процессов производства материала и детали из него, требует дополнительного входного контроля качества компонентов ПКМ (наполнителя, смол, растворителей и отвердителей), реализующегося изготовлением образцов материала и определением их прочностных и физико-химических свойств, после чего дается заключение о возможности дальнейшего применения компонентов в деталях из ПКМ.

На основе проведенных АНТК совместно с УкрНИИАТ НИР был внедрен в опытное и серийное производство метод ультразвукового контроля по следующим направлениям:

- определение содержания связующего в пропитанной углеленте (прибор УКБ-1М и специально разработанное приспособление;
- определение статического модуля упругости через динамический модуль (приборы УК-10П, УК13-П, УК22П и приспособления собственного производства).

Определение содержания связующего производится по следующей методике. На движущуюся в пропиточной машине УПСТ-300 и подсушенную углеленту опускается излучающий и принимающий преобразователи, которые прижимают ее к столу тележки приспособления. Время прохождения ультразвука между датчиками фиксируется на экране прибора УКБ-1М, после чего по разработанному графику корреляции определяется степень содержания связующего в пре-преге.

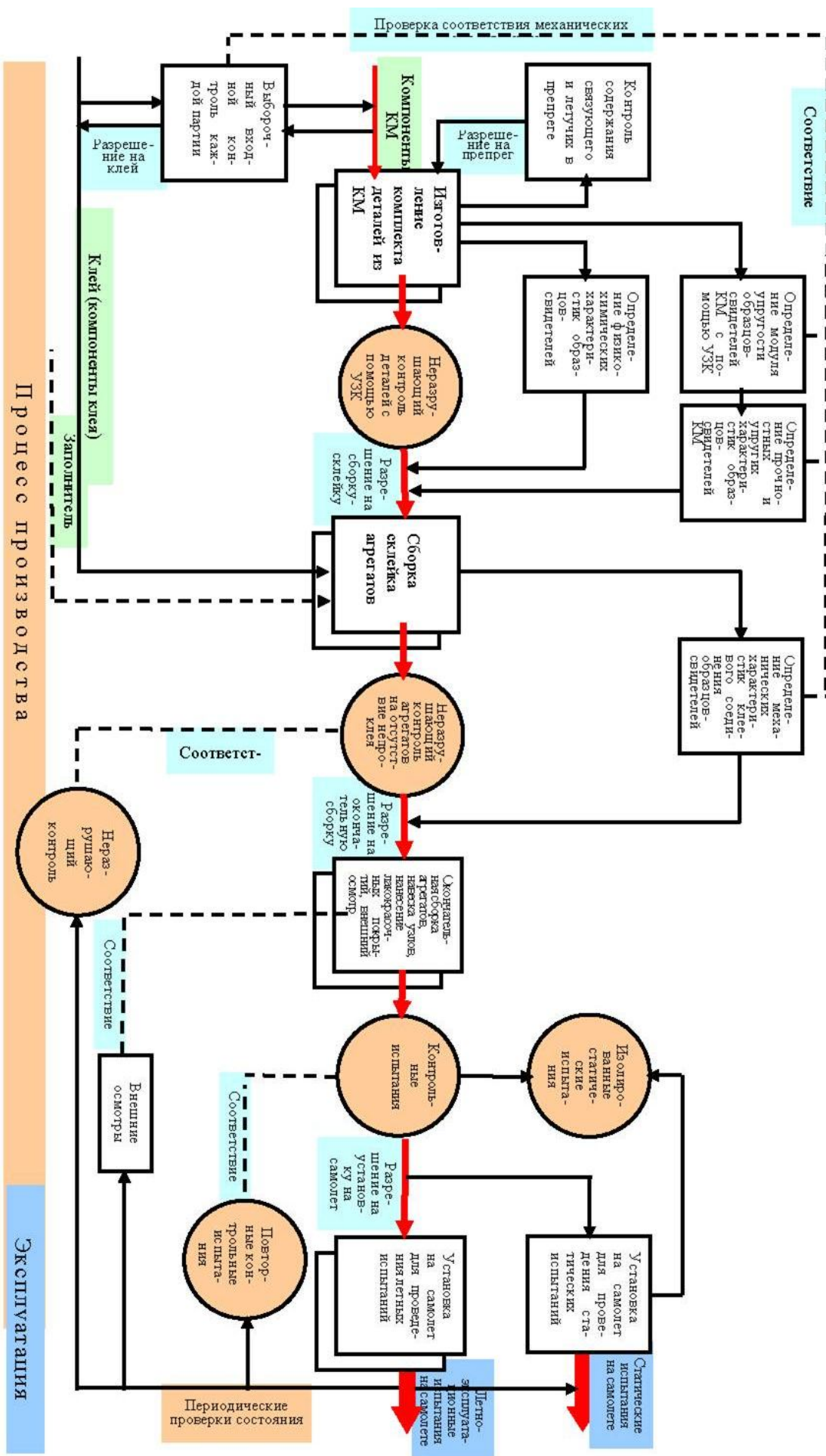


Рис. 2. Принципиальная схема оценки состояния элементов конструкций из КМ

в процессе опытного производства и эксплуатации

Корреляционный график $\Delta\tau = \Phi(\tilde{N})$ (рис. 3) дает основание для сравнительной обработки показаний прибора и данных, полученных в результате определения процентного содержания связующего в образцах препрега, вырезанных из проконтролированной прибором зоны и выжженных по известной лабораторной методике.^{*)}

Зависимости статического модуля упругости $E_{стат}$ от динамического $E_{дин}$ для листовых деталей из ПКМ были установлены экспериментально на приборах УК-10П, УК-13П в режиме сквозного прозвучивания. На образцах и обшивках замерялось время прохождения ультразвука с последующим определением $E_{по до}$ при растяжении этих же образцов.

В результате статистической обработки полученных экспериментальных данных была определена корреляционная зависимость между статическим и динамическим модулями упругости (рис. 4).

Контроль готовых изделий проводится в режиме поверхностного прозвучивания на базе 100 мм. Разработанный метод контроля модуля упругости внедрен в опытное и серийное производствах деталей из ПКМ для самолетов «АН». Реализация свойств ПКМ осуществляется непосредственно в конструкции, в связи с чем эта стадия производства является не менее ответственной, чем предыдущая.

Получение высоких показателей качества склеенного узла или агрегата обеспечивается строгим соблюдением технологических режимов «сухой сборки» и склеивания, при этом предъявляются

*) Полученные сравнительные результаты дали высокую сходимость, в связи с чем в дальнейшем приборный метод контроля процентного содержания связующего в препреге непосредственно в процессе пропитки наполнителя был внедрен в опытное производство.

строгие требования к соблюдению правильности заполнения технологической документации и выполнения самого техпроцесса.

Собственно процесс контроля качества изготовления конструкций из ПКМ подразделяется на три типа по характеру получаемых результатов: качественный, качественно-количественный, количественный.

Качественный контроль производится, как правило, визуально и служит для определения соответствия внешнего вида деталей утвержденным эталонам, а также для определения наличия пор или свищей по торцам клеевых швов.

В процессе проведения количественно-качественного контроля производится определение качества склеивания конструкций акустическо-импедансным методом с помощью приборов ИАД-3, АД-40И, АД50У, ДУК-65ПН.^{**)}

Для определения качества склеивания тонких (толщиной 0,2...0,35мм) обшивок из органоласта с сотами ПСП-1 в связи с недостаточной чувствительностью приборов разработан и внедрен новый метод контроля, заключающийся в изгибном деформировании панели в пределах ее упругости.^{***)}

**) Одновременно с проведением контроля качества склеивания определяется площадь непрочных и места их расположения. Конфигурация непрочных (в случае их наличия) наносится на поверхность контролируемой обшивки, после чего принимается решение о допустимости дефекта или отбраковке.

***) Разработанный метод применяется при контроле панелей интерьера и позволил существенно сократить трудозатраты на контроль и потребность в приборном оснащении в опытном и серийном производствах сотовых панелей самолетов «АН».

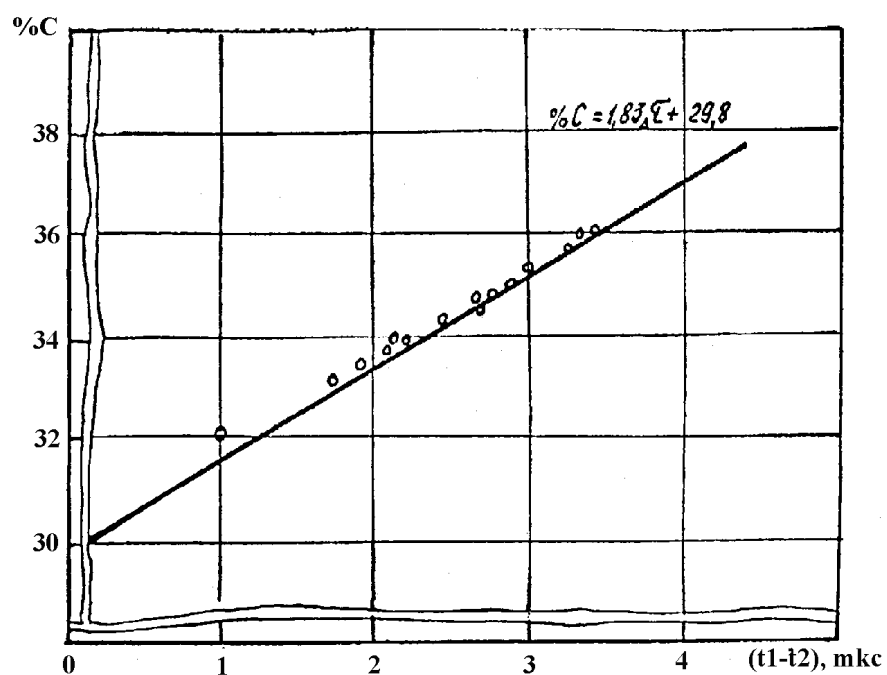


Рис. 3. Зависимость процентного содержания связующего в препреге от скорости распространения ультразвука

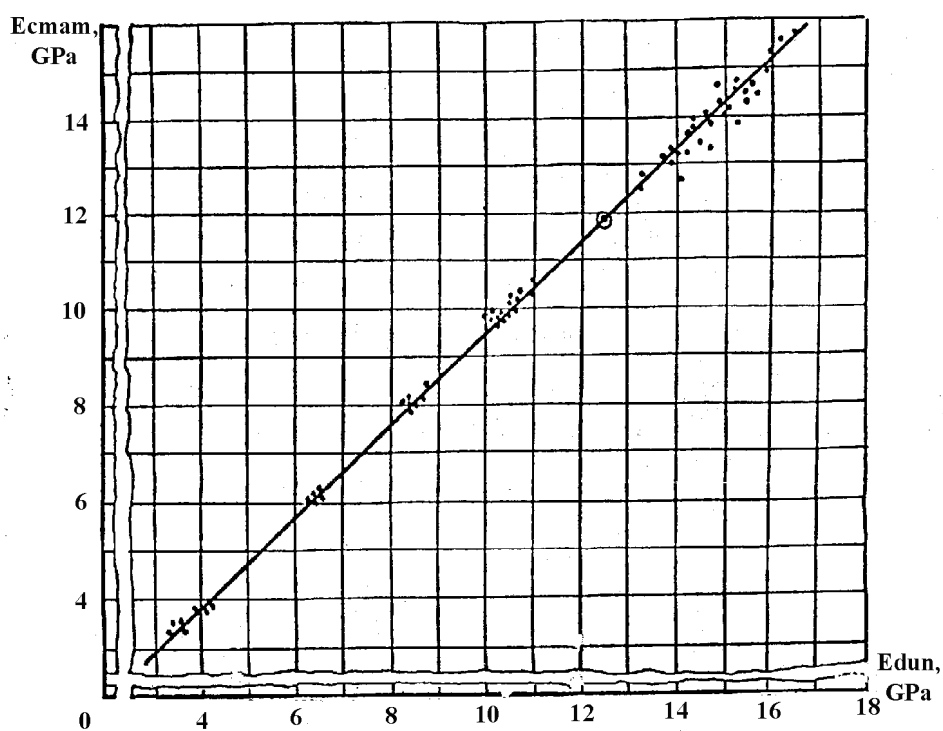


Рис. 4. Зависимость статического модуля упругости от динамического для образцов-свидетелей входного контроля и элементов конструкций

В плане реализации этого принципа на АНТК «Антонов» были проведены исследования по оптимизации применяемых для изделий из ПКМ связующих.^{**)}

Совместные экспериментальные работы ВИАМ и АНТК «Антонов» по освоению связующего 5-211Б позволили доработать его рецептуру, что обеспечило достижение прочности и долговечности пластиков в конструкциях из ПКМ. Связующее 5-211Б в конструкциях из ПКМ для самолетов «АН» в настоящее время применяется как основное унифицированное связующее для пропитки всех типов наполнителей.

Учитывая, что в процессе изготовления препрега закладываются основные свойства будущего ПКМ [6], вопросу пропитки было уделено очень серьезное внимание. Еще до создания промышленных установок на АНТК «Антонов» были отработаны процессы пропитки углерент и стеклотканей на опытных установках, разработанных и изготовленных силами предприятия, а также создано необходимое оснащение для приготовления связующего 5-211Б.-

После поставки и внедрения промышленных пропиточных установок УПСТ-300, УДС-3, УПСТ-1000 на АНТК были выполнены работы, позволив-

шие отработать и установить параметры режимов пропитки наполнителей на этих установках (скорость, температуру, натяжение) и отработать ультразвуковой метод контроля нанесения связующего на углеродные наполнители непосредственно в процессе пропитки.

По результатам выполненных работ разработана и внедрена техническая документация, обеспечивающая получение стабильных качеств препрегов и пластиков на их основе.

Отработан, освоен и внедрен процесс вакуум-автоклавного формования в электрическом автоклаве «Шольц», для чего были проведены:

- оптимизация параметров формования с использованием экспериментально-статистической методологии исследования влияния технологических факторов (содержания связующего в пластике, давления прессования, температуры и др.) на прочностные характеристики КМ;
- доработка оснащения автоклава, заключающаяся в изготовлении съемных столов для обеспечения многэтажной загрузки форм в экономичном варианте;
- усовершенствование подсоединения формочной оснастки к вакуумной сети автоклава.^{***)}

^{**)} Так применявшееся на первом этапе работ с ПКМ связующее имело малую жизнеспособность и относительно высокую температуру отверждения, а прочность пластиков на основе этого связующего при температуре 80°C снижалась на 35%, что совершенно недопустимо с точки зрения обеспечения надежности создаваемых конструкций. Поэтому возникла необходимость создания нового связующего, лишенного указанных недостатков.

С этой целью по техническому заданию АНТК «Антонов» отраслевым институтом были созданы связующее 5-211Б и углепластик КМУ-3 на его основе. В дальнейшем с использованием этого же связующего были разработаны органоласт Органлт-7Т, стеклопластики СТ-5211Б и СТК-5-211Б, гибридные органо-стеклопластики на основе тканей СВМ и Т-10-80.

^{***)} В результате проведенной работы освоены и внедрены в производство новые материалы для вакуум-автоклавного формования, повышающие качество изделий из ПКМ, сокращающие трудоемкость подготовительных операций и улучшающие условия труда:

- полиамидная пленка ППН-Т для вакуумных мешков (взамен ткани 500);
- герметизирующий жгут-замазка 51-Г-27 для крепления вакуумных мешков к оснастке (взамен ранее применявшегося клея типа 88НП);
- дренажные материалы на основе волокнистых нетканых материалов из отходов типа ватина (взамен стеклотканей Т-10 и Т-14);
- разработана техническая документация на выполнение процессов вакуум-автоклавного формования в опытном и серийном производствах.

Отработанный процесс вакуум-автоклавного формования внедрен для изготовления деталей из ПКМ самолетов «АН» в опытном и серийном производствах.

В документации на применение связующих и клеев их разработчики указывают, как правило, относительно узкий диапазон возможных скоростей нагрева и охлаждения при термообработке, что совершенно недостаточно для разработки оптимального ТП при конкретных сочетаниях теплоемкости термообрабатываемых пакетов с оснасткой и мощности термообрабатывающего агрегата (автоклава или печи).

При заданной температуре термостатирования связующего или клея процесс относительно полной пространственной сшивки полимера происходит за определенный срок, который и характеризует минимальное время термостатирования.

В то же время скорость физико-химических процессов, происходящих в неотвержденном полимере во время его нагрева, зависит от скорости нагрева. Скорость же нагрева в реальных условиях производства определяется мощностью термоагрегата и совместным действием таких факторов, как материалоемкость и теплоемкость оснастки и формуемого или склеиваемого на оснастке пакета.*)

*)Как известно из общих закономерностей выполнения ТП формования и склеивания, наименьшие усилия формования или склеивания можно приложить в тот момент, когда связующее или клей имеют минимальную вязкость [110]. В этом случае при формовании возможна наилучшая пропитка материала наполнителя за счет жидкотекучести связующего. При склеивании жидкотекучий клей лучше смачивает склеиваемые поверхности, чем обеспечивается максимальная прочность склеивания для конкретной пары клей - материал.

Кроме того, наиболее интенсивно летучие из полимеров удаляются также при температурах, близких к температуре гелеобразования полимера, и удаление летучих из объема полимера происходит

Разработчики связующих и клеев не дают информации о характеристиках гелеобразования и динамики удаления летучих по связующему. В связи с этим перед разработчиками технологии в АНТК «Антонов» возникла задача получения необходимых данных.

В АНТК «Антонов» отработана и внедрена новая методика определения характеристик гелеобразования связующих и клеев, прототипом для разработки которой явился СТП ВИАМ, регламентирующий определение времени сшивки полимера путем прямого замера электрического объемного сопротивления образца связующего и клея в процессе их сшивки. По разработанной методике были проведены соответствующие экспериментально-исследовательские работы и определены характеристики гелеобразования связующего 5-211Б и клея ВК-41.**)

При охлаждении термообрабатываемого пакета физические превращения в полимере происходят при определенных температурах, но время их достижения зависит от скорости охлаждения полимера. Скорость охлаждения будет зависеть как от теплоемкости оснастки и сформованного на ней пакета, так и от количества тепла, отбираемого в единицу времени от охлаждаемого пакета. Указанные параметры определяют время достижения минимальной температуры стеклования.

тем полнее, чем меньше давление и больше объем среды, окружающей полимер [6].

**)Результаты проведенных работ показали, что для названных полимеров существует температурно-временная область, где в процессе их нагрева до момента начала гелеобразования можно не создавать давления формования или склеивания, облегчая и интенсифицируя тем самым процесс удаления летучих веществ в объем обжатого вакуумного мешка термообрабатываемого пакета, а также улучшая качество смачивания связующим или клеем соответственно поверхностей наполнителя пластика или склеиваемых деталей.

При этом, согласно известным зависимостям физики полимеров, после охлаждения полимера ниже его минимальной температуры стеклования в нем возможны только упругие деформации. Это, в свою очередь, позволяет утверждать, что удержание детали под давлением на оснастке при температурах ниже минимальной температуры стеклования не имеет смысла, так как величина остаточных напряжений в готовой детали из ПКМ не превысит предела пропорциональности и возможные коробления детали или подборок уже зафиксированы в процессе охлаждения.

С учетом проведенных экспериментально-исследовательских работ и оценки состояния полимеров были разработаны оптимизированные по режимам нагрева и охлаждения ТП формования деталей и элементов конструкций из ПКМ для самолетов «АН» с использованием связующего 5-211Б, а также склеивания таких деталей клеем ВК-41.

Оптимизация ТП термообработки деталей из ПКМ по указанным направлениям дала возможность без снижения качества и прочности конструкций из ПКМ сократить цикл термообработки с одновременным снижением энергозатрат и увеличением календарного срока службы автоклавов, печей и вакуум-насосов.

Литература

1. Антонов О.К. Композиційні матеріали для авіабудування // Вісник АН УРСР, 1975, №12. С. 68-71.
2. Balabuev P.V. New conceptions of development of transport airplane load-carrying structures of polymeric composites // Composite materials, technologies and automation of products manufacturing. Ed. by K.V. Frolov, A.G. Bratukhin, O.S. Sirotkin, V.S. Bogoyubov, V.I. Kostikov. – Moscow: SAMPE, 1999.- P. 369.

lyubov, V.I. Kostikov. – Moscow: SAMPE, 1999.- P. 369.

3. Итоги науки и техники. Авиационное. Т. 9. Самолетостроение за рубежом. Под ред. С.М. Егера и С.В. Румянцева. – М.: ВИНТИ, 1986. – 266 с.

4. Гайдачук А.В. Общие принципы и правила проектирования технологических процессов и операций производства авиаконструкций из полимерных композиционных материалов // Авіаційно-космічна техніка і технологія: науково-технічний журнал. Вип. 36. Нац. аерокосмічн. ун-т ім. М.Є. Жуковського "ХАІ". – Х.:ХАІ, 2003. – С.

5. Гайдачук А.В., Сливинский В.И. О концепции квалитетрии и управления качеством производства сотовых заполнителей и конструкций // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. тр. Нац. аерокосмичн. ун-та им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". – Х.:ХАИ, вып. 23(6), 2000. – С. 59-65

6. Забашта В.Ф. Кривов Г.А., Бондарь В.Г. Полимерные композиционные материалы конструкционного назначения: Справочник. – К.: Техніка, 1993. – 160

Поступила в редакцию 05.09.03

Рецензент: д.т.н., профессор Гайдачук А.В., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 004.78

И.В. ШОСТАК, Л.А. ГОРДИЕНКО, Е.П. КИРИЧУК, А.С. ТОПАЛ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В АВИАЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Рассмотрены подходы к созданию производственных систем искусственного интеллекта на основе применения квантового подхода к представлению знаний и мультиагентной технологии. Результаты проведенных исследований проиллюстрированы на примере поддержки принятия решений в технологической подготовке авиационного производства

принятие решений, искусственный интеллект, мультиагентная технология, авиационное производство, автоматизация, алгоритм

Введение

Современный этап автоматизации машиностроительных предприятий в ведущих странах мира характеризуется интенсивной разработкой и широким внедрением CAD/CAM/CAE/PDM и CALS систем, включающих интеллектуальные компоненты [4]. Такие системы разрабатываются, как правило, по заказу крупных компаний и ориентированы в первую очередь на массовое производство (например основной потребитель системы EUQLID концерн Пежо). Компьютерные версии этих продуктов представлены на рынке программного обеспечения наряду с инструментальными оболочками для создания отдельных, главным образом CAD и CAM модулей (CATIA, ADEM и др.) [1]. Последние, несмотря на доступную для средних предприятий цену, не могут быть использованы при комплексной автоматизации производства.

Функционирование предприятий авиационного профиля, расположенных в Украине и странах СНГ, имеет ряд характерных особенностей, таких как сравнительно небольшие объемы производства, высокий процент ручного труда, частые модификации выпускаемых изделий и изменения их номенклатуры. Указанные особенности должны быть непременно учтены при комплексной авто-

матизации производства, что весьма затруднительно при использовании указанных выше универсальных программно-инструментальных оболочек. Имеющаяся же на рынке CAD/CAM/CAE/PDM система Unigraphics, основная версия которой создана по заказу компании Boeing, ориентированная на авиастроительное производство, не может быть приобретена в полном объеме отечественными предприятиями в силу ее дороговизны.

В данных условиях актуальной проблемой является создание методологии синтеза программно-инструментальных средств для комплексной автоматизации как авиастроительных производств, так и предприятий родственных отраслей (приборостроительных, судостроительных). Указанная проблема предполагает решение следующих теоретических и прикладных задач: выбор наиболее рациональной модели представления знаний, разработка архитектуры и основных принципов функционирования интеллектуальной системы, создание методологии интеллектуальной поддержки принятия решений в авиационном производстве, реализация отдельных функциональных модулей системы в рамках исследовательского прототипа.

В работе [2] разработаны квантовые модели представления знаний, а в [3] показана возможность их

применения для создания производственной системы искусственного интеллекта (ПСИИ). Архитектура и основные принципы работы ПСИИ для авиационного производства описаны в [5].

Поскольку технологическая подготовка производства (ТПП) в авиационной промышленности характеризуется относительно большой долей творческого труда, для этой фазы жизненного цикла изделия были разработаны модели, алгоритмы и программный инструментарий создания следующих функциональных модулей для создания ПСИИ - подсистемы поддержки принятия технологических решений при изготовлении деталей листовой штамповкой [6], а так же подсистемы мониторинга текущего состояния производства [7]. Однако, до сих пор оставалась нерешенной задача интеграции указанных выше подсистем.

Целью данной статьи является разработка путей и методов интеграции разнородных функциональных и структурных модулей в рамках ПСИИ.

Разработка подсистемы поддержки принятия решений в ТПП изготовления деталей листовой штамповкой

Процессы холодной штамповки вследствие высокой производительности и экономической эффективности являются наиболее прогрессивными, благодаря чему они получили широкое применение в различных отраслях промышленности, связанных с металлообработкой.

Широкое использование в производстве процессов холодной листовой штамповки, повышение требований к качеству проектов, необходимость подготовки этих проектов в наиболее короткие сроки – все это явилось причиной для интенсивного развития исследований и научно-технических разработок в области создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений в техно-

логической подготовке листоштамповочного производства. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений помогают технологу принимать решения в условиях многокритериальности выбора и неопределенностей, обусловленных неполнотой и нечеткостью данных, преобладанием качественных характеристик производственных ситуаций. В этих условиях затруднен оптимальный выбор оснастки, оборудования и вариантов его сочетаний в связи с отсутствием систематизированной информации о технологических возможностях и конструктивных особенностях листоштамповочного оборудования и оснастки.

В методическом плане данная разработка опирается на достижения науки в области моделирования умственной деятельности человека, формализации процесса принятия рациональных и оптимальных технологических решений на базе использования теоретических положений РАКЗ, и ВАКЗ-методов и результатов экспертного анализа процесса листовой штамповки.

Исходными данными для проектирования технологического процесса являются чертеж детали, используемый материал, точность изготовления, указания о характере и условиях предполагаемого производства (годовой программе, наличии специального оборудования, сроков выполнения).

Данная разработка предназначена для проектирования технологических процессов изготовления деталей, штампуемых из листа. Система решает следующие задачи: выбор рационального варианта технологического процесса штамповки; определение вида и размера заготовок; определение рационального раскроя деталей в полосе; выбор типа штампа; расчет усилия и работы; выбор прессы.

С применением РАКЗ и ВАКЗ-методов, решение указанных задач сводится к выявлению слабоструктурированных задач, получению по ним сценарных обучающих примеров решения и генерирования кван-

тов сетей рассуждений, решающих выявленные задачи.

Результат работы системы проектирования ТП – технологическая карта.

Использование интеллектуальной СППР для проектирования технологических процессов штамповки позволяет повысить качество проектов и сократить общее время, требуемое на разработку. Экономическая эффективность интеллектуализации проектирования ТП холодной листовой штамповки определяется в основном сокращением в несколько раз сроков проектирования, повышения качества проектных решений (за счет многовариантного решения задачи), снижения себестоимости изготовления проектной документации.

Выбор оснастки. Постановка задачи.

При проектировании оснастки возникает ряд слабоструктурированных проблем, к которым относятся, например, задачи выбора совмещенности операций в штампе, выбора типа раскроя и прогнозирования износа оснастки в условиях неопределенности. Решение подобных проблем достигается лишь на основе использования экспертных знаний, то есть с помощью подсистем, способных извлекать, обрабатывать и накапливать знания, как это делает человек – эксперт.

Для решения указанных проблем требуется разработать интеллектуальный блок, реализующий синтез сетей рассуждений. Исходными данными для генерирования сетей рассуждений являются: пороговое значение математического ожидания достоверности найденных закономерностей M_s и обучающая выборка, представляющая собой конечное множество объектов исследуемого класса. Результатом является сеть принятия решений.

Выбор оснастки. Методология решения

В основе подсистемы выбора оснастки лежит метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний (РАКЗ-метод), базирующийся на квантовом подходе [1] к представлению и манипулированию знаниями.

Для указанных слабоформализованных задач спроектированы соответствующие базы знаний.

Применение методов инженерии знаний позволяет за короткий промежуток времени рассмотреть множество вариантов раскроя и выбрать наиболее эффективный из них. При выборе типа раскроя учитываются следующие характеристики:

- конфигурацию детали (простая, Г-образная, ТПШ-образная);
- размер (крупная, средняя, мелкая);
- тип производства (серийное, крупносерийное, массовое).

Целевой характеристикой является тип раскроя (прямой, наклонный, встречный, многорядный).

При выборе типа оснастки нужно учитывать следующие характеристики:

- количество операций (одна, несколько);
- тип производства (серийное, крупносерийное, массовое);
- точность (низкая, средняя, высокая);
- размеры детали (меленькая, средняя, крупная);
- конфигурацию детали (простая, сложная).

Целевой характеристикой является тип штампа (простой, совмещенного действия, последовательного действия).

Для решения этих задач сформированы t -квантовые базы знаний в виде систем закономерностей.

Пример работы системы поддержки принятия технологических решений при выборе оснастки

Для задания детали требуется задать чертеж детали и дополнительные данные.

На рис.1 приведен пример работы подсистемы при выборе оснастки. В представленном примере интеллектуальный блок был выполнен дважды: для выбора

типа раскроя и для выбора совмещенности операций в штампе. Подсистема выбора оснастки автоматически генерирует промежуточную технологическую карту листовой штамповки для заданной детали. В поля «марка материала», «вес», «название детали» и «количество деталей на одно изделие» заносит заданные данные; заносит размеры выбранной заготовки и вычисленные процент отходов, вес заготовки на одну деталь и вес отходов на одну деталь в соответствующие поля. В поля «эскиз детали» и «эскиз раскроя» заносит соответствующие сгенерированные системой эскизы. Строчки, назначающие операции, заполняются подсистемой выбора оборудования.

Выбор оборудования

Подсистема выбора оборудования в методическом плане опирается на метод вероятностных алгоритмических квантов знаний (ВАКЗ-метод) [2] и результаты экспертного анализа процесса листовой штамповки.

Подсистема решает следующие задачи: выбор рационального варианта технологического процесса штамповки; расчет усилия и работы; выбор пресса.

С применением ВАКЗ-метода, решение указанных задач сводится к выявлению слабоструктурированных задач, получению по ним сценарных обучающих примеров решения и генерирования квантовых сетей рассуждений, решающих выявленные задачи.

Результат работы системы проектирования ТП – технологическая карта.

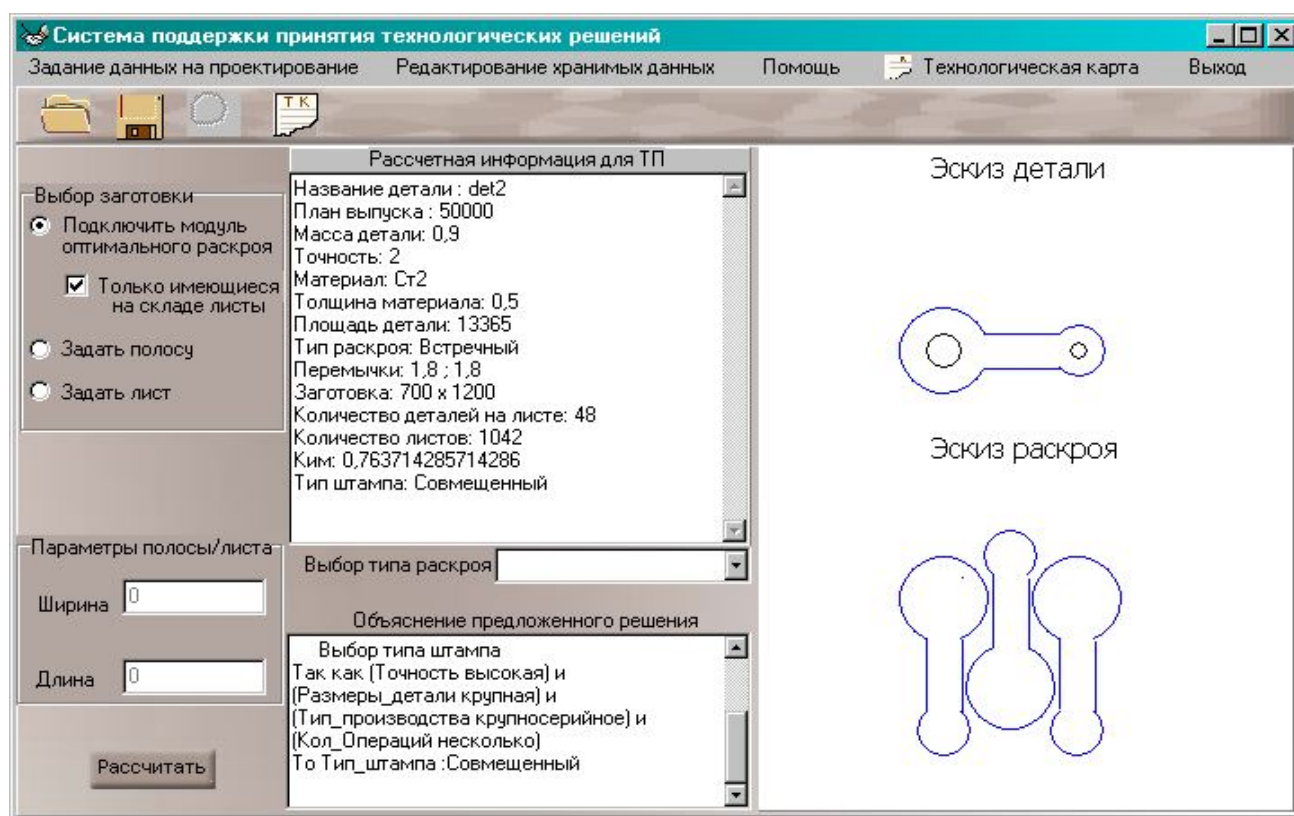


Рис. 1. Пример выполнения подсистемы при выборе оснастки

Для решения всех поставленных выше задач были разработаны расчетные алгоритмы и спроектированы следующие БЗ:

- БЗ для проектирования ТП;
- БЗ для выбора оборудования для резки листа на полосы;

- БЗ для выбора оборудования для полосы на штучные заготовки;

- БЗ для выбора оборудования для чистовой вырубki, пробивки;

- БЗ для выбора оборудования для вырубки, пробивки;

- БЗ для выбора оборудования для зачистки.

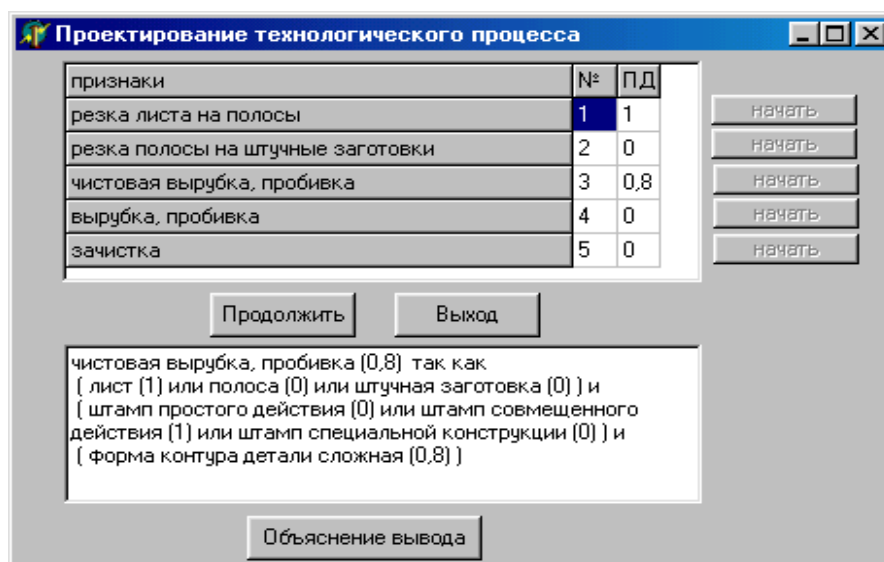


Рис. 2. Спроектированный технологический процесс.

Необходимо создать технологическую карту для заданной детали при следующих производственных условиях: форма контура детали сложная с показателем достоверности (ПД) 0,8, заказ срочный, резка на штучные заготовки не нужна. Остальные данные получены из подсистемы выбора оснастки. Система спроектировала технологический процесс, представленный на рис.2.

Как видно из рисунка, технологический процесс будет состоять из двух операций: резка листа на полосы и чистовая вырубка, пробивка, так как их ПД высокие. Далее система выбирает оборудование для резки листа на полосы.

Для резки листа на полосы можно использовать как дисковые, так и гильотинные ножницы. Выберем гильотинные ножницы.

Для чистовой вырубки пробивки при заданных производственных условиях можно использовать автомат тройного действия. После этого система предлагает пользователю просмотреть все модели оборудования, выбранного типа, рассчитанные усилия и работу.

После нажатия на кнопку «Р, А, Н_{закр.шт.}» система оставит только те модели прессов, которые соответ-

ствуют по усилию, работе и закрытой высоте пресса. После нажатия на кнопку «ДЭС» система оставит только те модели прессов, которые есть в наличии, исправны, не заняты и для которых есть рабочих. Результат работы представлен на рис.3.

Автоматически сгенерированная системой технологическая карта представлена на рис.4.

Мультиагентная технология интеграции подсистем интеллектуальной ПСИИ

Одним из конструктивных путей объединения функциональных модулей в рамках ПСИИ является создание интеллектуального агентства. Концепция интеллектуального агентства предполагает выделение в рамках предметной области «зон действия» агентов и выбора типов агентов, наиболее соответствующих определенным зонам.

В работе [8] обсуждается концепция мультиагентной ПСИИ, а в [5] – архитектура системы а также принципы функционирования и конструктивные особенности интеллектуального агента для связи с САМ-модулем.

На рисунке 5 приведена структурная схема фрагмента ПСИИ, интеграция элементов которой осуществляется с помощью интеллектуальных агентов.

Выбор пресса тройного действия

модель: A6830 Принимаю Рвыпр=225 Рвд=19,04
 Рпрж=66,5 А=0,0893

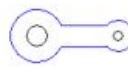
модель	наличие	исправен	занят	рабочий	Рвыпр.пр.	Рпрж.	Рвд.	А	N
A6830	есть	да	нет	есть	1750	500	250	13,80	19,70

Рис. 3. Выбор автомата тройного действия

Microsoft Excel - TehCard11.xls

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

С1 = Технологическая карта холодной штамповки

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
		Технологическая карта холодной штамповки				Лист №		1	Изменения технологической карты			Деталь №			
1									№	дтг	подпись	наименование изделия			
2	Материал материала	Размеры заготовки и допуски, мм		вес детали, кг	вес заготовки на 1 деталь,	вес отходов на 1 деталь, кг		% отходов				дет2			
3															
4	Ст2	700 x 1200		0,9	1,11266	0,212657143		23,63%				три изделия			
5	Эскиз детали				Эскиз раскроя										
6												Количество деталей на 1 изделие			
											1				
											Количество деталей на годовую программу				
											50000				
9															
10	№ операции	Наименование операции	Оборудование, станок, инструмент	расчетное усилие	наименование и характеристика	№	тип станка, инструмент	норма времени на 1 деталь, мин	производительность, шт/ч	количество и загрузка оборудования	разряд рабочих	количество рабочих	расхода за деталь, грн.	примечание	
11															
12	1	режь листа на полосы		72,2934	дисковые ножницы с параллельными остиями										
13	2	вырубка, пробивка		9841,62	открытый пресс		совмещенный								
14	3	зачистка		3351,6	открытый пресс										
15															
16															

Лист1 Лист2 Лист3

Готово

Рис.4. Технологическая карта

В перспективе предполагается разработка интеллектуального агента высшего уровня, способного осуществлять поддержку принятия решений на основе использования всего интеллектуального ресурса ПСИИ.

Данная статья отражает результаты работ по созданию интеллектуального агента, реализующего отображение данных системы мониторинга в базах знаний и базах данных для ПСИИ.

Функционирование агента сводится к выполнению следующих действий:

1. Периодически или по запросу считывание файла с текущими данными из каталога обмена (определив предварительно наличие этого файла).

2. Синтаксический разбор считанного файла, удаление комментариев, возможных ошибок, считывание команд (пока что в стадии разработки), получение данных о текущем состоянии (формат согласовывается с системой мониторинга), запись их во внутренний формат агента.

3. Обработка каждой записи данных текущего состояния состоит в изменении предикатов баз знаний соответствующих подсистем и производится на основе правил, которыми заполняется база агента (таким образом, реализуется полная независимость данных от кода и гибкость настройки агента под конкретную базу знаний). Основные действия агента:

3.1 Определение подсистемы, в которой производится обновление текущего состояния.

3.2 Поиск необходимой базы данных (как структурной составляющей базы знаний соответствующей подсистемы).

3.3 Идентификация изменяемого объекта.

3.4 Выполнение необходимых действий над объектом (обновление, добавление, удаление).

3.5 Запись каждого обновления в общую базу данных текущего состояния с указанием даты и времени поступления данных (формирование базы данных текущего состояния с историй изменений).

3.6 Запись результатов действий в файл отчета.

3.7 Если агент был вызван по запросу программы, осуществляющей мониторинг, посылка этой программе сообщения о результатах обработки полученных данных.

Конструктивные особенности интеллектуального агента для мониторинга текущего состояния производства

Конструктивно агент состоит из одного модуля, который осуществляет все выше указанные действия. Возможна доработка агента, позволяющая ему запускать одновременно несколько процессов, осу-

ществляющих обработку данных (при возросшей нагрузке на один модуль), а также разделение его на несколько модулей, для обеспечения функционирования подсистем на физически различных платформах.

Принципиально возможно получение данных от других источников (АРМ, система учета на складе и проч.), для этого необходима настройка базы правил агента и согласование формата обмена данными.

База правил агента структурирована относительно подсистем, поэтому обновление может происходить параллельно, не вызывая задержек и коллизий.

Результат работы агента: любые изменения текущего состояния, получаемые от системы мониторинга, или из других источников сразу же отражаются в подсистемах ПСИИ, которые имеют возможность постоянно оперировать актуальными данными.

Использование мультиагентной технологии при синтезе интегрированной ПСИИ обеспечивает возможность достижения нового качества в обработке данных и знаний, а именно синергетический эффект за счет использования всего интеллектуального ресурса ПСИИ при формировании решений.

В основу процесса разработки мультиагентной системы целесообразно заложить методы проектирования баз знаний. В соответствии с этим подходом, необходима реализация следующих прикладных задач[8]:

- эксплицитное представление в базе знаний архитектуры проектируемой системы;
- создание спецификации отдельных типов агентов в рамках ПСИИ;
- синтез специализированных баз знаний, необходимых каждому агенту для реализации поставленных перед ним целей;
- установление однозначного соответствия между элементами архитектуры мультиагентной ПСИИ и программными единицами, реализующими эти элементы;

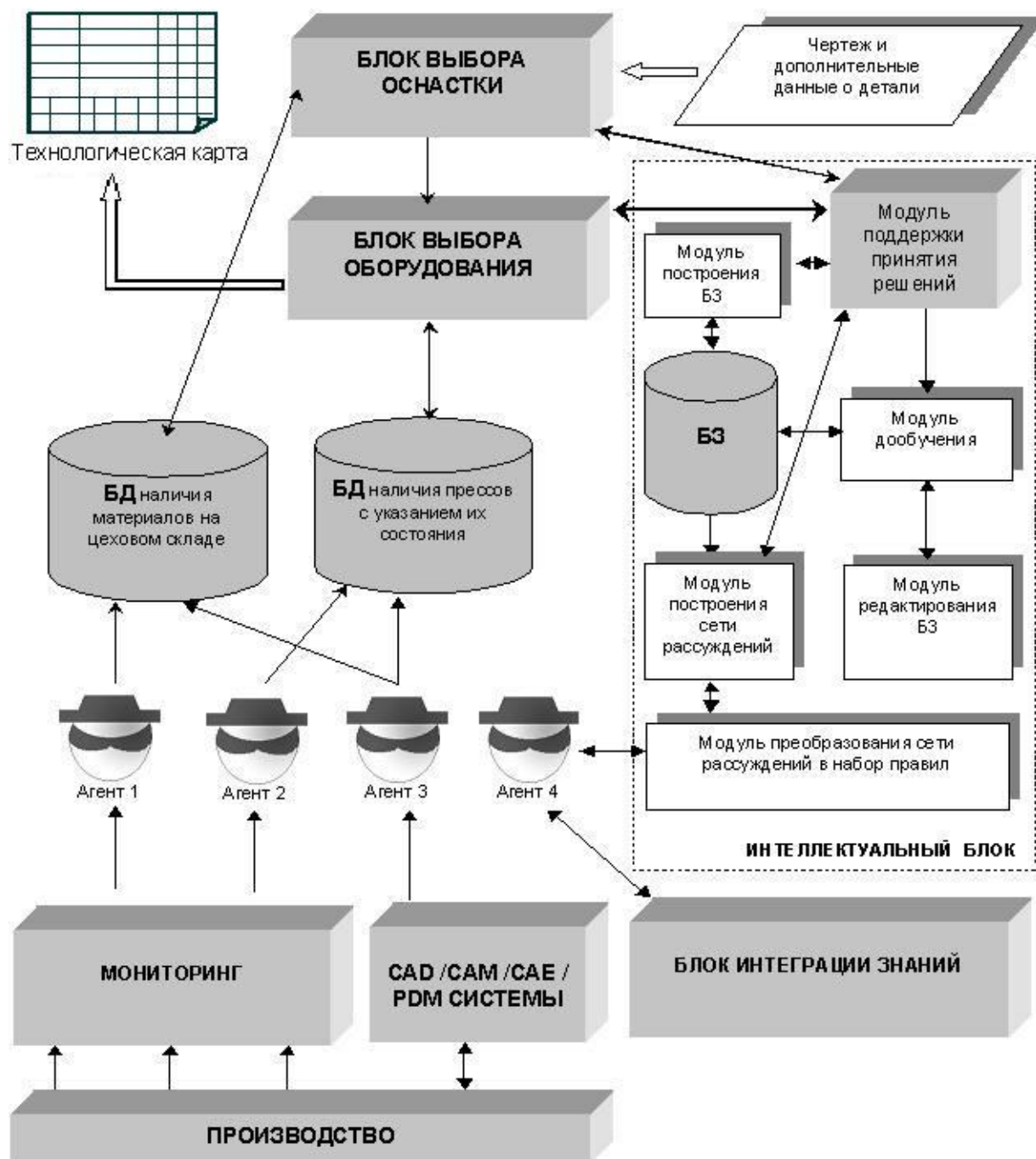


Рис. 5. Обобщенная структура мультиагентной интеллектуальной интегрированной ПСИИ

– создание специальной машины вывода для реализации мультиагентной системы.

Описанный подход позволяет создать специализированную динамическую экспертную систему, предметной областью которой является автоматизация проектирования и реализации производственных мультиагентных систем.

Выводы

1. Разработана t-квантовая модель представления знаний для выбора оснастки при ТПП изготовления деталей листовой штамповкой.
2. Разработана v-квантовая модель представления знаний в области выбора оборудования для ТПП изготовления деталей листовой штамповкой.

3. Созданы исследовательские прототипы подсистем выбора оснастки и выбора оборудования в составе ПСИИ для ТПП авиационного производства.

4. Показан механизм сбора информации для описанных подсистем путем мониторинга текущего состояния производства.

5. Описаны конструктивные особенности и алгоритм функционирования интеллектуального агента, ориентированного на информационную поддержку подсистем ПСИИ актуальными данными о текущем состоянии производства.

Использование ПСИИ позволяет повысить качество проектов и сократить общее время разработки ТП. Экономическая эффективность интеллектуализации проектирования ТП листовой штамповки определяется сокращением в несколько раз сроков проектирования, повышением качества решений, снижением себестоимости изготовления документации.

Перспективным направлением исследований, которым посвящена данная работа, является с одной стороны создание функциональных подсистем для других задач ТПП, и фаз жизненного цикла изделий авиационного производства, а с другой – создание мультиагентной технологии интеграции отдельных подсистем в рамках ПСИИ.

Изложенный подход также может быть использован в других предметных областях, где необходимы знания экспертов, например судостроении, приборостроении и др.

Литература

1. Шостак И.В., Пьянков А.В. Особенности применения интеллектуальной компоненты в CALS-системах // Авиационно-космическая техника и технология. - Вып. 32, Харьков, 2002, с. 301-306.

2. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. Киев 2002 Наукова думка

3. Сироджа И.Б. Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний для принятия производственных решений при недостатке и нечеткости данных. Киев 2000.

4. Шостак И.В. Управление сложными объектами в реальном времени на основе динамических экспертных систем //Авиационно-космическая техника и технология. - Вып. 10, Харьков, 1999, с 204 - 210.

5. Шостак И.В., Топал А.С. Интеллектуализация процессов технологической подготовки производства на основе мультиагентной технологии // Вестник двигателестроения – №2, Запорожье, 2003, с. 187-191.

6. Гордиенко Л.А. Интеллектуальная подсистема поддержки принятия технологических решений при проектировании оснастки в заготовительно-штамповочном производстве // Проблемы бионики 2002 – Вып. 57, с. 55-60.

7. Киричук Е.П. Индуктивный подход к построению квантовой базы знаний для поддержки принятия технологических решений // Міжнародна конференція з індуктивного моделювання МКІТ 2002, с. 55-59

8. Хорошевский В.Ф., Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2002.

Поступила в редакцию 23.09.2003 г.

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. Буслик Н.Н., Харьковский национальный университет радиоэлектроники

УДК 621.396.962

А.П. ВЕРЕЩАК, В.В. ПИСКОРЖ*Научно - исследовательский институт радиоизмерений, Украина***БИСТАТИЧЕСКИЙ РАДИОМЕТР ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ**

Представлена новая концепция построения размещаемого на двух спутниках РСДБ радиометра для получения двумерного изображения поверхности Земли из космоса. Возможности этого инструмента определены в терминах угловой/пространственной разрешающей способности и чувствительности. Представлен иллюстративный пример бистатического радиометра L – диапазона

радиометр, спутник, изображение, разрешение, чувствительности, антенна**Введение**

В последнее время в задачах дистанционного зондирования Земли из космоса начинают находить применение методы радиоастрономии. Специалистами активно обсуждаются возможности радиометров космического базирования на базе антенных решеток для наблюдения поверхности с высоким пространственным разрешением. Такие радиометры по своей архитектуре напоминают наземные радиотелескопы. Их антенны имеют меньшую площадь и вес, чем зеркальные антенны типовых радиометров, решающих аналогичные задачи. Вместе с тем, аппаратура приема и обработки в этом случае, равно как и процедура калибровки радиометра оказываются сложнее. Следующим шагом в повышении разрешающей способности радиометров является использование инструментов со сверхбольшими базами, элементы которых размещены на отдельных спутниках, образующих единую группировку, единую, большую антенную решетку. С точки зрения реализуемости системы наиболее сложной оказывается проблема координатно – временного обеспечения такой группировки – взаимное положение фазовых центров антенн должно быть известно с точностью до долей длины волны принимаемого излучения, а шкалы времени должны быть сведены с точностью до долей периода принимаемых колебаний.

В настоящей статье получен алгоритм обработки сигналов, принимаемых простейшим двухантенным радиометром со сверхбольшой базой в условиях пониженных требований к качеству координатно – временного обеспечения его элементов. Представлен анализ функции неопределенности, разрешающей способности, и радиометрической чувствительности радиометра. Возможности такого инструмента демонстрируются на примере радиометра L - диапазона.

Постановка задачи

Геометрия задачи изображена на рис.1. Для упрощения, без потери общности, Земля предполагается плоской. Излучающая поверхность S с элементом $\Delta S = \Delta x \Delta y$ параллельна плоскости XOY . В этой плоскости находятся две антенны, размещенные на двух спутниках с высотой орбиты $z = H$, перемещающихся с постоянной скоростью V вдоль оси x . Положение фазовых центров антенн 1 и 2 определяется векторами $R_1(t) = (vt, -D/2, 0)$ и $R_2(t) = (vt, D/2, 0)$, где D – база интерферометра. Координата излучающего элемента ΔS задана вектором R ($R_s = (x, y)$ в плоскости S). Положение центра O_1 антенной решетки относительно элемента ΔS определяется вектором $R_0(t) = R - V_0 t$, а направление на ΔS — еди-

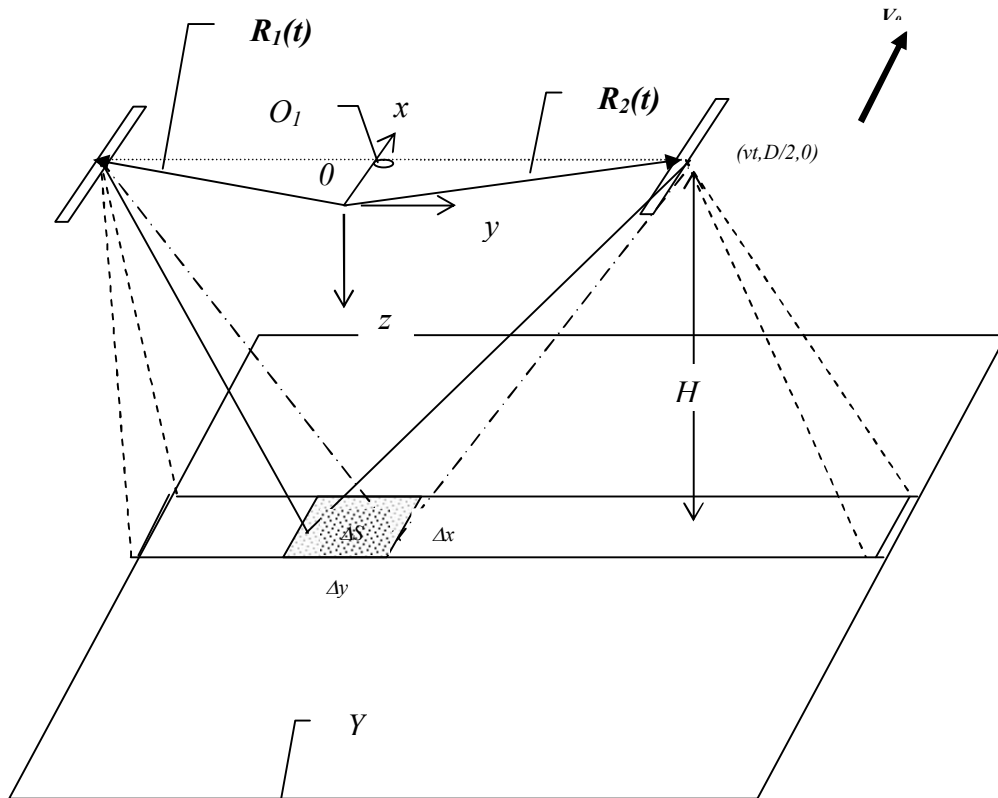


Рис. 1. Геометрия задачи

ничным вектором $\theta(x,y,t) = R_0(x,y,t)/|R_0(x,y,t)|$, или его проекцией $\theta(x,y,t) = (\theta_x(x,y,t), \theta_y(x,y,t))$ на плоскость решетки Р. Антенны имеют одинаковые нормированные диаграммы направленности $F(x,y,t)$ по полю

$$F(x,y,t) = \exp\left[-\frac{(x-vt)^2 H^2}{2(\Delta x)^2 (H^2 + y^2)}\right] \exp\left[-\frac{y^2}{2Y^2}\right], \quad (1)$$

ориентированные своими максимумами в надир, а приемные устройства - одинаковые частотные характеристики $H(f) = \exp(-\pi(f-f_0)^2/(2B^2))$ с центральной частотой ω_0 и эквивалентной шумовой полосой B . В выражении (1) символом Δx обозначена разрешающая способность системы по оси x в линейной мере.

Излучение поверхности S будем характеризовать спектрально - пространственной плотностью

$\overset{o}{A}(x,y,f)$ комплексных амплитуд радиоизлучения

в точке $R(t) = (vt, 0, 0)$, являющейся нормальным случайным полем с нулевым средним и корреляционной функцией

$$\begin{aligned} \left\langle \overset{o}{A}(x_1, y_1, f_1) \cdot \overset{o}{A}^*(x_2, y_2, f_2) \right\rangle = \\ = \frac{B(x_1, y_1)}{4\pi(H^2 + y_1^2)} \delta(x_1 - x_2) \delta(y_1 - y_2) \delta(f_1 - f_2) \end{aligned} \quad (2)$$

Функция $B(x,y)$ имеет смысл спектрально - пространственной плотности потока мощности (радиояркости) радиоизлучения поверхности S , величину которой в пределах полосы пропускания радиометрической системы положим постоянной.

Сигнал $\dot{S}_i(t)$, принимаемый i -м элементом антенны от поверхности S , определяется соотношением

$$\dot{S}_i(t) = \sqrt{G_0} \iint_{FS} F(x, y, t) \cdot A^*(x, y, f) H(f) \times \exp\{-j2\pi f[t - R_i(x, y, t)/c]\} df dx dy \quad (3)$$

Здесь c — скорость света, G_0 — коэффициент усиления элемента антенной решетки по мощности, а $R_i(x, y, t)$ — модуль (длина) соответствующего вектора, равный расстоянию между элементом ΔS излучающей поверхности и i -м элементом антенны.

Прием сигналов $\dot{S}_i(t)$ осуществляется на фоне нормальных помех $\dot{n}_i(t)$, обусловленных фоновым излучением поверхности, а также пересчитанными на выход элемента решетки тепловыми шумами приемного устройства. При этом $\langle \dot{n}_i(t) \rangle = 0$, $i = 1, 2$, а

$$\langle \dot{n}_i(t_1) \cdot \dot{n}_k^*(t_2) \rangle = N_0 \delta_{ik} \rho(t_1 - t_2), \quad (4)$$

где N_0 — спектральная плотность мощности тепловых шумов приемников, а $\rho(\tau) = R(\tau) \cos(2\pi f_0 \tau)$ — автокорреляционная функция шумов, определяемая частотной характеристикой $H(f)$ приемников. Отметим, что автокорреляционная функция полезных сигналов на выходах приемных каналов будет точно такой же. При этом

$$R(\tau) = \exp[-\pi(B\tau)^2] \quad (5)$$

На вход устройства обработки поступают колебания

$$\begin{aligned} \dot{U}_1(t) &= \dot{S}_1(t) + \dot{n}_1(t), \\ \dot{U}_2(t) &= \dot{S}_2(t) e^{j\varphi} + \dot{n}_2(t). \end{aligned} \quad (6)$$

В (5) символом φ обозначена случайная, постоянная на интервале обработки фаза, моделирующая расхождение шкал времени (гетеродинов) приемных пунктов.

Требуется по реализациям $\dot{U}_i(t)$, $i = 1, 2$ сформировать на интервале наблюдения $t \in T$ оценку $\hat{B}(x, y)$ распределения радиояркости излучения поверхности S и определить ее характеристики.

Алгоритм обработки

Легко показать [1], что при выбранной модели полезных сигналов и помех, оценка $\hat{B}(x, y, \varphi)$ максимального правдоподобия радиояркости $B(x, y)$ является функцией не только координат, но и неинформативного параметра φ синхронизации шкал времени приемников и определяется соотношением

$$\hat{B}(x, y, \varphi) = \text{Re} \left\{ \int_T \tilde{U}_i(t) \tilde{U}_2^*[t - \tau(x, y)] e^{j\varphi} dt \right\} \quad (7)$$

Здесь $\tilde{U}_i(t)$ — колебание $\dot{U}_i(t)$, прошедшее через полосовой фильтр соответствующего приемника, $\tau(x, y) = [R_1(x, y, t) - R_2(x, y, t)]/c$ — постоянная на интервале наблюдения T взаимная задержка сигналов, принятых антеннами от участка поверхности с координатами (x, y) . Длительность интервала времени T не превышает величины $\Delta x/v$ — времени пролета спутниками элемента разрешения ΔS .

Типовая процедура исключения неинформативного параметра состоит либо в усреднении функции правдоподобия по этому параметру, либо же в совместном оценивании информативных и неинформативных параметров. Обе процедуры приводят к одному и тому же результату — оценка $\hat{B}(x, y)$ максимального правдоподобия радиояркости $B(x, y)$ определяется модулем комплексного корреляционного интеграла:

$$\hat{B}(x, y) = \left| \int_T \tilde{U}_i(t) \tilde{U}_2^*[t + \tau(x, y)] dt \right| \quad (8)$$

Учитывая далее, что развертка изображения вдоль оси x осуществляется за счет движения спутников, а разрешающая способность Δx по этой оси определяется шириной диаграммы направленности элемента антенной решетки, получим рабочий алгоритм обработки принимаемых колебаний:

$$\hat{B}(x, y) = \left| \int_{x/v-T}^{x/v} \tilde{U}_i(t) \tilde{U}_2^*[t + \tau(y)] dt \right|, |y| \leq Y/2 \quad (9)$$

Найдем статистические характеристики функции $\hat{B}(x, y)$ (выходного эффекта радиометрической системы). Для этого выделим его сигнальную $B_s(x, y)$ и помеховую $B_n(x, y)$ составляющие.

$$B_s(x, y) = \left| \int_{x/v-T}^{x/v} \dot{S}_1(t) \cdot S_2^*(t + \tau(y)) dt \right|, |y| \leq Y/2 \quad (10)$$

Математическое ожидание случайной функции $B_s(x, y)$, распределенной по обобщенному закону Релея, при $BT \gg 1$ с учетом (4) и (5) оказывается пропорциональным свертке радиояркости $B(x, y)$ с функцией неопределенности $\Psi(x_l, y_l, x, y)$ системы:

$$\langle B_s(x, y) \rangle = \frac{G_0 2BT}{4\pi} \int_s \frac{B(x_l, y_l)}{H^2 + y_l^2} \Psi(x_l, y_l; x, y) dx_l dy_l. \quad (11)$$

При этом функция неопределенности (нормированная реакция радиометра на точечный источник излучения) описывается соотношением

$$\Psi(x_l, y_l; x, y) = R[\tau(y_l) - \tau(y)] F^2(x_l, y_l - y, x/v), \quad (12)$$

или, используя принятые аппроксимации диаграмм направленности антенн и частотной характеристики приемников, иначе

$$\Psi(x_l, y_l; x, y) = \exp \left[-\pi \frac{(BD(y - y_l))^2}{c^2(H^2 + y_l^2)} \right] \times \exp \left[-\frac{(x_l - x)^2 H^2}{(\Delta x)^2 (H^2 + y_l^2)} \right] \exp \left[-\frac{(y - y_l)^2}{Y^2} \right] \quad (13)$$

Последний сомножитель в (13) ограничивает ширину Y полосы обзора и на разрешающую способность практически не влияет. Второй сомножитель характеризует разрешающую способность системы вдоль полосы обзора, обеспечиваемую физическим размером антенны по оси x . При этом размеры апертуры L_x и L_y по соответствующим осям связаны со значениями Δx и Y соотношениями

$$L_x = \lambda H / \Delta x, \quad L_y = \lambda H / Y \quad (14)$$

Разрешение в поперечном направлении определяется первым сомножителем, при этом размер Δy пикселя в надире по уровню – 3 дБ равен

$$\Delta y = \frac{cH}{\sqrt{\pi}BD} = \frac{\lambda_B H}{\sqrt{\pi}D} \quad (15)$$

где $\lambda_B = c/B$ – эквивалентная длина волны, определяемая полосой пропускания приемников.

Т.о., разрешающая способность радиометра в плоскости, проходящей через базу интерферометра, обратно пропорциональна ширине спектра процессов и размеру базы.

Функция неопределенности $\Psi(x_l, y_l, x, y)$ представляет собой нормированное изображение точечного излучателя с координатами x_l, y_l : $B(x_l, y_l) = \delta(x - x_l) \cdot \delta(y - y_l)$ и в зоне обзора радиометрической системы имеет только один выброс (лепесток) с максимумом в точке (x_l, y_l) . Учитывая сказанное, выражение (11) можно представить следующим образом:

$$\langle B_s(x, y) \rangle \approx 2BT \frac{G_0 \tilde{B}(x, y) \Delta x \Delta y}{4\pi(H^2 + y^2)} \approx 2BT \tilde{B}(x, y) \frac{\Delta y}{Y}, \quad (16)$$

где $\tilde{B}(x, y)$ – усредненная на элементе разрешения радиояркость. Это значит, что математическое ожидание выходного эффекта радиометрической системы пропорционально распределению радиояркости излучающей поверхности, сглаженному аппаратной функцией системы.

Учитывая малость отношения сигнал/шум на выходе одного элемента антенной решетки, в помеховой составляющей будем с достаточной для практики точностью учитывать только слагаемое, содержащее произведения $\dot{n}_1(t) \cdot \dot{n}_2^*(t)$, тогда

$$B_n(x, y) \approx \text{Re} \left[\int_{x/v-T}^{x/v} \dot{n}_1(t) \cdot \dot{n}_2^*(t + \tau(y)) dt \right]. \quad (17)$$

Нормальная случайная функция $B_n(x, y)$ имеет нулевое математическое ожидание и корреляционную функцию, равную

$$\langle B_n(x_1, y_1) \cdot B_n(x_2, y_2) \rangle = N_0^2 2BT \Lambda \left(\frac{x_1 - x_2}{vT} \right) \times \exp \left\{ -\pi \frac{(BD(y_1 - y_2))^2}{c^2(H^2 + y_1^2)} \right\} \quad (18)$$

где

$$\Lambda(x) = \begin{cases} |x|, \text{ при } |x| \leq 1 \\ 0, \text{ при } |x| > 1 \end{cases}$$

Отношение сигнал/шум μ на выходе радиометрической системы [2,3] принято характеризовать отношением математического ожидания сигнальной составляющей к среднему квадратичному значению помеховой, т. е.

$$\mu = \frac{\langle B_s(x, y) \rangle}{\sqrt{\langle B_n^2 \rangle}} = \frac{B(x, y)}{N_0} \sqrt{2BT} \cdot \frac{\Delta y}{Y}. \quad (19)$$

Чувствительность радиометрической системы

Чувствительность ΔT радиометрической системы принято [2,3] характеризовать величиной измеряемой радиояркости, выражаемой в радиояркостной температуре, при которой отношение сигнал/шум μ на выходе системы равно единице. В соответствии с

$$\Delta T = \frac{T_s}{\sqrt{2BT}} \frac{Y}{\Delta y}, \quad (20)$$

где $T_s = N_0/k$ — шумовая температура системы, k — постоянная Больцмана.

Сомножитель $T_s / \sqrt{2BT}$ совпадает с выражением для чувствительности типового сканирующего радиометра [3].

Второй сомножитель в (26), равный отношению ширины полосы обзора к ширине элемента разрешения, или, другими словами, — количеству M параллельных каналов корреляционной обработки, характеризует ухудшение чувствительности рассматриваемой радиометрической системы по от-

ношению к типовой (при равных временах накопления). Причиной этого эффекта является уменьшение «заполнения» диаграммы направленности антенны излучением пикселя в $\Delta y/Y$ раз по сравнению со сканирующим радиометром, где угловой размер пикселя радиоизображения поверхности совпадает с шириной диаграммы направленности антенны.

Отметим также, что типовой радиометр с разрешающей способностью, равной разрешающей способности рассматриваемого бистатического радиометра должен иметь антенну, площадь которой ($L_x \times L_y$) по крайней мере в $M/2$ раз больше суммарной площади антенн бистатического радиометра. Типовой радиометр формирует изображение одного пикселя в течении времени $T_T = T/M$, соответственно и чувствительность его при этом равна

$$\Delta T_T = T_s / (2BT/M)^{1/2} = \Delta T / M^{1/2}$$

Ухудшение потенциальной чувствительности бистатического радиометра в $M^{1/2}$ раз является платой за уменьшение в $M/2$ раз суммарной площади и, значит, размеров и массы его антенны при сохранении характеристик разрешения.

Требования к координатно-временному обеспечению системы

Погрешности в определении взаимных координат (вектора базы $\mathbf{D}$) и шкал времени спутников приводят к искажению формируемого радиоизображения. Типовые требования к точности координатно – временного обеспечения радиоинтерферометра [4] связаны с длиной волны λ принимаемого излучения – $|\delta \mathbf{D}| \ll \lambda$, $|\delta t f_0| \ll 1$, $|\delta f/f_0| T \ll 1/f_0$. Здесь δt – сдвиг шкал времени элементов радиоинтерферометра, а $\delta f/f_0$ – относительная нестабильность частоты опорных генераторов, характеризующая скорость ухода шкал времени элементов радиоинтерферометра.

Поскольку в рассматриваемом случае интерференционная картина формируется на эквивалентной длине волны $\lambda_B = c/B$, то соответствующие требования будут выглядеть следующим образом: $|\delta D| \ll \lambda_B$, $|\delta B| \ll 1$, $|(\delta f/f_0)T| \ll 1/f_0$ и оказываются λ_B/λ раз слабее, чем для типовых интерферометров.

Бистатистический радиометр высокого разрешения L-диапазона

В качестве практического примера определим основные характеристики радиометра – интерферометра высокого разрешения L – диапазона, предназначенного для определения влажности почвы и солености океана. В качестве исходных данных примем проектные характеристики системы SMOS европейского космического агентства [5]:

- ширина полосы обзора $Y=1000$ км;
- разрешающая способность на краю полосы обзора $\Delta S = 50 \times 50$ км²;
- радиометрическая чувствительность $\Delta T = 1$ К;
- шумовая температура системы $T_s = 250$ К;
- полоса частот приемного тракта $B = 19$ МГц;
- несущая частота $f_0 = 1,43$ ГГц;
- высота орбиты спутника $H = 750$ км;
- скорость движения спутника $v = 7,5$ км/с.

Используя полученные выше соотношения, находим:

- длина антенны (по направлению вектора скорости) $L_x = \lambda R/\Delta x = 3,78$ м;
- ширина антенны $L_y = \lambda H/Y = 0,1575$ м;
- длина базы на основании (16) $D = \lambda_B R/(\pi^{1/2} \Delta y) = 145$ м;
- длительность интервала обработки $T = \Delta x/v \cong 6$ с;
- чувствительность радиометра $\Delta T = 0,33$ К;

- требуемая точность определения вектора базы $|\delta D| < 1,5$ м;
- требуемая относительная нестабильность опорных генераторов $|\delta f/f_0| < 10^{-10}$;
- допустимое рассогласование шкал времени спутников $|\delta t| < 10$ нс.

Здесь $R = (H^2 + Y^2/4)^{0.5}$ – расстояние от центра базы до края полосы обзора.

Отметим, что обычно [4,5] радиометрические системы имеют два канала для приема излучения с вертикальной и горизонтальной поляризациями. При этом обработка принимаемых сигналов осуществляется одной и той же аппаратурой с разделением во времени. Чувствительность при этом ухудшается на 3 дБ.

Вопросы практической реализации

На практике радиоизображение $\hat{B}(x, y)$ формируется для счетного множества значений $x_k = k\Delta x$, $y_n = n\Delta y$ где шаг дискретизации Δx , Δy обычно принимают равным разрешающей способности по соответствующей координате. При этом алгоритм обработки приобретает следующий вид:

$$\hat{B}(k\Delta x, n\Delta y) = \left| \int_{k\Delta x/v-T}^{k\Delta x/v} \tilde{U}_1(t) \tilde{U}_2^*[t + \tau(n\Delta y)] dt \right|, \quad (21)$$

$$n = -N/2, N/2$$

Здесь $N=Y/\Delta y$ – число элементов разрешения в полосе обзора (количество каналов корреляционной обработки).

Алгоритм (21) удобно реализовать в цифровом виде, заменяя процессы $U_i(t)$ периодической последовательностью их отсчетов. Интеграл в (21) в этом случае заменяется суммой:

$$\hat{B}(k\Delta x, n\Delta y) = \left| \sum_{l=km-M}^{km} \tilde{U}_1(l\Delta t) \tilde{U}_2^*[l\Delta t + \tau(n\Delta y)] \right|, \quad (22)$$

$$n = -N/2, N/2$$

где $m = \Delta x/(v\Delta t)$, а $M = T/\Delta t$

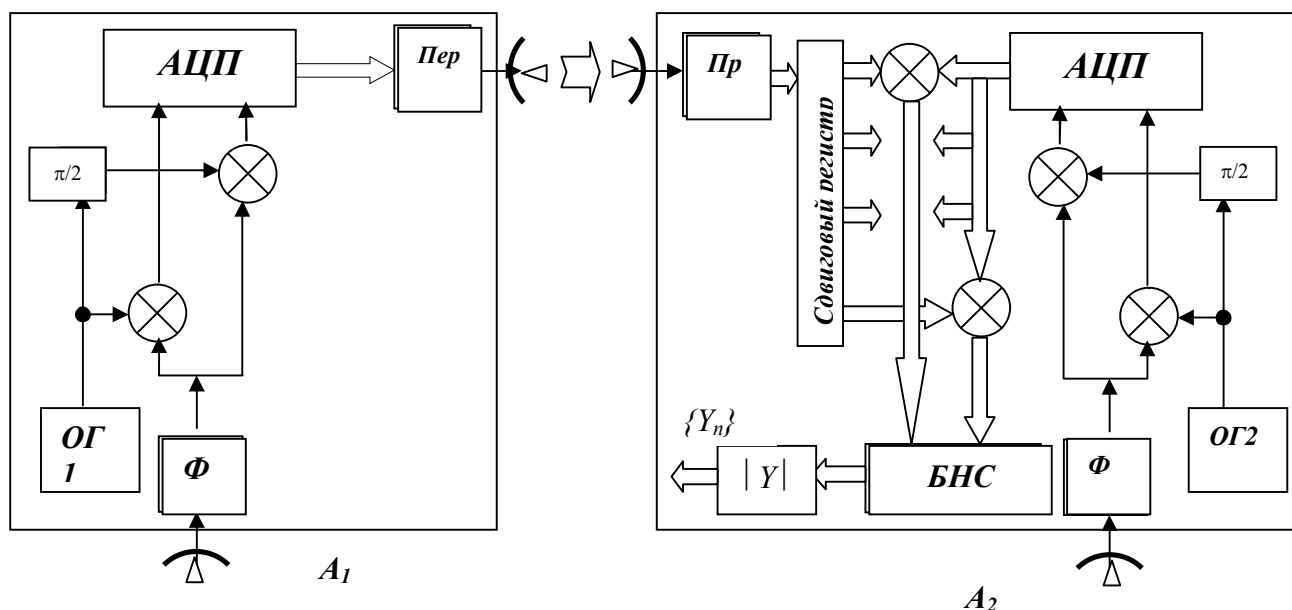


Рис. 2. Упрощенная функциональная схема бистатического радиометра

Упрощенная функциональная схема радиометрической системы приведена на рис. 2. Система состоит из двух антенн A_1 и A_2 , размещенных на двух космических аппаратах $KA1$ и $KA2$. К ним подсоединены идентичные приемные тракты с квадратурными выходами и эффективной шумовой полосой пропускания B . Отсчеты сигналов с выходов первого приемника, после дискретизации и аналогоцифрового преобразования, передаются с помощью связной радиолинии в аппаратуру обработки на второй $KA2$.

Обработка осуществляется в соответствии с алгоритмом (22). Цифровые умножители перемножают комплексные отсчеты $U_2(k\Delta t)$ с совокупностью $U_1(k\Delta t - \tau(n\Delta y))$, $n = (-N/2, N/2)$, сигналов первого приемника, снимаемых с отводов сдвигового регистра. Произведения далее накапливаются в блоке комплексных накапливающих сумматоров (БНС) в течение интервала времени, длительностью T . Завершается формирование отсчетов радиоизображения $\{Y_n\}$, $n = (-N/2, N/2)$ вычислением модуля результатов накопления.

Более гибким и удобным в реализации может оказаться алгоритм вычисления свертки (22), использующий методы дискретного Фурье - анализа.

Обсуждение результатов

Проведенное рассмотрение показывает принципиальную возможность создания на основе простейшей группировки из двух спутников радиометрических систем исследования природных ресурсов Земли из космоса с высокой разрешающей способностью и чувствительностью. При этом требуемые характеристики радиометрических систем достигаются с помощью антенн с небольшой физической площадью и, следовательно, с приемлемой для использования на ИСЗ массой, а требования к координатно – временному обеспечению группировки оказываются не слишком обременительными и реализуемыми уже на современном уровне развития техники.

Радиометрические системы, реализующие полученные выше алгоритмы, с точки зрения сложности, занимают промежуточное положение между типо-

выми сканирующими радиометрами и радиометрами с синтезированием апертуры [6].

Использование полученных алгоритмов обработки радиотепловых сигналов в бистатистическом радиометре позволяет существенно повысить разрешающую способность радиометрических систем в традиционных диапазонах длин волн (миллиметровых и сантиметровых), а также создавать радиометрические системы в еще не освоенных дециметровом и метровом диапазонах.

Заключение

Определены потенциальные возможности (разрешающая способность и чувствительность) бистатистических радиометрических систем и их связь с параметрами систем. Получены простые в реализации алгоритмы обработки сигналов в таких системах исследования природных ресурсов Земли, которые не предъявляют жестких требований к координатно – временному обеспечению систем и позволяют простыми техническими средствами обеспечить их высокую разрешающую способность и чувствительность.

На примере радиометрической системы L – диапазона показано, что основное достоинство бистатистических радиометров состоит в том, что они обеспечивают необходимые пространственное разрешение и чувствительность, используя антенные системы с малой физической поверхностью — порядка трех - пяти процентов от площади антенны эквивалентного по характеристикам типового радиометра, при сопоставимой сложности аппаратуры обработки.

Литература

1. Фалькович С. Е., Пономарев В. И., Шкварко Ю. В. Оптимальный прием пространственно-временных сигналов в радиоканалах с рассеянием. — М.: Радио и связь, 1989.—296 с.

2. Николаев А. Г., Перцов С. В. Радиотеплолокация. — М.: Сов. радио, 1964.—335 с.
3. Le Vine D. M. The sensitivity of synthetic aperture radiometers for remote sensing applications from space // Radio Sci.—1990.— 25, N 4.—P. 441—450.
4. Swenson G. W., Mathur N. C. The interferometer in radio astronomy // Proc. IEEE.—1968.—56(12).—P. 2114—2130.
5. P. Silvestrin, M. Berger, Y. H. Kerr, J. Font ESA's Second Earth Explorer Opportunity Mission: The Soil Moisture and Ocean Salinity Mission – SMOS // IEEE Geoscience and Remote Sensing Newsletter(118),11-14
6. Пискорж В.В., Кирилюк В.М., Верещак А.П. Радиометрические системы с синтезированием апертуры для исследования природных ресурсов Земли из космоса // Космічна наука і технологія, 1995, I, №2, с. 15 - 23

Поступила в редакцию 20.09.03

Рецензент: д.т.н., проф. Илюшко В.М., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 621.436

Ф.А. СЛОБОДКИНА¹, А.В. ЕВТЮХИН²¹*ГУП ЦИАМ, Россия*²*РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Россия***ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЖЕКТОРА
КАК УСТРОЙСТВА УВЕЛИЧЕНИЯ ТЯГИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Предложена математическая модель, описывающая течение в эжекторе с пульсирующей активной струей. Проведен анализ параметров, управляющих процессом в канале эжектора с пульсирующей активной струей. Разработан соответствующий комплекс алгоритмов и программ.

авиационный двигатель, импульсный эжектор, модель, алгоритм, управление, газодинамический процесс

Введение

Известны и широко применяются в различных областях техники эжекторные устройства для увеличения расхода низконапорного газа путем смешения со стационарной струей высоконапорного газа [1]. В последние годы установлено, что эжекционный процесс с пульсирующей струей при определенных механико-геометрических соотношениях в потоке способен значительно увеличивать прирост массы и импульса пассивного газа по сравнению со стационарным процессом. Это явление обусловлено возникновением в эжекционном канале разделенных структур с преимущественным увеличением дополнительной массы в волнах разрежения с малой диссипацией энергии [2-3].

Основной выигрыш при использовании пульсирующей активной струи достигается за счет увеличения захвата массы пассивного газа и увеличения импульса струи по сравнению со стационарным эжекционным процессом.

В настоящее время имеются экспериментальные исследования, подтверждающие большую эффективность пульсирующего эжекционного процесса по сравнению со стационарным эжектором, где главную роль играют вязкие эффекты.

В связи с возникновением интереса к ПуВРД в авиационной науке разработка теоретических и экспериментальных методов изучения импульсных эжекторов (ИЭ) может оказаться весьма своевременной для использования этих устройств в качестве усилителей тяги авиадвигателей.

Одним из основных методов детального исследования образцов новой техники и физико-механических процессов, возникающих на различных режимах их работы, является математическое и численное моделирование.

Здесь представлена математическая модель высокого уровня для описания газодинамического процесса в импульсном эжекторе.

Модель построена на нестационарных двумерных уравнениях газовой динамики с периодически меняющимися граничными условиями на выходе из канала активного газа.

Разработанные соответствующие алгоритмы и программное обеспечение, позволили создать математический стенд для исследования импульсного эжектора.

В данной работе на основе многовариантных расчетов изучается влияние на характеристики устройства таких параметров, как давление и темпера-

тура газа на входе в активный и пассивный каналы, длины каналов, частота циклов, скважность и др.

Математическая модель течения газа в канале импульсного эжектора

Эжектор представляет собой канал, осесимметричный или плоский, произвольной геометрии, во входное сечение которого подведены два источника газа – с высоким и низким давлением (рис. 1).

На выходе из эжекторного канала может задаваться статическое давление среды, куда происходит истечение.

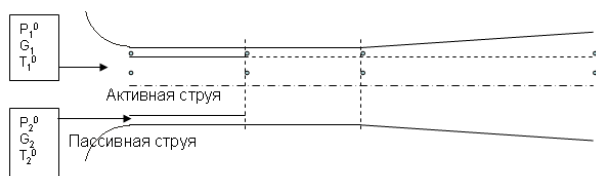


Рис. 1. Меридиональное сечение осесимметричного канала импульсного эжектора

При работе импульсного эжектора активная струя втекает в канал только в течение некоторого времени Δt_1 ; затем сечение, через которое поступает активный газ, перекрывается, а пассивный газ продолжает поступать в эжекторный канал за счет разрежения, возникшего в результате перекрытия источника активного газа. Спустя отрезок времени Δt_2 сечение поступления активного газа снова открывается и газ втекает в канал в течение времени Δt_1 , и так далее.

Во входном сечении в эжектор ($x = 0$, рис. 1) считаются заданными параметры торможения активного и пассивного газа.

Параметры активного газа будем помечать индексом 1, а пассивного – индексом 2.

В выходном сечении эжектора задается статическое давление среды P_3 , куда происходит истечение.

В связи с вышеописанной механикой явления нестационарное периодическое течение газа в канале импульсного эжектора может быть промоделировано нестационарными уравнениями газовой динамики для невязкого нетеплопроводного газа с периодическими граничными условиями. Потери волнового характера эти уравнения описывают точно.

В качестве численного метода решения поставленной задачи используется метод С.К. Годунова.

Интегральные характеристики, принятые за меру эффективности устройства

В качестве меры эффективности работы ИЭ могут рассматриваться следующие величины: коэффициент эжекции $n = G_2/G_1$, увеличение импульса струи на выходе из устройства и увеличение энергии потока в выходном сечении. Отношения этих параметров к некоторым начальным значениям на входе в эжектор представляют собой коэффициенты, характеризующие работу ИЭ.

Все перечисленные параметры представляют собой интегралы по времени за один период τ установившегося периодического режима и делятся на время цикла.

Численное исследование характеристик импульсного эжектора

Проведены расчеты с целью определения параметров, управляющих течением, которые доставляют максимальное значение величине, принятой за меру эффективности устройства.

Варьировались значения управляющих параметров в следующих диапазонах:

- полное давление в активном газе $1.5 \leq P_1^0 \leq 10$ а;

- полная температура в активном газе $288\text{K} \leq T_1^0 \leq 1000\text{K}$;
- полное давление и температура в пассивном газе сохранялись постоянными $P_2^0 = 1\text{ а}$, $T_2^0 = 288\text{K}$;
- частота процесса $T_{\text{цикл}} = 50, 100, 150, 600\text{ Гц}$;
- доля времени работы активной струи $T_{\text{акт.}} = 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9$.

Для детального исследования процесса в ИЭ было рассчитано более 500 вариантов.

Укажем, что при значениях $P_1^0 > 6$ и $0.4 \leq T_{\text{акт.}} \leq 0.6$ происходит заклинивание канала эжектора, поэтому ниже приводятся результаты для тех управлений, которые не вызывают этого явления.

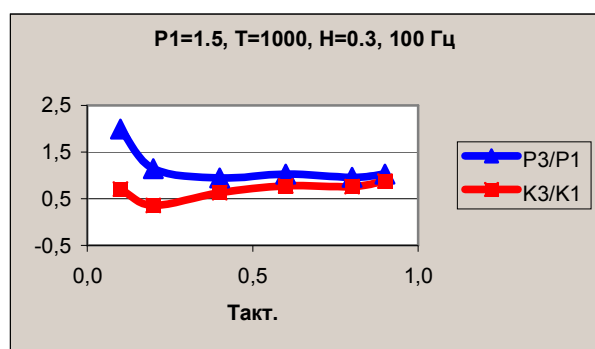


Рис. 2. Зависимость интегральных характеристик ИЭ заданной геометрии от времени работы активной струи при остальных оптимальных управлениях

Анализ результатов расчетов показал, что наибольшая эффективность ИЭ достигается в канале, представленном на рис. 1. Максимальное значение интегральных характеристик получено при следующих значениях управляющих параметров: $T_{\text{акт.}} = 0.1$, частоте процесса 100 Гц , значениях $P_1^0 = 1.5$ и $T_1^0 = 1000\text{K}$, $H = 0.3$ – радиус поперечного сечения активного сопла.

Обобщающий результат приведен на рис. 2, 3. На рисунках представлены зависимости P_3/P_1 – отношение тяговой характеристики на выходе из эжектора к тяговой характеристике активного сопла,

K_3/K_1 – отношение кинетической энергии на выходе из эжектора к кинетической энергии на выходе из активного сопла.

Расчет параметров сопла без эжекторного насадка в сравнении с соплом активного газа с использованием эжекторного насадка показывает, что тяга сопла с эжекторным насадком увеличивается более чем в 2 раза при соответствующем отношении кинетической энергии в выходных сечениях порядка 0.7.

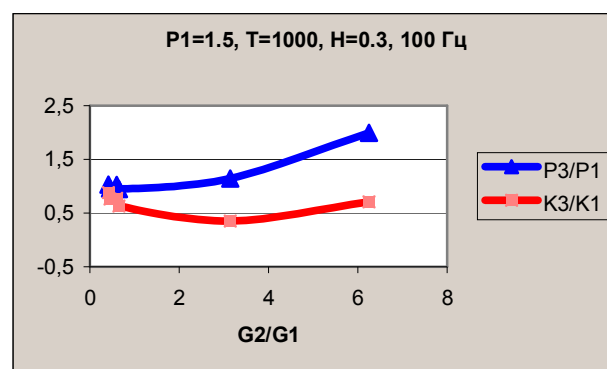


Рис. 3. Зависимость интегральных характеристик ИЭ заданной геометрии от коэффициента эжекции

При высоких давлениях P_1^0 от 6 до 10 а в диапазоне T_1^0 от 288 К до 1000 К, при частотах 100, 150, 600 Гц и $T_{\text{акт.}} = 0.8, 0.9$ максимальные значения интегральных характеристик достигаются при $P_1^0 = 8\text{ а}$, $T_1^0 = 288\text{K}$, $T_{\text{акт.}} = 0.8$ и частоте 600 Гц. При этих значениях величины $P_3/P_1 = 2.05$ при $K_3/K_1 = 0.82$. Следует отметить, что при высоких давлениях наибольшее влияние на интегральные характеристики оказывает значение величины P_1^0 . Влияние других управляющих параметров незначительно.

Заключение

1. На основе математического и численного моделирования высокого уровня исследованы нестационарные периодические по времени газодинамические процессы в эжекторе с пульсирующей активной струей. Математическая модель построена

на нестационарных пространственных уравнениях Эйлера и меняющихся по времени граничных условиях.

2. Проведен анализ параметров, управляющих течениями в импульсном эжекторе (ИЭ). Показано, что управлениями являются отношения соответствующих параметров торможения на входе активного и пассивного газов, частота импульсного процесса, доля времени работы активной струи (скважность), формы каналов – активного газа и эжекторного канала (ЭК).

3. Интегральные характеристики – коэффициент эжекции, относительная энергия в выходном сечении канала, коэффициент увеличения тяги, осредненные по времени продолжительности цикла, выбраны в качестве меры эффективности ИЭ.

4. С целью исследования характеристик ИЭ было рассчитано более 500 вариантов импульсных процессов, где рассматривались в различных сочетаниях значения управляющих параметров. Расчеты показали, что влияние управлений на интегральные характеристики ИЭ носит сложный нелинейный характер.

В результате получено, что значение коэффициента тяги сопла в импульсном процессе с эжекторным насадком по сравнению с тем же соплом без эжекторного насадка может увеличиваться более чем в 2 раза и достигается при вполне определенных сочетаниях управляющих параметров – давления и температуры торможения в активной струе, частоте процесса и скважности. Геометрия каналов эжектора соответствовала традиционным каналам для стационарных эжекторов. Параметры пассивного газа во всех вариантах принимались равными: $P_2^0 = 1a$, $T_2^0 = 288 K$.

Известно, что максимальное увеличение тяги при использовании эжектора со стационарным процессом составляет 50-52 %.

Литература

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. - Т.1. - М.: Наука, 1991. - 597с.
2. Кудрин О.И. Исследование пульсирующего составного реактивного сопла: Дисс. канд. техн. наук. – М.: МАИ, 1951. – 120 с.
3. Кудрин О.И., Квасников А.В., Челомей В.Н. Явление аномально высокого прироста тяги в газовом эжекционном процессе с пульсирующей активной струей. - Открытие № 314. Заявка № ОТ-8918 от 3 01 1975.

Поступила в редакцию 29.09.03

Рецензенты: доктор техн. наук, проф. С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 658.2

Г.Г. КАХРАМАНОВ¹, Ю.И. МИЛУШИН², В.Н. ВЫБОРНОВ²¹АО «Авионика», Украина²ОАО «Авиаконтроль», Украина

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУКОЕМКИХ РАЗРАБОТОК ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ АО «АВИОНИКА» И ОАО «АВИАКОНТРОЛЬ»

Рассмотрены вопросы обеспечения экономической эффективности деятельности узкоспециализированных предприятий. На конкретных примерах показано достижение конкурентоспособности путем использования новых технических решений в области создания бортового оборудования летательных аппаратов и совершенствования его эксплуатационно-технических характеристик.

конкурентоспособность, эффективность, бортовое оборудование, технологический процесс, производительность, устройство управления

Непрерывное улучшение летно-технических, экономических и эксплуатационных характеристик воздушных судов является характерной особенностью развития авиационной техники.

В настоящее время в ведущих авиастроительных государствах - в США и странах Европы намечены новые рубежи научно-технического прогресса в целях повышения эффективности и конкурентоспособности авиационной техники.

В рыночных условиях обеспечение конкурентоспособности выпускаемой продукции является одной из главных задач деятельности предприятий.

Среди основных факторов, характеризующих конкурентоспособность выпускаемой продукции, определяющим является эффективность производства.

Экономическая эффективность узкоспециализированных предприятий обуславливается увеличением объема производства однородной в конструктивно-технологическом отношении продукции, что создает предпосылки для широкого применения высокопроизводительного, специализированного оборудования и передовых технологических процессов.

Небольшие масштабы предприятия способствуют повышению гибкости и мобильности производства при переходе на новые виды продукции, усиливают мотивацию трудового коллектива при выполнении принятых обязательств, благодаря реальной связи между результатами труда и получаемым вознаграждением. Все это позволяет повысить производительность труда, снизить себестоимость и улучшить качество выпускаемой продукции.

Для предприятий, выпускающих узкоспециализированную продукцию и функционирующих в условиях риска и неопределенности рынка, главная задача планирования заключается в том, чтобы на основе имеющихся данных определить стратегию производства, придерживаясь которой предприятие в наименьшей степени будет уязвимо в будущем с точки зрения некоторого выбранного критерия оптимальности его деятельности.

Решающее значение для достижения конкурентоспособности имеет разработка новых технических решений в области создания летательных аппаратов, двигателей, материалов и конструкций, бортового радиоэлектронного оборудования, авиационных агрегатов и систем и совершенствования эксплуатационно-технических характеристик.

На Украине проведение таких разработок связано, прежде всего, с программой создания регионального самолета нового поколения Ан-148, создаваемого на АНТК «Антонов». Среди партнеров этого известного во всем мире предприятия украинские разработчики и поставщики бортового авиационного оборудования - АО «Авионика» и ОАО «Авиаконтроль», основными направлениями деятельности которых являются:

- разработка нового авиационного оборудования;
- изготовление, ремонт, обслуживание, поставка комплектующих и запчастей для всех типов авиатехники, произведенной в странах СНГ, по Украине, ближнему и дальнему зарубежью;
- модификация и поставка пилотажного, навигационного и связного оборудования;
- поставка специального оборудования для техобслуживания и ремонта самолетов и вертолетов.

Перечень основных наукоемких разработок высокотехнологичной продукции ОАО «Авиаконтроль» и АО «Авионика» по Программе создания самолета Ан-148 представлен в таблице (выделены проекты, входящие в перечень Государственных целевых программ). Следует отметить, что предполагаемая стоимость работ, выполняемых за счет денег госбюджета от общей стоимости работ составляет не более 25-30%, а предложенные проекты соответствуют стратегическим приоритетным направлениям инновационной деятельности, определенным Законом Украины «Про приоритетные направления инновационной деятельности в Украине» от 16.01.2002 г. № 433-IV.

Краткая техническая характеристика проектов:

Устройство управления и контроля работы противообледенительной системы планера самолета Ан-148 УУКП-148

Назначение:

- включение и отключение подсистем воздушнотепловой противообледенительной системы (ПОС) в соответствии с положением органов управления и сигналами датчиков;
- регулирование количества поступающего в систему воздуха (за счет регулирования давления) в зависимости от температуры защищаемых от обледенения поверхностей, параметров поступающего в систему воздуха и режима полета;
- контроль исправности агрегатов системы.

Состав: два прибора УУКП-148 – управление работой подсистем ПОС крыла и оперения (3 канала); – управление работой подсистем ПОС воздухозаборников двигателей (2 канала). Каждый прибор УУКП-148 имеет возможность подключения:

- 6-и входов биполярного кода в соответствии с ARINC-429;
- 2-х выходов биполярного кода в соответствии с ARINC-429;
- 8-и датчиков температуры поверхности;
- 3-х датчиков температуры в системе;
- 5-и аналоговых датчиков давления в системе;
- управления 5-ю каналами клапанов регуляторов (в нештатной ситуации);
- прием сигнала обледенения от 2-х датчиков сигнализаторов обледенения;
- прием дискретных сигналов «+27В»/разрыв и «корпус»/разрыв.

Информационный комплекс высотно-скоростных параметров ИКВСП-148

Назначение:

ИКВСП-148 предназначен для приема сигналов от приемников воздушного давления (ПВД) и датчиков воздушного судна (ВС), цифровой обработки полученных сигналов, выдачи

информации об измеряемых/вычисляемых параметрах и сигнализации о критических параметрах полета ВС экипажу и другим потребителям воздушного судна. ИКВСП-148 обеспечивает обеспечение норм Сокращенного минимума вертикального эшелонирования (Reduced Vertical Separation Minimum – RVSM) через 300 метров (1000 футов).

Комплекс представляет собой информационно-измерительную систему, имеющую три

независимых подканала по каналу высоты и по два независимых подканала: по каналу приборной скорости ($V_{пр}$), максимально- допустимой скорости ($V_{мд}$), углу атаки и перегрузки. Контроль выходных сигналов всех каналов, имеющих дублирование, осуществляется по парному сравнению сигналов между собой. Такое построение комплекса позволяет обеспечить непрерывный контроль работы оборудования.

Таблица 1

Перечень основных наукоемких разработок высокотехнологичной продукции ОАО «Авиаконтроль» и АО «Авионика» по Программе создания самолета АН-148

Название разработки	Срок выполнения	Объемы финансирования, млн. грн.								
		Всего	В том числе							
			НИИОКР				Капитальные вложения			
			Всего	Собственные деньги предприятия	Кредитные ресурсы	За счет гос-бюджета	Всего	Собственные деньги предприятия	Кредитные ресурсы	За счет гос-бюджета
Устройство управления и контроля работы противообледенительной системы планера (УУКП-148)	IV кв. 2004г.	0,591	0,511	0,257	0,100	0,154	0,080	0,016	0,040	0,024
Информационный комплекс высотно-скоростных параметров (ИКВСП-148)	IV кв. 2004г.	0,500	0,400	0,180	0,100	0,120	0,100	0,030	0,040	0,030
Система аварийной, предупреждающей и уведомляющей системы (САС-В)	IV кв. 2004г.	0,570	0,450	0,215	0,100	0,135	0,120	0,034	0,050	0,036
Итого		1,661	1,361	0,652	0,300	0,409	0,300	0,080	0,130	0,09

Система аварийной, предупреждающей и уведомляющей сигнализации САС-В

Назначение:

САС-В предназначена для оповещения экипажа с помощью световых и звуковых сигналов об отказах, неисправностях и режимах работы систем и агрега-

тов самолета. Система объединяет работу групп аварийных, предупреждающих и уведомляющих светосигнализаторов и обеспечивает их взаимодействие с датчиками самолетных систем и агрегатов, с центральными сигнальными огнями и с системой внутренней звуковой связи.

Система обеспечивает членов экипажа предназначенной для них световой и звуковой сигнализацией об отказах и неисправностях тех или иных систем и агрегатов.

САС-В является универсальной системой, то есть путем соответствующих соединений блоков на борту обеспечивает на *разных типах самолетов* любой из вариантов логики работы светосигнализаторов, центральных сигнальных огней и системы звуковой связи.

Из приведенной таблицы видно, что создание нового авиационного оборудования требует значительных затрат времени и материальных ресурсов, особенно на этапах проектирования и сертификации. В связи с этим реализация рассматриваемых проектов АО «Авионика» осуществляется совместно с ОАО «Авиаконтроль», аттестованным Министерством промышленной политики Украины в качестве научной организации, являющейся головной в вопросах научно-технического обеспечения по направлению «Авиационные бортовые системы». Следует также отметить, что разработка компонентов для противообледенительной системы и системы кондиционирования воздуха нового регионального самолета Ан-148 выполняется в сотрудничестве с известной французской фирмой «Liebherr-Aerospace Toulouse SAS». Это позволяет использовать в разработках передовой мировой опыт, осваивать современные технологии приборостроения и рассматривать в перспективе возможность партнерского участия в различных проектах европейских фирм.

Эффективность и результативность проводимой предприятиями стратегии развития, направленной на широкое участие в создании нового бортового авиационного оборудования, партнерство с передовыми зарубежными фирмами, получила признание со стороны Украинского Фонда научно-

экономического и юридического сотрудничества и правительственных органов. Так за весомый вклад в совершенствование авиационной техники АО «Авионика» удостоено в 2002 году Национальной премии «Бизнес-Олимп» с присвоением звания «Золотая торговая марка», а в 2003 г. за высокий профессионализм и весомый вклад в развитие отечественного авиастроения предприятие награждено Почетной грамотой Кабинета Министров Украины.

Литература

1. Основы политики Российской Федерации в области авиационной деятельности на период до 2010 года.
2. Федеральная целевая программа «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002 - 2010 годы и на период до 2015 года».

Поступила в редакцию 12.09.03

Рецензент: д.т.н., проф. Жихарев В.Я., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 338.244

В.И. ПОЛЬШАКОВ¹, И.В. ПОЛЬШАКОВ²¹*Институт экономики и права «КРОК», Украина*²*Черниговский государственный институт экономики и управления, Украина*

КОРПОРАТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Предложена концептуальная схема корпоративной системы управления портфелем проектов в проектно-ориентированной организации. Рассмотрены задачи интегрированной адаптивной системы управления проектами. Изложена технология создания адаптивной информационно-управляющей системы. Изложена методика внедрения корпоративной системы управления проектами. Рассмотрен вопрос бюджетирования проектов.

проектное управление, стратегия, инновационный менеджмент, информационная технология, мониторинг, модель

Инновационный путь развития Украины — это стратегия нашего государства на ближайшие годы.

Проектное управление компаниями является одним из инструментов, обеспечивающих эту стратегию, так как успех бизнеса в любой корпорации в настоящее время заключается в успешности проведения ею отдельных проектов. Использование проектного управления позволяет многим компаниям экономить ресурсы и добиваться высоких темпов бизнеса. При чем эта возможность существует не только в таких проектно-ориентированных областях, как строительство, создание и внедрение информационных систем, но и в других областях. Поэтому сегодня большинство эффективно функционирующих компаний перешли на проектное управление.

На таких предприятиях разработка и внедрение проектов осуществляются под заказ. Как правило, производство и конструкторские отделы работают одновременно над несколькими заказами, следовательно, появляется задача эффективного распределения имеющихся производственных мощностей, человеческих, материальных ресурсов и денег.

Таким образом, вся деятельность предприятия представляется в виде совокупности взаимосвязанных проектов (портфеля проектов), что говорит о

необходимости использования адаптивной методологии управления проектами как основы для построения системы управления предприятием. Поэтому можно говорить о взаимосвязи управления проектами с инновационным менеджментом и информационными технологиями внутри корпорации, то есть о технологии корпоративного управления предприятием. Последовательность выполнения задач при реализации технологии корпоративного управления: формирование стратегии развития корпорации; формирование портфеля проектов; оптимизация инвестиционного портфеля; формирование пакета инвестиционных проектов; построение корпоративного инновационного фонда; построение корпоративной системы управления проектами; реализация проектов.

Из анализа последних достижений и публикаций [1, 4], можно сделать вывод, что корпоративная системы управления в проектно-ориентированных предприятиях проанализированы не достаточно полно, поэтому целью статьи является рассмотрение корпоративной системы управления проектами в проектно-ориентированных предприятиях как многокомпонентного ядра с элементами интеграции отдельных его частей.



Рис. 1. Концептуальная схема корпоративной системы управления портфелем проектов проектно-ориентированной организации

В контексте построения корпоративной системы управления возникает вопрос о разработке эффективных систем управления проектами и бюджетировании организации. Не существует целостного решения, которое одновременно включало бы в себя эффективные инструменты многопроектного управления и бюджетирования. На рис. 1 можно увидеть концептуальную схему корпоративной системы управления портфелем проектов проектно-ориентированной организации.

Основные черты корпоративной системы управления проектами и программами: единая структура проектов и программ; унифицированные процедуры инициации, планирования, организации, контроля исполнения и завершения проектов и программ; единая многоуровневая организационная структура управления проектами (проект, программа, портфель проектов), интегрированная в организационную структуру компании; использование единых методик, шаблонов документов, форм отчетности и процедур, регламентирующих действия участников проектов в соответствии с их ролями и фазами проекта; единая информационная система, обеспечивающая поддержку процедур управления проектами, включенная в информационную систему пред-

приятия; квалифицированный персонал, понимающий свою роль и ответственность, мотивированный и эффективно взаимодействующий в системе управления проектами; интеграция; портфели проектов и инвестиций; распределенная по подразделениям работа; различные методики планирования, контроля и управления рисками; множественность целей.

Работы по совершенствованию КСУП целесообразно проводить по следующим основным направлениям: диагностика и построение реестра проектов организации; разработка корпоративного стандарта управления проектами и программами; организация корпоративного центра управления проектами и офисов управления отдельными проектами и программами; разработка и внедрение автоматизированных информационных систем управления проектами и программами; обучение персонала в соответствии с их функциональными ролями в проектах и программах.

В корпоративных системах управления проектами, помимо управления стоимостью и сроками их выполнения, необходимо управлять данными проектов, структурой проектов, изменениями, процессами передачи данных, документов и заданий между участниками. Все эти задачи решаются с помощью интегрированной адаптивной системы управления проектами. Эта система позволяет осуществить проектное управление всей деятельностью предприятия, а так же управление данными о проекте при его разработке.

Задачи управления при автоматизированном адаптивном проектировании проекта можно разделить на следующие этапы: составление укрупненного плана на уровне проекта; составление детального плана на уровне процессов; мониторинг процессов – отслеживание выполнения задач процесса, управление правами доступа и передача управления от одного этапа к другому и от одного исполнителя к другому; контроль и сбор информации о ходе выполнения проекта; корректировка всех планов на укрупненном и на детальном уровнях.

Разработка технологии создания адаптивной информационно-управляющей системы, характеризующейся гибкостью и мобильностью, способностью к комплексной реализации процессов жизненного цикла адаптивной информационно-управляющей системы, привлечению управленческого персонала к разработке и развитию адаптивной информационно-управляющей системы в процессе эксплуатации готовых приложений, адаптации к изменениям среды, предполагает наличие, в первую очередь, обоснованной концепции адаптивной технологии. Это позволит определить перечень основных проблем, адекватно организовать и обеспечить работы, связанные с созданием соответствующих моделей, методов и средств.

Инструментальная среда разработки адаптивной информационно-управляющей системы позволит реализовать процессы разработки как процессы интерактивно-последовательного выполнения отображения спецификаций системы в конечный продукт, поддержать как настройку, так и самонастройку системы. Собственно адаптивную информационно-управляющую систему нужно строить по принципу оболочек интеллектуальных систем, выделяя постоянную (управляющую) и переменную (настраиваемую) части. Архитектура типового инструментального комплекса адаптивной технологии приведена на рис.2.

Поэтому адаптивная информационно-управляющая система должна быть многоуровневой и распределённой. Многоуровневый подход проектирования системы рассматривается как последовательность отображений её описаний, начиная с наиболее общего и заканчивая наиболее детальным.

Реализация многоуровневого подхода предполагает декомпозицию процесса выполнения отображений и тем самым создания системы, выделение соответствующим образом увязанной системы регламентированных стадий, этапов, работ.

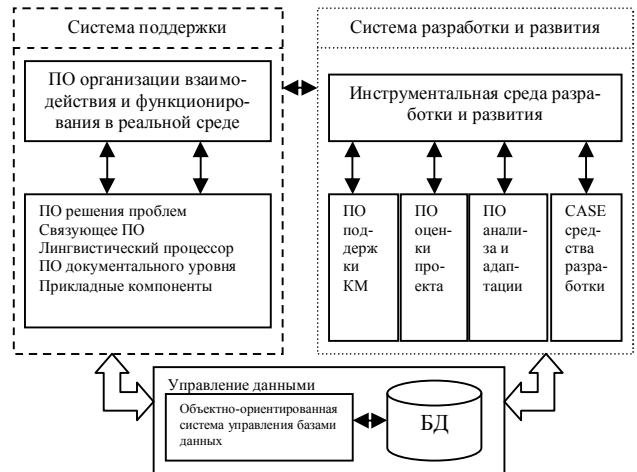


Рис. 2. Компоненты адаптивной технологии

Система управления проектами (рис.3) должна включать: собственно средства управления проектами, понимаемые обычно как календарно-ресурсное планирование; средства формирования и внедрения бюджета проекта; средства управления проектными документами; средства управления деловыми процессами в проектах, включая процессы согласования документов.

Повышение эффективности системы управления проектами достигается за счёт разумной формализации процедур подготовки, принятия и организации исполнения управленческих решений, форм взаимодействия участников проекта, контроля и отчётности.

Корпоративная система управления проектами (КСУП) предполагает, что инициация, организация и исполнение любого проекта опирается на использование корпоративных стандартов организационной структуры проекта, управленческих процедур, отчётности и информационного обеспечения участников проекта. Действия участников проекта регламентируются в соответствии с их ролями и этапами проекта, и подкрепляются принятыми в рамках единых корпоративных стандартов методиками, инструкциями, шаблонами нормативных документов и инструментарием.



Рис.3. Система управления проектами

Следующие элементы системы управления проектами могут быть стандартизованы: элементы организационной структуры реализации проектов; роли, права и ответственность участников проектов; процедуры планирования, организации и контроля; процедуры подготовки и принятия решений; информационные формы и правила их заполнения; информационные потоки; контракты, процедуры взаимодействия и отчетности; методики и инструментальные средства; типовые решения и фрагменты проектов; нормативная база; процедуры подбора и подготовки специалистов.

Наиболее подходящим средством, позволяющим реализовывать корпоративное управление проектами, является система управления проектами на базе программного обеспечения Primavera Project Planner for the Enterprise (P3e) или Microsoft Project Server 2002, настроенных на конкретного заказчика [2].

Под бюджетированием проекта понимается определение стоимостных показателей, выполняемых в рамках проекта работ и проекта в целом, процесс формирования бюджета проекта, содержащего установленное (утвержденное) распределение затрат по видам работ, статьям затрат, по времени выполнения работ, по центрам затрат или по иной структуре [3].

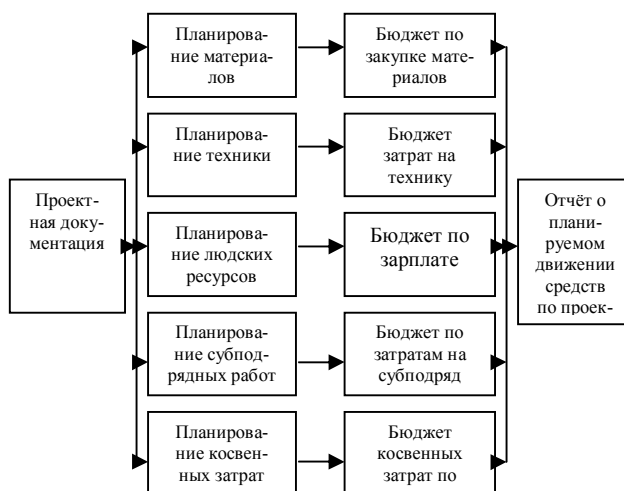


Рис. 4. Пример формирования бюджета проекта

Пример формирования бюджета проекта приведён на рисунке 4:

Бюджет проекта включает в себя все суммарные оценочные затраты, необходимые для реализации проекта. Прежде чем приступить к реализации проекта, необходимо определить требования по объему работ и требования к бюджету. Оба эти фактора являются крайне важными, поскольку представляют собой целевой план, с которым сравнивается выполнение проекта. В течение всего жизненного цикла проекта необходимо контролировать финансирование проекта, сравнивать его с планом и при необходимости вносить поправки и изменения. По окончании проекта определяется освоение затрат, для чего фактические затраты сравниваются со значениями, заложенными в бюджете. В конечном итоге, одной из основных задач финансового планирования (бюджетирования) проекта является составление балансовой модели, позволяющей оценить динамику балансовых данных, плана прибылей и убытков, движения денежных средств, важнейших показателей рентабельности, оборачиваемости и других данных при тех или иных условиях, как по отдельным проектам, так и по организации в целом. Простейшая балансовая модель по проекту выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \Phi(t) = & R_0 \times e^{-\xi t} + \sum_{i=1}^n I(t = t_i + \tau_i) \times d_i(\tau_i) \times e^{-\xi t} - \\ & - \sum_{i=1}^n I(t = t_i) \times c_i(\tau_i) \times e^{-\xi t} - \\ & - \sum_{j=0}^{K-1} I(t = T_{j+1}) \times I(t \geq t_i + \tau_i) \times \delta \times \\ & \times ((d_i(\tau_i) - c_i(\tau_i)) \times e^{-\xi T_{j+1}}), t \in [0; T] \end{aligned}$$

где R_0 - собственные средства на момент начала реализации проекта ($t=0$) (грн.); I - заёмные средства на момент начала реализации проекта ($t=0$) (грн.); t_i - время начала i -го этапа проекта; τ_i - продолжительность i -го этапа проекта (мес.); δ - ставка налога; $c_i(\tau_i)$ - затраты на реализацию i -го этапа проекта (грн.); $d_i(\tau_i)$ - выручка от реализации i -го этапа проекта (грн.); ξ - дисконтирующий множитель (ставка кредита);

$$I(Z) - \text{функция - индикатор } I(Z) = \begin{cases} 1, Z \geq 0 \\ 0, Z < 0 \end{cases};$$

$T = \max_i \{t_i + \tau_i\}$ - время завершения (длительность) проекта (мес.); $T_0 \div T_K$ - квадранты, где

$$I = \left[\frac{T}{3} \right] + 1, T_0 = 0.$$

Далее, данные по бюджетированию отдельных проектов можно консолидировать и агрегировать на уровне групп проектов, и на основании этих данных производить финансовое планирование, планирование балансового результата, планирование калькуляционного результата, планирование движения денежных средств и т.д. по организации в целом.

Заключение

Для успешного функционирования проектно-ориентированных компаний использование системы корпоративного управления проектами и программами является наиболее эффективным.

В основе КСУП должна лежать корпоративная модель системы управления проектами, которая может обеспечить менеджеров проектов средствами быстрого и эффективного создания системы управления каждым конкретным проектом.

В КСУП должна быть создана специфическая интегрированная, методологическая, организационная, программно-техническая и информационная среда.

Дальнейшее развитие технологии корпоративного управления предприятием видится в разработке систем управления финансово-договорного обеспечения целевых программ и развитием инфраструктуры корпорации.

Литература

1. Гусаков А.А. Системотехника. М.: Фонд Новое тысячелетие, 2002.
2. Малыха Г.Г. Автоматизация проектирования в международных строительных проектах. М.: Изд-во МГСУ, 1999.-291 с.
3. Хруцкий В.Е., Сизова Т.В., Гамаюнов В.В. Внутрифирменное бюджетирование: Настольная книга по постановке финансового планирования.- М.: Финансы и статистика, 2002-400 с.
4. Gareis, R., and Huemann, M. 1998. A Process-Oriented HV-Approach, IRNOP III: Conference of the International Research Network on Organizing by Projects, July 6-8, University of Calgary: 365-372 p.

Поступила в редакцию 20.08.03

Рецензент: доктор технических наук, профессор, Бушуев Сергей Дмитриевич, Киевский национальный университет строительства и архитектуры

УДК 65.001

Л.И. НЕФЁДОВ, В.Д. САХАЦКИЙ, Т.В. ПЛУГИНА

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина

МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫБОРА И РАЗМЕЩЕНИЯ ОФИСНОЙ МЕБЕЛИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТОМ СОЗДАНИЯ УЧЕБНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВУЗА

Рассматривается проблема выбора офисной мебели и технологии её размещения при управлении проектом создания учебной компьютерной лаборатории ВУЗа. Разработаны модели выбора и размещения офисной мебели, которые в зависимости от функционального назначения проектируемой лаборатории, позволяют подобрать эффективный комплект офисной мебели и разместить его, что обеспечивает высокое качество учебного процесса и научно-исследовательской деятельности.

проект, задача выбора, оптимизация, база данных, компьютерная технология, математическая модель

Управление проектом создания учебной компьютерной лаборатории (УКЛ) ВУЗа сводится к решению последовательности задач [1,2], одной из которых является задача выбора и размещения офисной мебели.

Для УКЛ нужен комплект технического и офисного оборудования, в который в зависимости от функциональных требований входит: стол, стул, монитор, клавиатура, системный блок, принтер, сканер. В пределах минимально необходимого уровня оснащённости в комплекте может варьироваться количество периферийного оборудования. Количество компьютеров зависит от площади классов и количества учащихся.

Методология выбора и размещения офисной мебели предполагает сопоставление её функциональных возможностей, которые должны обеспечить эффективный учебный процесс (например: лекционные занятия, практические и лабораторные занятия за компьютерами), с требованиями, предъявляемыми к комфортности пространственной организации класса, избранного для учебного процесса, по заданным критериям.

В УКЛ можно выделить три функциональные зоны: лекционная, преподавательская и лабораторно-практическая. Для каждой из них надо решить две взаимосвязанные задачи: выбор офисной мебели и её размещение.

Рассмотрим постановку задачи выбора офисной мебели. Известно:

– множество столов - $Q = \{Q_k\}$ и стульев - $W = \{W_t\}$, за которыми в УКЛ будут проводиться разные типы занятий;

– каждая офисная мебель $\{Q_k\}$, $\{W_t\}$ характеризуется набором параметров и характеристик.

Комплект офисной мебели M_i ($i = \overline{1, i'}$; $i' = k'T'$) содержит стол Q_k ($k = \overline{1, k'}$) и стул W_t ($T = \overline{1, T'}$), которые соответствуют своим функциональным зонам.

Введем переменную $X_i = \{0; 1\}$, где $X_i = 1$ - если выбран i -ый комплект офисной мебели, $X_i = 0$ - в противном случае.

Комплект офисной мебели характеризуется следующими показателями:

–функциональными, определяемыми видом офисной мебели в зависимости от рода деятельности в функциональных зонах, F_i ;

–габаритными размерами офисной мебели, E_i ;

– затратными Z_i^H , связанными с затратами на офисную мебель на протяжении ее жизненного цикла.

Нужно выбрать набор офисной мебели по следующим частным критериям:

— минимальные затраты на покупку офисной мебели — Z^{Π} ;

— максимальное соответствие параметров и характеристик офисной мебели потребностям функциональных зон — $F_{\text{тр}}$, и антропометрическим параметрам студентов и преподавателей — $E_{\text{тр}}$.

Математическая модель имеет следующий вид:

— минимальные затраты на офисную мебель

$$Z_{O.M.} = \min \sum_{i=1}^{i'} Z_i^{\Pi} \cdot X_i, \quad (1)$$

— минимальное расхождение геометрических параметров офисной мебели от требуемых в зависимости от функционального назначения зоны

$$F = \min_{i=1, i'} \{ |F_{\text{тр}} - F_i| X_i \}, \quad (2)$$

— минимальное расхождение геометрических параметров офисной мебели от требуемых в зависимости от антропометрических характеристик студентов и преподавателей

$$E = \min_{i=1, i'} \{ |E_{\text{тр}} - E_i| X_i \}, \quad (3)$$

Область допустимых решений определяется следующими ограничениями:

— затраты на покупку офисной мебели не должны превышать заданных $Z_{\text{зад}}$

$$\sum_{i=1}^{i'} Z_i^{\Pi} \cdot X_i \leq Z_{\text{зад}}, \quad (4)$$

— геометрические показатели офисной мебели должны находиться в заданных пределах в зависимости от рода деятельности $[F^H, F^B]$ и антропометрических параметров $[E^H, E^B]$

$$F^H \leq F_i \cdot X_i \leq F^B, \quad (5)$$

$$E^H \leq E_i \cdot X_i \leq E^B, \quad (6)$$

— каждая функциональная зона должна быть обеспечена единым комплектом офисной мебели

$$\sum_{i=1}^{i'} X_i = 1. \quad (7)$$

Разработанная математическая модель относится к задачам многокритериального линейного дискретного программирования с булевыми перемен-

ными, которая может быть решена методом ветвей и границ [3,4]. Модель выбора офисной мебели позволяет в зависимости от функционального назначения зон в УКЛ выбирать эффективный комплект офисной мебели по заданным критериям и ограничениям.

После выбора комплекта офисной мебели необходимо разместить его в соответствующей функциональной зоне. Рассмотрим постановку этой задачи. Известно:

— комплект офисной мебели, характеризуемый формой, занимаемой площадью S и геометрическими размерами $M = \{M_i\} \quad i = \overline{1, i'}$;

— площадь помещения S_{Π} .

Необходимо разместить комплекты офисной мебели, определив их количество и местоположения $N(x_j, y_j)$, по следующим частным критериям:

— максимальный коэффициент заполнения функциональных зон (относительно использования площади помещения) μ ;

— максимальный коэффициент естественного освещения рабочих мест Q .

Математическая модель размещения комплектов офисной мебели для функциональных зон по заданным частным критериям имеет следующий вид:

— максимальный коэффициент заполнения

$$\mu = \max_{j=1, N} \frac{N(x_j, y_j) \cdot S}{S_{\Pi}}, \quad (8)$$

— максимальный коэффициент естественного освещения рабочих мест

$$Q = \max_{j=1, N} \min Q(x_j, y_j), \quad (9)$$

Область допустимых решений определяется следующими ограничениями:

— суммарная площадь размещаемых комплектов мебели в функциональных зонах по санитарным требованиям должна быть не более заданной $S_l \quad (l = \overline{1, 3})$

$$N(x_j, y_j) \cdot S \leq S_l, l = \overline{1, 3} \quad (10)$$

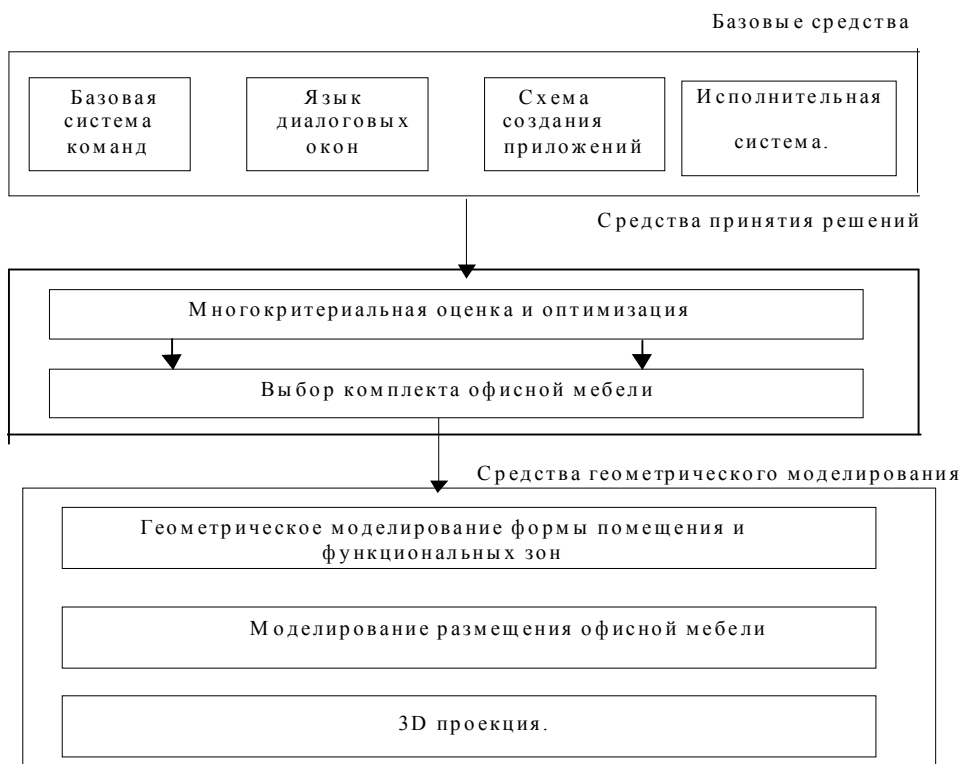


Рис. 1. Структура компьютерных технологий

– суммарная площадь функциональных зон $S_l (l = \overline{1,3})$ должна быть не более заданной площади помещения S_{Π}

$$\sum_{l=1}^3 S_l \leq S_{\Pi}, \quad (11)$$

– коэффициент естественного освещения должен быть не менее заданного $Q_{зад}$

$$Q(x_j, y_j) \geq Q_{зад}, j = \overline{1, N}. \quad (12)$$

Для размещения комплекта мебели в преподавательской зоне первый критерий не используется.

Разработанная математическая модель относится к классу многокритериальных задач размещения геометрических объектов произвольной формы в областях прямоугольной геометрической формы [5].

Для реализации предложенных моделей была разработана компьютерная технология, структура которой представлена на рис.1.

Технология реализации первой модели произведена в программной среде Delphi. Размещение геометрических объектов в определенных функциональных зонах реализовано на основе пакета HOME DESIGN 3D.

Для компьютерной технологии разработан интерфейс (программа Poisk) пользователя, реализованный на выпадающих окнах и пользовательских меню. Возможности интерфейса программы Poisk позволяют пользователю вводить дополнительные критерии выбора, определять их важность, накладывать новые ограничения и в результате выбрать офисную мебель, удовлетворяющую всем заданным критериям и требованиям учебного процесса.

Программа Poisk предназначена для выбора офисного оборудования по заданным основным критериям (стоимость, габаритные размеры). Программа Poisk состоит из двух составляющих:

Основная программа Poisk.exe (рис.2) делает выбор наиболее приемлемых компонентов по заданным требованиям:

- стоимость – в поле по правую сторону указывается стоимость, не дороже которой пользователь рассчитывает приобрести данную мебель;
- габарит X – в поле по правую сторону пользователь указывает длину нужной мебели;
- габарит Y – в поле по правую сторону пользователь указывает ширину нужной мебели.

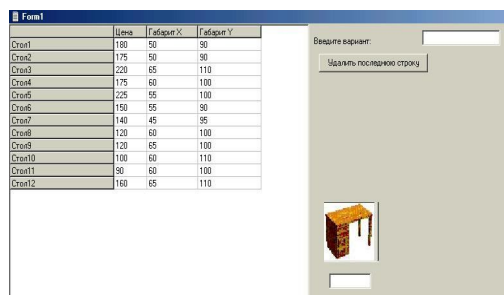


Рис. 2. Вид рабочего окна программы Poisk.exe

База данных Baza.exe содержит показатели всех имеющихся составляющих комплекта офисной мебели, по которым основная программа производит отбор. Здесь также можно увидеть внешний вид выбираемой мебели (рис.3).

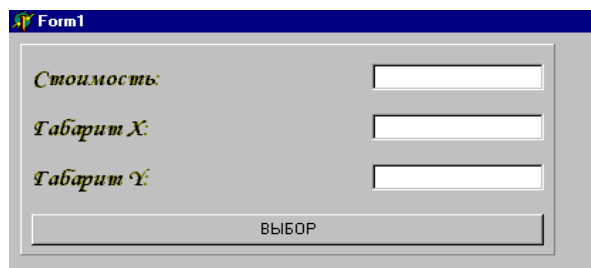


Рис. 3. Вид рабочего окна базы данных

Базу данных можно пополнять новыми видами, исключать устаревшие или ненужные модели.

Пакет HOME DESIGN 3D дает возможность разместить выбранные комплекты офисной мебели в функциональных зонах по заданным критериям и ограничениям, а также визуализировать полученные результаты.

Разработанные модели и технологии были использованы при проектировании учебной лаборатории САПР кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ХНАДУ. Пример реализации представлен на рис.4. На рисунке схематично показан результат размещения офисной мебели и оборудования лаборатории по соответствующим функциональным трем зонам: преподавательская, лекционная и лабораторно-практическая. Размещение офисной мебели, а также последующая её комплектация соответствующими учебному процессу аппаратно-техническими средствами, проведено с учетом основных требований эргономики и техники безопасности.

Заключение

Впервые комплексно рассмотрена постановка задачи выбора и размещения офисной мебели при управлении проектом создания учебной компьютерной лаборатории ВУЗа.

Разработаны многокритериальные модели выбора комплектов офисной мебели и их размещения в определенных функциональных зонах по заданным частным критериям и ограничениям.

Предложена технология реализации разработанных моделей при помощи прикладных пакетов, а также интерфейс пользователя.

Представлены результаты реализации процесса выбора офисной мебели и ее размещение на примере компьютерной лаборатории САПР кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ХНАДУ.

Разработанные модели и технологии позволяют спроектировать более комфортную пространственную среду УКЛ и таким образом повысить эффективность учебного процесса ВУЗа.

Литература

1. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учеб. пособие для вузов – М.: Экономика, 2001. – 574 с.
2. Нефёдов Л.И., Левтеров А.А., Плугина Т.В., Реутов В.Н. Модель выбора программного обеспечения офиса по управлению городскими проектами // Коммунальное хозяйство городов: Науч. техн. сб. Вып.49.-К.:Техника, 2003, С. 258-264.
3. Сергиенко И.В., Каспшицкая М.Ф. Модели и методы решения на ЭВМ комбинаторных задач оптимизации. – К.: Наукова думка, 1981. – 288 с.
4. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю., Дискретное программирование.–М. : Наука, 1969.–368 с.
5. Стоян Ю. Г. Размещение геометрических объектов – К.: Наукова думка, 1975.- 142с.

Поступила в редакцию 01.08.03

Рецензент: канд. техн. наук, доцент, Плахтеев А.П., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

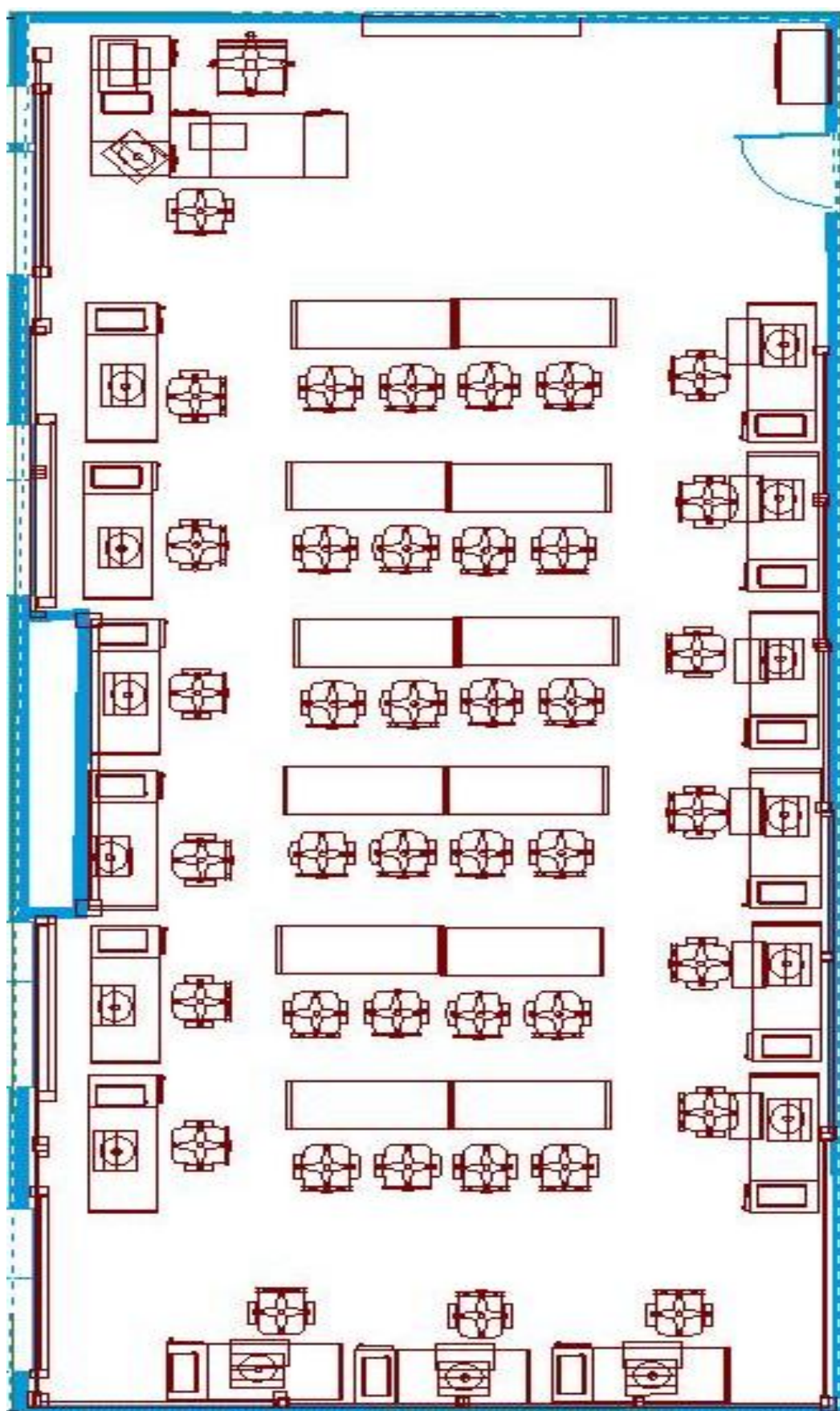


Рис. 4. План размещения офисной мебели в УКЛ

УДК 338.244

Ю.М. ПЛАХОВ, Ю.А. НАЗАРЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***EARNED VALUE - ИНСТРУМЕНТ И ФИЛОСОФИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ**

Описаны преимущества и основные выгоды применения метода управления IT-проектом по заработанной стоимости. Проведен анализ соответствия описанного метода ключевым элементам практики Модели технологической зрелости организации-разработчика программного обеспечения SEI CMM.

проект, бюджет, менеджмент, производительность, заработанная стоимость, управление

Проблема оценки статуса проекта

Существуют, по крайней мере, три ключевые причины, не позволяющие менеджеру проекта составлять реальное суждение о ходе проекта, основываясь только на своих, пусть даже, чрезвычайно богатом опыте и чрезвычайно развитой интуиции.

Первая из них заключается в том, что в силу психологических особенностей оптимистов (а люди иного типа характера крайне редко соглашаются участвовать в IT проектах), мало кто из них сомневается в успешном завершении порученного дела вплоть до момента, когда факт срыва сроков либо бюджета становится вполне очевидным. Типичная динамика докладов о ходе выполнения 4-дневной задачи выглядит при этом примерно так: 25% - 50% - 75% - 90% - 90% и далее согласно эпиграфу в заголовке раздела. Именно поэтому, наличие тщательно проработанных структуры декомпозиции работ, графика и бюджета проекта вовсе еще не гарантирует, что ваше понимание реального статуса проекта относительно плановых показателей не наступит слишком поздно для принятия действенных мер.

Вторая проблема связана с комплексным характером проектных задач и их различной значимостью в достижении поставленной цели. К примеру, если в текущий момент подсистема А реализована на 20%, а подсистема В – на 40%, то будет ли это настолько же хорошо, как если бы подсистема А была реали-

зована на 40%, а подсистема В – на 20%? Или настолько же хорошо, как если бы обе подсистемы были готовы на 30% в строгом соответствии с планом? Безусловно, наличие прогресса в выполнении упомянутых работ само по себе может являться утешительным фактом, но не более того, так как субъективный подход не дает аргументированного ответа на важнейший вопрос о достаточности этого прогресса. В таких условиях, использование различного рода «столбчато-линейчатых» диаграмм для иллюстрации статуса проектных работ может быть оправданным, чаще всего, лишь в целях придания убедительности произвольному толкованию состояния дел.

Третья проблема – ловушка, связанная со слепотой такого распространенного параметра, как показатель выполнения бюджета (см. рис. 1).

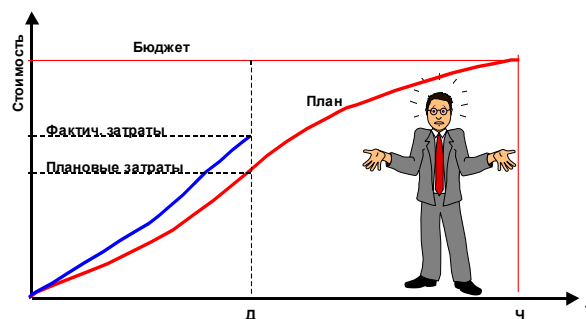


Рис. 1. Выполнение бюджета проекта

Любое отклонение от графика расходования средств можно толковать двояким образом. Опти-

мист, скорее всего, будет утверждать либо об экономии средств, либо об ускоренном ходе проекта. В то же время, всегда будет присутствовать и пессимистическая точка зрения, соответственно, о низких темпах выполнения проекта либо о перерасходе средств. В такой ситуации даже информация о «благополучном» выполнении бюджета в строгом соответствии с планом на самом деле не является управленческой информацией, так как может скрывать за собой как отставание проекта от графика, так и опережение, как экономию средств, так и их перерасход.

Инструмент Earned Value

В 60-е годы прошлого века военное ведомство США обязало своих подрядчиков использовать единую систему показателей для отчетности об исполнении графика и бюджета основных проектов. С тех пор эти показатели, известные как Cost/Schedule Control Systems Criteria (C/SCSC), получили широчайшее развитие и распространение за область своего первоначального предназначения. В основе системы показателей лежит методология менеджмента «заработанной стоимости», Earned Value Management (EVM), позволяющая связать воедино стоимостные и временные параметры производительности проекта [1]. Методология основана на сравнении объемов запланированных и выполненных работ, выраженных в денежных эквивалентах их бюджетной стоимости, и опирается на три основных стоимостных параметра[2]:

- Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS), бюджетная стоимость работ, которые должны быть выполнены на текущий момент согласно плану, или «запланированная стоимость».
- Budgeted Cost of Work Performed (BCWP) или Earned Value (EV), бюджетная стоимость выполнен-

ных на текущий момент работ или, собственно, «заработанная стоимость».

- Actual Cost of Work Performed (ACWP), фактическая стоимость выполненных работ или просто «затраты».

Идея EV несколько проста, столько же и продуктивна. Если в данный момент заработанная стоимость меньше, чем запланированная, то проект отстает от графика. Если затраты больше, чем заработанная стоимость (т.е. стоимость выполненных работ, заложенная в бюджет проекта), то налицо перерасход денежных ресурсов (см. рис. 2).

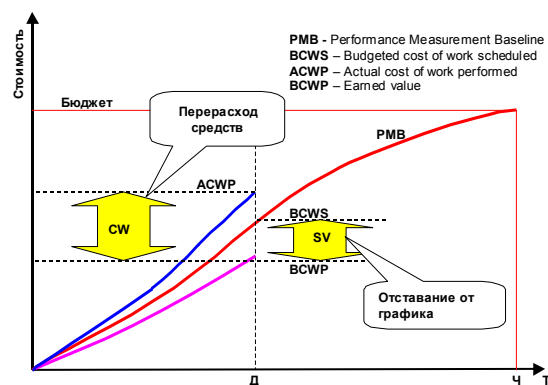


Рис. 2. Оценка статуса проекта с помощью Earned Value

При этом количественно степень отклонения от плановых показателей оценивают абсолютными значениями Schedule Variance ($SV = BCWP - BCWS$) и Cost Variance ($CV = BCWP - ACWP$), а также их относительными аналогами.

Конечно, для использования EV не обойтись без подготовительной работы, которая, в основном, заключается в тщательном планировании проекта. Потребуется структура декомпозиции работ (Work Breakdown Structure или WBS). Все работы должны быть оценены по продолжительности и стоимости исполнения, включая стоимость соответствующих ресурсов. Потребуется также календарный план выполнения работ. Все выходящее за рамки обычного

планирования будет заключаться в построении Performance Measurement Baseline (PMB), базовой линии производительности проекта, которая представляет собой календарный график расходования бюджета. Совершенно очевидно, что точки кривой PMB будут представлять собой значения BCWS или «запланированную стоимость» на отдельные моменты жизненного цикла проекта. Оговоримся сразу, что построение PMB, как и прочие вычисления, связанные с EV, заложены в стандартную функциональность большинства известных программных средств автоматизации управления проектами, что делает рассматриваемые методики не слишком трудоемкими и широко доступными. Рассмотрим использование EV на простейшем примере. Пусть наш проект состоит из четырех пакетов работ, бюджетная стоимость которых и текущий статус завершенности известны и приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Вычисление Earned Value

Пакет работ	"А"	"В"	"С"	"D"	Проект в целом
Бюджетная стоимость, у.е.	15	25	40	20	100
Показатель завершенности работ %	100	40	50	0	45
EV, заработанная стоимость (BCWP), у.е.	15	10	20	0	45

Величина EV по каждому из пакетов работ элементарно вычисляется путем умножения бюджетной стоимости пакета на процент его завершения. Сумма полученных величин, очевидно, будет являться EV для проекта в целом. В нашем примере она составляет 45 у.е. Зная бюджетную стоимость проекта (100 у.е.), легко и убедительно получаем показатель прогресса проекта, составляющий 45%.

Предположим, что остальные показатели производительности составляют: BCWS=55 у.е., ACWP=57 у.е. Отсюда следует, что отставание от графика оценивается в SV=10 у.е. или 18%, а перерасход средств составляет величину CV=12 у.е. или 27%. Интересно заметить, что в данной ситуации такой широко используемый показатель как "превышение бюджета" (ACWP-BCWS) составляет всего 2 у.е. или 3,6%, что никак не отражает реального плачевного состояния проекта.

Как видим, в методологии EV проблемы сравнения значимости разнородных работ, определения интегрального прогресса и эффективности расходования бюджета проекта полностью отсутствуют. Уже одного этого достаточно, чтобы EV стоило пользоваться. Однако на этом возможности методологии далеко не исчерпываются.

Производя периодическое вычисление EV и фиксируя ее совместно с плановыми и фактическими затратами, менеджер получает возможность получения простейших, но бесценных метрик производительности проекта. В качестве таких метрик применяются коэффициенты производительности по графику Schedule Performance Index ($SPI=BCWP/BCWS$) и по стоимости Cost Performance Index ($CPI=BCWP/ACWP$). Их бесценность заключается в том, что они дают возможность спрогнозировать дальнейший ход, итоговую стоимость и сроки завершения проекта.

При рассмотрении одного из возможных сценариев развития проекта, приведенного на рис. 2, становится очевидно, что проект уже некоторое время имеет тенденцию отставать от графика и перерасходовать бюджет. Практикой установлено, что на протяжении абсолютного большинства проектов коэффициенты производительности SPI и CPI сохраняют величину, близкую к постоянной. Более того, характерной особенностью проектов, включающих разра-

ботку программного обеспечения, является практическое отсутствие у их менеджера реальных возможностей, позволяющих повысить значения этих коэффициентов более, чем на 10%. Такие закономерности позволяют экстраполировать показатели выполнения графика и бюджета и получать объективно обоснованные прогнозы по срокам завершения и итоговой стоимости проектов. Особая ценность таких прогнозов состоит в том, что они становятся доступными и вполне надежными уже на стадии 15%-20% выполнения проекта, когда еще есть достаточно времени на принятие корректирующих мер.

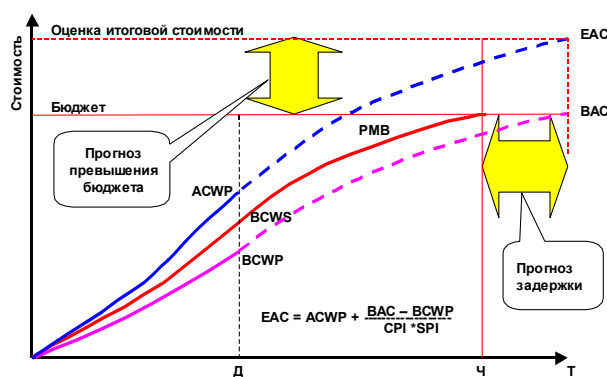


Рис. 3. Прогнозирование стоимости завершения проекта

В качестве оценки итоговой стоимости проекта используется параметр Estimate At Completion (EAC), тогда как плановая стоимость обозначается величиной Budget At Completion (BAC). Одна из простейших применяющихся формул для вычисления EAC (см. рис. 3) включает сумму стоимости уже понесенных затрат (ACWP) и бюджетной стоимости незавершенных работ (BAC-BCWP), скорректированной коэффициентами производительности. Уместно отметить, что у разных авторов встречаются различные варианты применяемых коэффициентов производительности. Учитывая не слишком большой разброс результатов, разумно будет рассмотреть

несколько вариантов и выбрать осредненное значение.

Философия Earned Value

С древних времен и до наших дней различные философские школы пытаются решить вопрос о роли ощущений в постижении действительности, но так и не пришли к единому знаменателю, оставив нам самим выбирать из целого спектра мнений от ленинской теории отражения до полярного "мир — это комплекс ощущений". С точки зрения управления проектом, самый надежный выбор — придерживаться мнения, приписываемого Пифагору, о том, что высшая истина кроется в музыкально-числовой гармонии мира. Это, конечно, шутка. А если серьезно, то доверие исключительно числовым оценкам, основанным исключительно на числовых данных, должно являться именно философией, мировоззренческой платформой всего менеджмента проекта. При этом полагаться на чьи бы то ни было ощущения особенно непозволительно при оценивании статуса проекта.

Имея могучий инструмент Earned Value, можно себе такое позволить. А как же быть с теми "оптимистами", которые пытаются отрапортовать, что работа выполнена на 50%, стало быть, все идет согласно плану? Исторический опыт человечества показывает, что и с оптимистами можно успешно бороться. Решение данной проблемы для менеджера заключается в том, чтобы побудить всех без исключения подчиненных сопровождать свои отчеты простейшим прогнозом завершения порученных им задач. Требуя от подчиненного вместо "процентов" предоставить оценку времени, необходимого на выполнение оставшегося объема работы, мы стимулируем его на подсознательное следование методологии EV и побуждаем не придумывать статус выполняемой работы, а констатировать его. Статус в этом

случае вычисляется по соотношению затраченного времени и времени, необходимого для завершения работы:

$$\% \text{Выполнения} = T_{\text{затр}} * 100 / (T_{\text{затр}} + T_{\text{необх}}).$$

Следует отметить, что такой подход к определению статуса работ заложен в большинство известных программных средств автоматизации управления проектами. На рис. 4 приведено сравнение типичной динамики докладов о ходе работы при различных подходах к оценке статуса. Наглядно видно, что рассматриваемый подход дает более адекватный результат при неблагоприятном ходе работы и, что особенно важно, позволяет выявить негативную тенденцию на более раннем сроке.

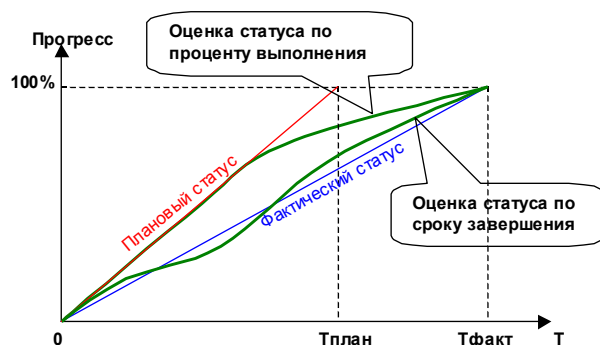


Рис 4. Типичная динамика "видимого" отклонения от графика при различных подходах к оценке статуса работ

Управление проектом по EV и CMM

Завершая рассмотрение предмета, будет не лишним показать, каким образом методология управления проектом по Earned Value связана с целевыми установками Модели Технологической Зрелости организации-разработчика ПО SW-CMM¹. Как уже отмечалось в статье [3], разработчики модели CMM (Питтсбургский Институт Программной Инженерии - SEI) определили 5 уровней технологической зрелости по которым заказчики могут оценивать по-

тенциальных поставщиков ПО, а поставщики могут совершенствовать процессы создания ПО. Принципиальной идеей этой модели является поэтапное или ступенчатое развитие зрелости организации-разработчика, при котором каждый нижестоящий уровень CMM образует базовую платформу для перехода к следующему. С этой точки зрения невозможно переоценить важность установления и закрепления в нашей повседневной деятельности ключевых элементов практики 2-го (Повторяемого) уровня зрелости, в основе которого лежит проектный менеджмент.

Среди ключевых областей процессов 2-го уровня SW-CMM [4], имеющих отношение к управлению «заработанной стоимостью» или EV, выделяются три важнейшие составляющие проектного менеджмента: Планирование проекта ПО, Контроль и отслеживание проекта ПО, а также Управление субподрядом.

Применение методологии EVM позволяет в полной мере и наиболее эффективным способом удовлетворить следующим целевым установкам второй из перечисленных выше областей процессов:

Отслеживание и контроль проекта ПО

- ❑ Фактические результаты и показатели проекта отслеживаются относительно плана
- ❑ Корректирующие мероприятия предпринимаются и доводятся до конца в случае существенного расхождения фактических результатов и показателей с плановыми
- ❑ Изменения в обязательствах по проекту согласовываются с группами и отдельными сотрудниками, работу которых эти изменения затрагивают

Действительно, использование BCWP (EV) в качестве интегрального показателя выполнения плана позволяет не только отслеживать фактические результаты проекта, но и своевременно предпринимать необходимые корректирующие меры, отслежи-

¹ SW-CMM – Capability Maturity Model for Software

вать их эффективность, объективно (количественно) рассматривать, оценивать и согласовывать изменения в обязательствах.

С другой стороны, применение EVM, как такового, невозможно без хорошо поставленной практики планирования. В этом смысле адекватное исполнение следующих целевых установок SW-CMM является необходимым и достаточным условием успешного использования этого инструмента:

Планирование проекта ПО

- Расчеты/оценки сметной стоимости и графика документируются для использования при планировании и отслеживании работ по проекту ПО
- Работы и обязательства по проекту ПО планируются и документируются
- Группы и отдельные сотрудники согласовывают относящиеся к ним обязательства по проекту ПО

Иными словами, ни о каком EVM не может быть и речи, если у Вас нет задокументированных расчетных оценок бюджета, «разложенного» по графику проекта (т.е. BCWS), если в основе этого графика не лежит правильно декомпозированная структура работ (Work Breakdown Structure или WBS) с четко определенной ответственностью за каждый элемент WBS и обязательствами по срокам завершения каждой работы.

Ну и конечно же нельзя не отметить такой важной сферы применения EVM, как управление закупками ПО. Как уже отмечалось выше, само появление этой методологии обусловлено стремлением министерства обороны США построить прозрачную и адекватную систему отчетности подрядчиков о ходе выполнения оборонных проектов и эффективности расходования средств налогоплательщика. Несомненно такая система была бы полезна и в случаях, когда генеральный подрядчик передает часть работ по проекту субподрядной организации, осо-

бенно если сам генподрядчик управляет проектом, используя EV. С точки зрения требований СММ использование методологии EVM полностью удовлетворяет второй и четвертой из перечисленных ниже целевых установок:

Управление субподрядом

- Головной подрядчик выбирает квалифицированных субподрядчиков
- *Головной подрядчик и субподрядчик согласовывают взаимные обязательства*
- Головной подрядчик и субподрядчик поддерживают оперативную связь друг с другом
- *Головной подрядчик отслеживает фактические результаты и показатели субподрядчика относительно его (субподрядчика) обязательств*

Заключение

Обычно менеджеры проектов склонны подозрительно относиться к применению каких-либо новшеств именно в своих проектах. И стоит признать, что в этом они, конечно, правы, так как внедрение любой новации в той или иной степени отнимает у проекта самое драгоценное - ресурсы. Поэтому нельзя умолчать о том, что приобретают участники проекта от применения EV.

Прежде всего, зачем это нужно самому "внедренцу" – менеджеру проекта. Во-первых, опираясь на EV, с цифрами в руках значительно проще общаться с теми, кто требует убеждения. А это – заказчик, спонсор, инвестор и, наконец, непосредственное руководство. Во-вторых, и это имеет огромное значение, менеджер получает инструмент достаточно раннего выявления риска ошибок планирования. Убедившись заблаговременно в устойчивости недостаточных показателей производительности, как правило, он еще имеет некоторый резерв времени, чтобы "подстелить соломки": применить доступные ему рычаги для "мирного" либо завуалирован-

ного продления сроков, дополнительного финансирования либо ограничения масштаба проекта. К сожалению, обзор таких "рычагов" выходит за тематику данной статьи, но мы полагаем, что менеджеры сами представляют, чем они могут воспользоваться. И, наконец, в-третьих, сравнивая результаты последовательных вычислений EV и связанных с ней параметров, менеджер получает объективные "тревожные сигналы" - индикаторы появления факторов, снижающих производительность проекта.

Не меньшую пользу приобретают и инвесторы с заказчиками. Не зря данная методология получила толчок к развитию именно со стороны одного из крупнейших в мире заказчиков – Министерства обороны США. Так инвесторы получают возможность объективно оценить реальную итоговую сумму инвестиции, а также сроки начала получения прибыли от нее. Насколько это бывает важно, говорит тот факт, что в 1991 году по результатам анализа EV был прекращен проект разработки палубного штурмовика A-12 для ВМС США. Прогноз итоговой стоимости и продолжительности проекта оказался неприемлемым для бюджета ($CPI=0,76$; $SPI=0,71$). В результате, потери составили "всего" около 1 млрд. долларов вместо вероятных 1,5 – 2 млрд. Кроме того, сроки поставки товара или услуги, на разработку которых направлен проект, также имеют огромное значение и денежный эквивалент для бизнеса заказывающей стороны.

Если положить на чашу весов только названные здесь преимущества, то нам кажется, что они окажутся несоизмеримо весомее тех затрат, что требуются для начала использования Earned Value. Хотя зачем "кажется"? Это подтверждено реальными числовыми данными!

Литература

1. Earned Value Management Web Site:
<http://www.acq.osd.mil/pm/>
2. Earned Value, Clear and Simple. Tammo T. Wilkens, Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority (Currently with Primavera Systems, Inc.), April 1, 1999:
http://www.acq.osd.mil/pm/paperpres/wilkins_art.pdf
3. Технологическая зрелость IT-организаций.
Ю.А.Назаренко, Корпоративные системы, №1/2002г.
4. CMU/SEI-93-TR-024 «Capability Maturity Model SM for Software, Version 1.1»:
<http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/93.reports/93.tr.024.html>

Поступила в редакцию 10.09.03

Рецензент: д.т.н., проф. Чумаченко Игорь Владимирович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 681.3

М.А. ЛАТКИН, Т.И. БОНДАРЕВА, А.Р. ЕМАД*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РИСКОВ НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ**

В статье рассмотрены проблемы принятия решений при планировании и управлении проектом в условиях неопределенности и риска. Предложена идентификация рисков на этапе планирования проекта, место их возникновения, причины и последствия. Это позволяет провести качественный и количественный анализ основных проектных рисков, предусмотреть мероприятия по их нейтрализации, контролировать риски в ходе выполнения проекта.

риски, принятие решений, планирование, управление, проект, неопределенность**Актуальность**

Под риском понимают неблагоприятное событие, которое характеризуется вероятностью появления и определенным ущербом. В существующей классификации обычно выделяют следующие виды рисков: политические; государственные; экологические; инвестиционные; финансовые; коммерческие; предпринимательские; промышленные; технические; технологические; форс-мажор [1].

На различных этапах жизненного цикла проекта существуют риски, связанные с неопределенностью будущих событий, внутренней и внешней средой. Для избежания снижения эффективности или закрытия проекта в процессе его реализации применяют теорию управления рисками. Управление проектными рисками предполагает процессы идентификации, анализа, оценки и реакции на риски, т.е. максимизацию позитивных событий и минимизацию последствий негативных событий [2].

В качестве типовых проектных рисков выделяют: не выполнение своих обязательств участниками проекта; увеличение сметной стоимости проекта; не своевременное завершение работ; низкое качество работ; административный; юридический; управленческий; финансовый; научно-технический; конструкторский; технологический; производственный; сбытовой [3, 4].

Таким образом, перед руководителем проекта возникают проблемы принятия решений в условиях неопределенности и риска при планировании и управлении проектами, а также контроля внутренних и учета внешних рисков.

Анализ существующих публикаций в рамках выделенной проблемы позволяет сделать следующие выводы:

- существуют стандарты и технологии по организации процессов управления риском в проектах;
 - широко используются статистические и экспертные методы для анализа и оценки рисков;
 - идентификация и анализ проектных рисков в основном проводятся для заказчика и инвестора с целью принятия решения о реализации проекта.
- В качестве нерешенных частей рассматриваемой проблемной области можно выделить:
- отсутствие в Украине статистических данных в области управления проектами и рисками;
 - слабое внимание идентификации проектных рисков на этапе планирования.

Поэтому описание наиболее значительных внутренних и внешних проектных рисков с целью повышения эффективности, качества процессов планирования и реализации проекта является актуальной научно-прикладной задачей.

Основным методом, который обеспечивает достижение поставленной цели, является системный анализ. Этот метод позволяет комплексно рассмотреть все возможные риски проекта, определить их место возникновения, причины и последствия, предусмотреть мероприятия по нейтрализации проектных рисков.

Постановка задачи

Идентификация рисков заключается в определении рисков, которые могут влиять на проект, документирование характеристик каждого из них. Идентификация рисков осуществляется не только на этапе планирования, но и в процессе выполнения работ проекта. Как правило учитывают внутренние риски, которые может контролировать или на которые может влиять команда проекта, и внешние риски, которые находятся вне контроля или вне зоны влияния команды проекта.

Исходными данными для идентификации проектных рисков являются: описание продукта, технологии его изготовления; результаты других процессов планирования, а именно: иерархическая структура работ проекта (WBS), оценки стоимости и длительности работ проекта; организационная структура проекта и конкретные исполнители работ (OBS); информация из архива по предшествующим аналогичным проектам.

Результатами идентификации проектных рисков являются: перечень и описание источников риска; последствия потенциальных рисков; симптомы, признаки рисков; данные для других процессов планирования (времени, стоимости, ресурсов, поставок и т.д.).

Проектные риски можно идентифицировать путем использования: причинно-следственных диаграмм Ишикавы; графиков потоков, которые отображают взаимодействие элементов, работ проекта;

таблиц видов риска на этапах жизненного цикла проекта, причины их возникновения и последствия; экспертного оценивания.

Идентификация проектных рисков необходима для их дальнейшей качественной и количественной оценки, разработки мероприятий по избежанию и нейтрализации рисков, контроля и управления рисками в процессе реализации проекта.

Риски на этапе планирования проекта

Процессы планирования проекта являются наиболее важными и включают: планирование содержания и состава работ проекта; определение последовательности работ и взаимосвязей между ними; оценка длительности, объемов работ; разработка календарного плана работ; планирование, определение, назначение ресурсов для выполнения работ проекта; оценка стоимости ресурсов, работ проекта; определение, оценка бюджета проекта; разработка плана выполнения проекта. Кроме этого выделяют процессы поддержки (вспомогательные процессы) планирования: планирование качества; планирование организации, назначение персонала; планирование информационного взаимодействия; анализ, оценка, управление проектными рисками; планирование поставок.

На этапе планирования и при выполнении проекта выделяют риски связанные со сроками, стоимостью, качеством работ проекта. Местом возникновения риска является соответствующий элемент WBS (работа проекта) и OBS (исполнитель проекта) структур. В качестве признаков рисков обычно выделяют: технологии (основной деятельности, управления); исполнители (квалификация, опыт); ресурсы (достаточность, износ). Основные проектные риски на этапе планирования, их причины и последствия представлены в следующей таблице 1.

Таблица 1

Основные проектные риски на этапе планирования, их причины и последствия

Наименование риска	Возможные причины	Вероятные последствия
Превышение длительности работ	1. Ошибки в расчетах при планировании работ. 2. Ошибочный выбор исполнителя (низкая квалификация, отсутствие опыта выполнения аналогичных работ). 3. Технические ошибки (недостаточная предпроектная работа, нечеткая формулировка задачи, различие в толковании результатов между исполнителем и заказчиком). 4. Низкий уровень организации работ и управления (задержки у соисполнителей, плохое взаимодействие между исполнителями, отсутствие дисциплины проекта). 5. Внесение постоянных изменений в проект (неправильный выбор работ, последовательности их выполнения, изменение требований). 6. Недостаточное количество ресурсов (ошибки этапа планирования, неправильный выбор технологии и ресурсов).	1. Увеличение сроков и затрат проекта, перепланирование работ. 2. Привлечение дополнительных ресурсов (увеличение затрат проекта, внесение изменений в смету и бюджет). 3. Внеурочные работы (увеличение затрат проекта, перепланирование использования ресурсов). 4. Невозможность реализации продукции проекта в расчетные сроки и ценовом диапазоне. 5. Снижение эффективности проекта, отказ от него.
Превышение стоимости работ	1. Ошибки в расчетах при планировании проекта, при составлении сметы и бюджета. 2. Превышение длительности работ. 3. Низкое качество работ. 4. Повышение требований к качеству. 5. Ошибки в прогнозах курса валют, инфляции, индекса цен. 6. Потребность в дополнительных ресурсах (ошибки этапа планирования, неправильный выбор технологии и ресурсов). 7. Изменения в налоговой системе, регулировании экономической деятельности государства.	1. Привлечение дополнительных финансовых ресурсов. 2. Внесение изменений в план, смету, бюджет (увеличение сроков и затрат, перепланирование проекта). 3. Увеличение периода окупаемости проекта. 4. Уменьшение прибыли проекта. 5. Снижение эффективности проекта, отказ от него.
Низкое качество работ	1. Ошибки в расчетах при планировании работ (нехватка времени для выполнения работ). 2. Ошибочный выбор исполнителя (низкая квалификация, отсутствие опыта выполнения аналогичных работ).	1. Увеличение сроков и затрат проекта (переделка работ). 2. Привлечение дополнительных ресурсов (увеличение затрат проекта, внесение изменений в смету и бюджет).

Продолжение табл. 1

Наименование риска	Возможные причины	Вероятные последствия
	3. Низкий уровень организации работ и управления (плохое взаимодействие между исполнителями, отсутствие дисциплины проекта). 4. Недостаточное количество ресурсов (ошибки этапа планирования, неправильный выбор технологии и ресурсов).	3. Возможность не выхода на проектную мощность (уменьшение объема выпускаемой продукции). 4. Уменьшение спроса на продукцию. 5. Уменьшение прибыли проекта. 6. Снижение эффективности проекта, отказ от него.

Исходя из анализа приведенных рисков, причин их возникновения, можно предложить некоторые мероприятия по избежанию возникновения проектных рисков: использование метода PERT и теории Голдратта при определении длительности работ; применение международных стандартов и технологий управления проектами (РМВОК, метод критических цепочек, сетевые методы); анализ и обоснование выбранных участников проекта, технологий, ресурсов; тщательное составление контрактов с участниками проекта.

Заключение

Предложенная идентификация рисков на этапе планирования проекта является основанием для дальнейшего качественного, количественного анализа и оценки проектных рисков. Это позволяет руководителю проекта: определить приоритеты и зоны рисков (место возникновения, причины, последствия, вероятность появления и ущерб); учитывать их при планировании основных процессов проекта (содержание, длительность, стоимость, качество, ресурсы); разработать мероприятия по нейтрализации рисков (избежание, снижение, страхование рисков); контролировать риски в ходе выполнения проекта (предупреждение возникновения риска, внесение изменений в проект).

Литература

1. Хохлов Н.В. Управление риском. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 239 с.
2. Бушуев С.Д. Керівництво з питань проектного менеджменту. – К.: Українська асоціація управління проектами, 1999. – 197 с.
3. Верба В.А., Загородніх О.А. Проектний аналіз: Підручник. – К.: КНЕУ, 2000. – 322 с.
4. Москвін С.О. Проектний аналіз. – К.: Лібра, 1999. – 366 с.

Поступила в редакцию 03.10.03

Рецензент: доктор техн. наук, профессор Краснобаев В.А., Харьковский государственный университет сельского хозяйства

УДК 658.011.47

Ю.С. ВЫХОДЕЦ, И.А. ГОНЧАР*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ СИСТЕМНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЗАТРАТ НА НИОКР ПО СОЗДАНИЮ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА

В статье описана экспериментальная проверка методики планирования затрат на НИОКР по разработке сложного технического объекта. Описанная методика предполагает применение методов системного анализа (декомпозиция, стратификация) создаваемого объекта, построение системной модели проектных действий и анализ структуры стоимости аналогичных работ.

планирование, системный анализ, декомпозиция, стратификация, проект, управление затратами

Разработка методов и моделей управления затратами на сложные проекты в области НИОКР является важной научно-прикладной задачей, поскольку более 90% НИОКР финансируются из государственного бюджета. Внедрение и адаптация методологии управления проектами в практику управления затратами на НИОКР должны быть направлены на формализацию процессов управления проектом, повышение точности плановых расчетов, совершенствование процессов планирования и контроля затрат, разработку методов регулирования затрат. Проблемы управления стоимостью проекта на стадии НИОКР и пути их решения выделены и работами [1-3]. В данной статье показано практическое применение инструментария управления затратами, а именно моделей, метода и программного обеспечения, разработанных автором. Инструментарий базируется на методах системного анализа, функционально-стоимостного анализа и технологии проектирования метасистем. Основные принципы: планирование и контроль стоимости сложного проекта должны проводиться путем построения и сравнения системных моделей стоимости: плановой (эталонной) и фактической. В модели должны учитываться все значимые признаки группировки затрат (модель является многомерной). Поэтому построение и ана-

лиз, сравнение моделей должны проводиться с использованием компьютера.

В сфере НИОКР часто реализуются уникальные, сложные проекты с высокой степенью новизны создаваемого объекта. Прототипы и аналоги существуют, но для отдельных компонентов. Это обуславливает сложность планирования стоимости ОКР, и, как следствие, высокий риск перерасхода выделенных средств. В то же время наличие системы управления затратами на подобные проекты является одним из факторов, обуславливающих выполнение и завершение проекта в рамках бюджета проекта. Создание объекта, на примере которого проводилась экспериментальная проверка предложенных моделей и методик, входило в комплекс работ по созданию сложной технической системы. Работы по созданию рассмотренного объекта выполнялись одной научной организацией.

Обобщая основные принципы управления проектами, изложенные в работах [4, 5], управление затратами (управление стоимостью проекта) можно рассматривать как комплекс мер по планированию, контролю и регулированию затрат с целью сведения к минимуму отклонения фактической стоимости от плановой. При планировании осуществляется структуризация проекта и расчет плановой стоимости, а

контроль включает в себя учет фактических затрат, мониторинг, выявление отклонений по затратам, прогнозирование последствий и обоснование необходимости принятия корректирующего воздействия. Таким образом, в данной работе рассматриваются процессы планирования и контроля, так как их результаты являются основой для принятия решений по регулированию затрат.

В порядке экспериментальной проверки и верификации моделей разработанного инструментария автором был произведен системно-стоимостный анализ (ССА) ОКР по созданию объекта. **Целью** ССА объекта являлось определение обоснованных затрат на создание объекта, динамики финансирования и необходимых ресурсов. **Задачей** являлась разработка эталонной системно-стоимостной модели (ЭССМ) объекта на стадии ОКР. Разработанная модель должна отвечать следующим требованиям:

- быть информативной (наглядной);
- реализоваться в компьютерном виде;
- давать представление о последовательности и содержании проектных работ;
- содержать информацию о необходимых ресурсах на выполнение каждого проектного действия;
- при определении затрат применение экспертных методов должно быть сведено к минимуму.

Для проведения ССА объекта было решено использовать методическое обеспечение системно-стоимостного анализа сложных систем с применением ресурсного метода [6-9]. Научная новизна метода и моделей системно-стоимостного анализа заключается в модификации функционально-стоимостного анализа и применении технологии создания метасистем [10] и аппарата регулярных схем системных моделей для решения задач управления затратами. Обоснованность и достоверность

используемых методов, моделей, методик подтверждается корректностью применения известных методов системного анализа, функционально-стоимостного анализа, технологии создания метасистем.

Из исходных данных имелась в наличии следующая информация:

1. Техническое задание на ОКР по созданию объекта.
2. Укрупненный перечень работ, характеризующий содержание работ и разрабатываемые компоненты (детализированный до уровня систем) и стоимости разработки компонентов.
3. Обоснование цены на научно-техническую продукцию, утвержденное для АО НИИРИ.
4. Перечни работ с указанием трудоемкости и стоимости этапов, подэтапов и работ.

Имелась возможность привлечения экспертов в области знаний, к которой относится объект.

Порядок проведения системно-стоимостного анализа объекта включал несколько этапов:

1. *Построение системной модели проектных действий.*

С привлечением экспертов в предметной области, к которой относится создаваемая система, произведена декомпозиция объекта и определены компоненты проекта (см. рис. 1). Выделенный объем финансирования на каждый компонент распределяется экспертами между уровнями разработки компонента. Распределение финансирования осуществляем для варианта ведения проектных работ по нисходящему принципу (см. рис. 2). Заметим, что в объем финансирования разработки i -го компонента j -го уровня не включается финансирование разработки компонентов более низкого уровня. Пример распределения финансирования представлен на рис.3.

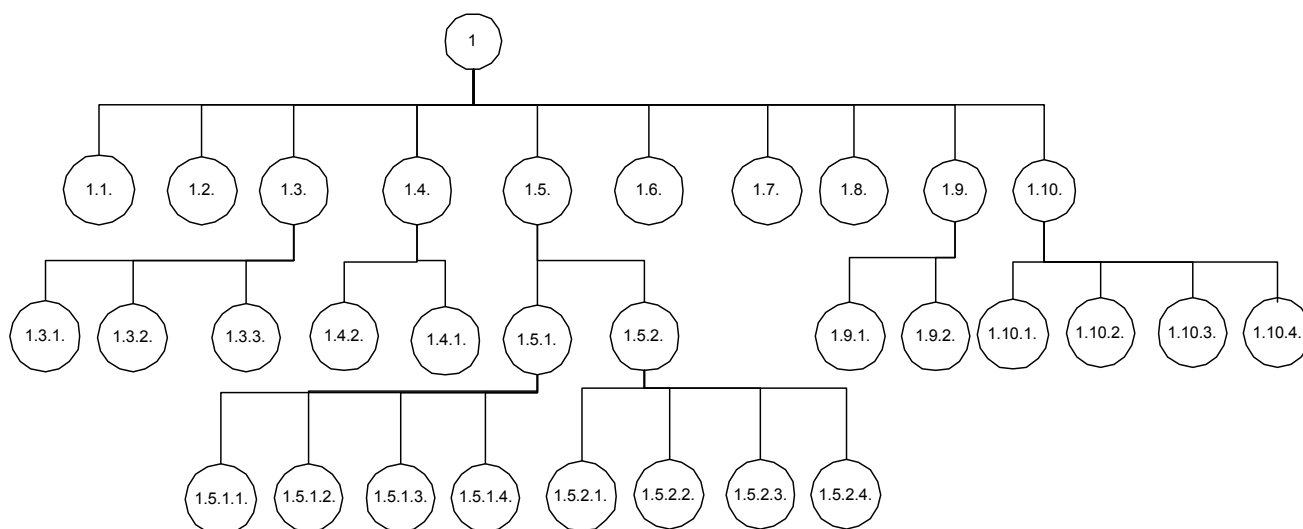


Рис. 1. Декомпозиция проекта

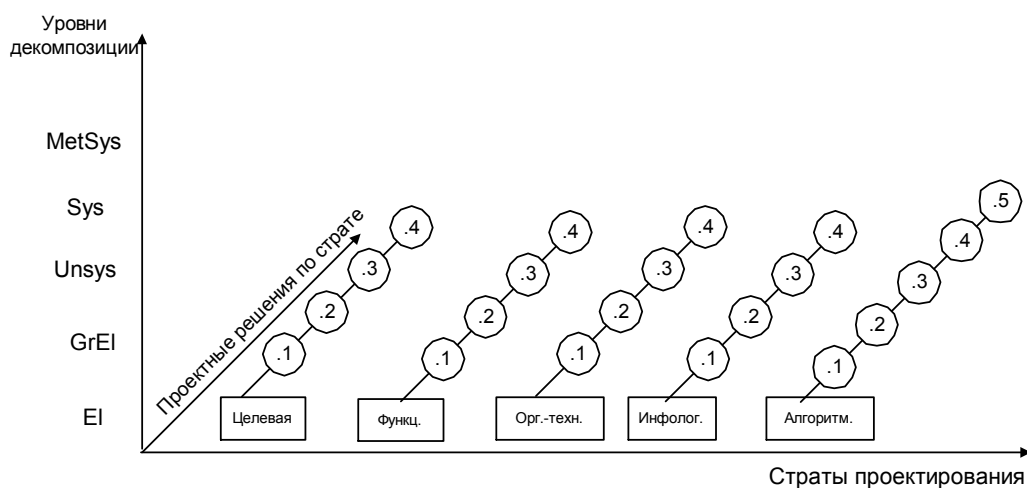


Рис. 2. Морфологический куб проектных действий

2. Формируется системная модель проектных действий, т.е. вся совокупность работ декомпозируется, стратифицирована и разбита по группам применяемых методов в соответствии с методикой ССА затрат на НИОКР, каждое действие занимает свое строго определенное место в морфологическом кубе проектных действий. (см. рис.2).

2.1. С помощью экспертов были выделены признаки декомпозиции станции для представления объекта в виде конечного множества компонентов, узлов, агрегатов, элементов. Декомпозицию было решено производить до уровня узлов.

2.2. Определены действия по разработке гене-

ральной цели создаваемого объекта, которая затем декомпозирована на подцели (цели 2-го уровня).

2.3. Определены действия по разработке задач 1-го уровня для обеспечения генеральной цели, которая затем декомпозирована на подзадачи (задачи второго уровня), решение которых обеспечивает достижение целей 2-го уровня.

2.4. Определены действия по созданию комплекса технических средств (КТС) 1-го уровня, на котором будут разрешаться поставленные задачи 1-го уровня. КТС декомпозирован на подсистемы, решающие задачи 2-го уровня.

2.5. Определены действия, необходимые для

расчета входных и выходных параметров материальных и информационных потоков на 1-м уровне, то есть для создания инфологической структуры объекта. Затем инфологическая структура 1-го уровня декомпозируется на инфологические структуры подсистем КТС 2-го уровня.

2.6. Заключительным этапом проектных работ по разработку 1-го уровня станции будет разработка алгоритма функционирования станции, т.е. определение последовательности решения поставленных задач на КТС с заданными параметрами инфологической структуры. Алгоритм функционирования 1-го уровня затем декомпозируется на алгоритмы подсистем 2-го уровня.

2.7. Далее действия 1.3.-1.7. повторяются для определения структуры проектных действий по разработке компонентов 2-го, 3-го и 4-го уровня декомпозиции станции.

В результате получаем системную модель проектных действий по созданию объекта, которая определяет последовательность и содержание проектных действий, и характеризует создаваемый объект.

2. *Определение коэффициентов стоимости страт и проектных действий.* Далее определяем нормативные коэффициенты затрат, согласно которым затраты распределяются по стратам (коэффициенты страт) и коэффициенты затрат, согласно которым затраты на страту распределяются по группам методов проектирования, т.е. по конкретным проектным действиям.

В большинстве научных организаций перечень работ по проекту обычно состоит из определенных этапов и видов работ. Это характерно и для рассматриваемого проекта. Необходимо было провести анализ и определить соотношение стоимостей типовых работ из перечня и элементов системной модели проектных действий (страт и групп применяемых методов).

Исходными данными для анализа были перечни

работ по созданию двух частичных аналогов и данные о фактической стоимости работ по этим темам ОКР. Все элементарные виды работ можно сгруппировать по пяти используемым группам методов проектирования. Так, например, первая группа методов "Анализ и декомпозиция" используется в рассматриваемой организации при разработке предложений, анализе и обосновании вариантов. Выполнение расчетов конструкций подразумевает использование методов синтеза проектных решений и т.д.

В качестве нормативных коэффициентов затрат на проектные действия было решено использовать коэффициенты, полученные для аналога, который сложнее в разработке, а мы рассматриваем проекты по созданию сложных систем. Соответственно, коэффициенты проектных действий, использующих выделенные группы методов следующие:

- 1) системный анализ и декомпозиция $D_1=0,09$;
- 2) синтез проектного решения $D_2=0,06$;
- 3) расчет ТТХ $D_3=0,34$;
- 4) системное моделирование $D_4=0,38$;
- 5) анализ проектного решения $D_5=0,13$.

Отметим, что полученные коэффициенты характерны для конкретной организации, со сложившейся структурой, определенными характеристиками персонала, материальной базой, применяемыми методами и средствами проектирования. Исследование зависимости данных коэффициентов от различных организационных факторов является одним из методов формирования нормативной базы для планирования затрат на сложные проекты.

Далее определяется доля затрат на каждый вид работ в общей стоимости ОКР. Затем определяется доля затрат на каждую группу методов путем суммирования долей затрат на виды работ, где используется данная группа. Результаты расчетов - коэффициенты, указывающие долю затрат на каждую группу методов проектирования для аналогов (см. табл. 5.2.). Данная группа коэффициентов также рассчитывается для конкретной организации. По

результатам экспериментальной проверки максимальное абсолютное расхождение между коэффициентами одной и той же группы методов для разных объектов составляет 0,02 (для группы "Анализ проектных решений"), что составляет 13,33% от доли данной группы для первого аналога или 15,38% - для второго аналога. То есть, ошибка (погрешность) в расчетах составляет до 16%. Но погрешность определения стоимости при использовании экспертного метода может составлять 40%, аналитическо-исследовательского метода - 30%. Без применения предлагаемой методики необходимо было бы применить один из этих методов, т.к. исходных данных недостаточно для использования более точного аналитическо-расчетного метода. Следовательно, применение данной методики позволяет повысить точность расчета затрат на элементарные проектные действия в условиях неполноты исходных данных.

Определив коэффициенты групп методов проектирования, необходимо определить коэффициенты страт.

Для рассматриваемой организации, со сложившимся внутренним порядком проведения ОКР, определенной квалификацией работников, затраты на страту формируются следующим образом (см. табл. 5.3.):

1. Затраты на целевую страту состоят из затрат на разработку технических предложений (0,06 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_1=0,06$.

2. Затраты на функциональную страту состоят из затрат на разработку технических заданий (0,2 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_2=0,2$.

3. Затраты на организационно-техническую страту состоят из 70% затрат на разработку эскизного и технического проекта, а также затрат на испытание и доработку опытного образца (0,47 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_3=0,47$.

4. Затраты на инфологическую страту состоят из 30% затрат на разработку эскизного и технического проекта (0,17 от стоимости ОКР). Коэффици-

ент $S_4=0,17$.

5. Затраты на алгоритмическую страту состоят из затрат на разработку рабочей конструкторской документации (0,1 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_5=0,1$.

3. *Расчет эталонных затрат на страты и проектные действия.* Далее выделенный объем финансирования разработки уровня i -го компонента Of_i был распределен между стратами и проектными действиями с помощью коэффициентов:

1. Вначале рассчитаны эталонные затраты $Эз_{ik}$ на k -ю страту i -го компонента: $Эз_{ik} = Of_i * S_k$, где Of_i - объем финансирования разработки уровня i -го компонента, S_k - коэффициент k -й страты.

2. Рассчитаны эталонные затраты $Эз_{ikj}$ на j -е проектное действие k -й страты i -го компонента: $Эз_{ikj} = Эз_{ik} * D_j$, где $Эз_{ik}$ - эталонные затраты на k -ю страту i -го компонента, D_j - коэффициент j -го проектного действия.

Расчеты производились с помощью табличного процессора Microsoft Excel. Впоследствии для расчетов использовалось специально разработанное программное обеспечение.

Практическое применение результатов экспериментальной проверки

ЭССМ объекта, полученная в результате расчетов, была использована научной организацией при управлении затратами на ОКР. Последовательность действий по управлению затратами с применением ЭССМ станции следующая:

1. На основе данных о типовой структуре себестоимости научной продукции, для каждого проектного действия объем финансирования распределен по статьям калькуляции, определены плановая прибыль и НДС.

На основании анализа калькуляций цены проектных действий делается заключение об обоснованности выделенного объема финансирования на каждый компонент и на проект в целом. При необ-

ходимости общий объем финансирования может быть пересмотрен или перераспределен.

3. В результате всех действий получена совокупность моделей в электронном виде (формат Microsoft Excel): табличная форма ЭССМ и калькуляции - расшифровки стоимости проектных действий. Назовем указанную совокупность электронной эталонной моделью стоимости (ЭЭМС).

4. Затем начато формирование ФССМ: создана копия файла, содержащего ЭЭМС. Из ячеек, содержащих численные значения затрат, данные удалены. Таким образом, подготовлен шаблон фактической системно-стоимостной модели системы (ФССМ) и шаблоны калькуляций-расшифровок.

5. По мере осуществления каждого проектного действия все данные о произведенных фактических затратах фиксируются и заносятся в соответствующую статью калькуляции проектного действия. Заполнение ФССМ производится под контролем руководителя ОКР по созданию станции. Фактическая текущая цена проектного действия рассчитывается автоматически. В ФССМ ячейки данных о стоимости каждого проектного действия связаны с соответствующей ячейкой калькуляции и любые изменения в фактической калькуляции отображаются в соответствующей ячейке табличной формы ФССМ.

Руководитель проекта получает возможность оперативного управления затратами за счет снижения периода управления и автоматизации расчетов, возможность формирования модели проектных действий уже на этапе концептуального планирования, возможность анализа обоснованности выделенного объема финансирования разработки станции и отдельных компонентов. Верификация моделей была произведена путем выборочного расчета сметных калькуляций (раскрытия заказ-нарядов) на отдельные проектные действия методом прямого счета. Максимальное отклонение между проверочными калькуляциями и сметными калькуляциями а в суммах по статьям калькуляции составило 12 % и при-

знано допустимым на этапе ТЭО ОКР. Начальные этапы ОКР по созданию станции показали, что разработанная ЭССМ объекта является адекватной фактическому формированию стоимости создания станции и может использоваться для дальнейшего управления затратами на данный проект. Максимальное отклонение по статьям калькуляции между фактической и эталонной моделью составило 10 %.

Выводы

Проведена экспериментальная проверка разработанного методического обеспечения ССА. Требовалось разработать детальную системно-стоимостную модель ОКР по созданию станции с целью распределения общего объема финансирования по уровням, стратам и проектным действиям, и последующего контроля фактических затрат.

1. В соответствии с методикой построения системной модели проектных действий объект декомпозирован на компоненты с выделением трех уровней проектирования. Для каждого компонента определен набор проектных действий и выделенный объем финансирования.

2. На основании анализа распределения затрат по стратам и проектным действиям при проектировании других объектов, для организации-исполнителя определены весовые коэффициенты затрат на страты и проектные действия.

3. С помощью рассчитанных коэффициентов объем финансирования компонентов распределен между стратами и проектными действиями. Затем, затраты на каждое проектное действие распределены по статьям калькуляции в соответствии с нормативными коэффициентами затрат. Полученная эталонная системно-стоимостная модель проанализирована и сделаны выводы о правильности ее построения.

4. На основании ЭССМ с использованием разработанного программного обеспечения создан шаблон ФССМ. Начальные этапы ОКР показали

адекватность построенных моделей и высокую эффективность управления затратами по предложенной схеме.

Таким образом, предлагаемые в данной работе и использованные при построении ЭССМ станции методики ССА НИОКР и алгоритмическое обеспечение КТ ССА, при экспериментальной проверке показали свою функциональную полноту и применимость, т.к. позволяют решить поставленные задачи управления затратами на реализацию сложного проекта. Практическое применение результатов подтверждено актом внедрения.

Литература

1. Екимова Ю.С. Системно-стоимостной анализ затрат на создание сложных систем // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. Вип. 20. - Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2000. - С. 106-111.

2. Выходец Ю.С. Использование функционально-стоимостного анализа при стоимостной оценке метасистем // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. Вип. 22. - Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2001.- С. 209-212.

3. Екимова Ю.С., Илюшко В.М. Анализ методов оценки затрат по стадиям жизненного цикла проекта // *Авиационно-космическая техника и технология*. Вып. 12. - Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т». - 1999. - С. 134-138.

4. Управление проектами / Н.И. Ильин, И.Г. Лукманова, А.М. Немчин, С.Н. Никешин, С.Н. Петрова, К.Г. Романова, В.Д. Шапиро / Под ред. В.Д. Шапиро. - СПб.: «Два-Три», 1996. - 610 с.

5. Мазур И.И., Шапиро В.Д. и др. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро и др. Справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. - М.: Высшая школа, 2001. - 875 с.

6. Выходец Ю.С. Методика построения стоимостной модели метасистемы // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. Вип. 21. - Харків: Нац.

аерокосмічний ун-т «ХАІ». - 2000. - С. 29-34.

7. Выходец Ю.С. Системная методика анализа затрат на метасистему // *Авиационно-космическая техника и технология*. Вып. 25. - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". - 2001. - С. 272-276.

8. Илюшко В.М., Выходец Ю.С. Использование ресурсного метода при планировании стоимости создания метасистемы. Построение ресурсной модели метасистемы // *Технология приборостроения*. - 2001. - №1-2. - С. 168-174.

9. Выходец Ю.С. Системная методика анализа затрат на метасистему // *Труды Десятой международной конференции «Новые технологии в машиностроении»*. - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". - 2001. С. 48.

10. Илюшко В.М., Белецкий И.В. Концептуальные принципы создания метасистем // *Авиационно-космическая техника и технология*. Вып. 7. - Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т». - 1998.- С. 196-198.

Поступила в редакцию 11.10.03

Рецензент: к.т.н. Гриценко Г.Д., ГП "Завод им. Малышева"

УДК 656. 611.2:656. 078. 8

Е.Л. СЕМЕНЧУК

Одесский национальный морской университет, Украина

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ

Настоящая работа посвящена путям повышения конкурентоспособности транспортных компаний. Добиться повышения конкурентоспособности транспортных предприятий можно снижением тарифных ставок путем сокращения затрат (лидерство по ценам) либо улучшением качества предоставляемых услуг, даже если это влечет увеличение расходов (дифференциация).

конкурентоспособность, стратегия, контроль качества, анализ рынка, управление, лидерство

Преобразования на транспорте Украины привели к значительным изменениям в системе управления отраслью. В частности, резко сократилась доля государственного участия в управлении процессами перевозки, что привело к появлению множества самостоятельных перевозчиков и к усилению конкуренции в рамках страны и за ее пределами.

Переход Украины от административно-командной системы к рыночным отношениям послужил толчком для более досконального изучения конкуренции. Данному вопросу посвящено большое число публикаций зарубежных и отечественных авторов. Следует выделить работу М. Портера [6], в области исследования конкуренции страны, который разработал теорию конкурентного преимущества. Различные вопросы освещались в работах Маркова В.Д., Кузнецова С.А. [1], Томсона А.А., Стрикленда А. Дж. [2], Виханского О.С. [3], Фатхудинова Р. А. [7] и других.

В сфере судоходства изучению вопросов конкуренции посвящено не так много научных работ. Среди них можно выделить российских авторов Вензика Н. Г., Левикова Г. А. [5], которые уделили внимание важным факторам, влияющим на конкурентоспособность судоходных компаний. Авторы

Онищенко С. П. [8] и Шумлянская О. И. [9] разработали методику оценки рейтинга конкурентоспособности судоходных компаний. В сфере конкурентоспособности порта можно выделить работу Меркт Е.В. [10], в которой содержатся методические основы определения уровня конкурентоспособности морских торговых портов.

Настоящая работа посвящена путям повышения конкурентоспособности судоходных компаний, поскольку неблагоприятная структура, большой возраст судов, их плохая техническая оснащенность, низкий уровень маркетинговой деятельности, а также отсутствие принятия правильных управленческих решений приводит к сдаче конкурентных позиций в области судоходства.

Целями данной статьи являются:

- показать зависимость между направлением стратегического развития и повышением конкурентоспособности судоходных компаний;
- уделить внимание такому немаловажному фактору в предоставлении транспортных услуг как вопросу качества, поскольку продукция морского транспорта может быть потреблена только в процессе ее производства, что влечет сложность контроля ее качества.

По мнению современных экономистов, конкуренция означает следующее [1, 6, 7]:

- наличие на рынке большого числа независимо действующих продавцов и покупателей товаров и услуг;
- продавцы и покупатели свободно выступают на тех или иных рынках, либо покидают их.

Конкурентоспособность – это свойство объекта, характеризующееся степенью удовлетворения им конкретной потребности по сравнению с аналогичными объектами, представленными на данном рынке. Конкурентоспособность определяет способность выдерживать конкуренцию в сравнении с аналогичными объектами на данном рынке [6].

М. Портер убежден, что страна не может и не должна преуспевать во всех отраслях. Потеря конкурентного преимущества на каком-то конкретном участке сама по себе не должна служить причиной тревоги. Более важными являются характер и причины утраченных позиций. В [6] рынок рассматривается в качестве постоянно совершенствующегося, динамического организма. Развитие зависит от таких элементов: а) рынок товаров и услуг; б) рынок капитала; в) рынок труда. Развитие – это история не использования преимуществ, а история борьбы с неблагоприятными условиями. Национальные неблагоприятные условия, если к ним подходить правильно, порождают энергию для инноваций и изменений. Давление и вызов, а не “спокойная жизнь” привели отдельные фирмы и даже страны к процветанию.

Также обосновывается, что:

- стержнем экономической политики страны должна быть теория конкурентной стратегии;
- работа с фирмами своей страны гарантирует более устойчивое преимущество, чем, если полагаться только на иностранных поставщиков;

- стратегия фирмы – одно из неперенных условий успеха в конкуренции. На международном рынке конкурируют фирмы, а не страны;

- движущей силой конкуренции является стимул к нововведениям.

Анализ конкурентных преимуществ рекомендуется начинать со структурного анализа отрасли. Структурный анализ отрасли осуществляется на основе анализа пяти сил, определяющих конкуренцию [6, 7] - это угроза появления новых конкурентов, соперничество между существующими конкурентами, способность поставщиков торговаться, способность покупателей торговаться, угроза появления товаров и услуг заменителей.

К числу последней силы следует отнести, например, отношения между железнодорожным транспортом и морским, между воздушным транспортом и морским, которые можно охарактеризовать усилением конкуренции и возможностью взаимно дополнять друг друга. Грузовой воздушный транспорт, способный перевозить контейнеры и специализированное оборудование, усиливает конкурентоспособность воздушного сообщения. Основным конкурентным преимуществом является время доставки груза, особенно это касается перевозок на короткие и средние расстояния.

Значение каждой из пяти вышеупомянутых сил меняется от отрасли к отрасли и предопределяет, в конечном счете, прибыльность отраслей. В тех отраслях, где действия этих сил складываются благоприятно, многочисленные конкуренты могут получать высокие прибыли от вложенного капитала. В тех отраслях, где одна или несколько сил действуют неблагоприятно, очень немногим фирмам удается долгое время сохранять высокие прибыли.

Угроза появления новых конкурентов снижает общий потенциал прибыльности в отрасли, поскольку

ку они привносят в отрасль новые производственные мощности и стремятся заполучить свою долю рынка сбыта, тем самым, снижая общую прибыль. Ожесточенная борьба в отрасли способствует снижению прибыльности, ибо за то, чтобы сохранить конкурентоспособность, приходится платить (расходы на рекламу, организацию сбыта), или же прибыль “утекает” к покупателю за счет снижения цен.

Обоснование стратегии всякого предприятия, в том числе в сфере судоходства, предполагает разработку целей, задач, мотивов, которые ставят перед собой предприятия [1, 2]. Так как судоходство является весьма специфической сферой деятельности, то перед разработкой стратегии необходимо учитывать ее основные отличительные черты. В частности, для линейного судоходства характерны перевозки пассажиров и мелких партий груза по расписанию с оплатой по тарифу [3].

Любое предприятие предполагает разработку первоначальной стратегии – генеральной программы действий, выявляющей приоритеты проблем и ресурсы для достижения основной цели, формулирующей главные цели и основные пути их достижения, разрабатывающей единое направленное движение и развитие предприятия.

Представление о том, к чему должно стремиться предприятие или организация, какой должен быть долгосрочный курс развития, формирует стратегическое видение в будущем. Стратегическое видение, по сути, является картиной, отражающей полное представление о том, “кем мы являемся в настоящее время, что делаем и куда направляемся”. Хорошее стратегическое видение – обязательное условие эффективной разработки стратегической программы действий.

Существуют три основных аспекта, которые следует учитывать при формировании глубокого стратегического видения :

- четкое понимание того, в какой сфере бизнеса работает предприятие, компания или организация;
- выражение своего ясного видения миссии, возможной постановки стратегических целей;
- полное понимание того, что на каком-либо этапе необходимо изменить стратегический курс и миссию компании [2].

Первый аспект раскрывает сферу бизнеса предприятия с точки зрения определения запросов на какие-либо товары и услуги и стремления удовлетворить эти запросы, определение группы клиентов, которые могут рассматриваться как потенциальные потребители товаров или услуг, а также использования необходимых технологий.

Второй аспект необходим для ясного понимания миссии и определения целей осуществления производственной деятельности, и как конечный результат – формулировки и постановки главной цели, которую будет преследовать предприятие в процессе своей производственной деятельности.

Эффективная стратегия развития предприятия основывается на трех составляющих: 1) стратегическом анализе предприятия, его ресурсов и возможностей; 2) правильном выборе долгосрочных целей; 3) механизме реализации выбранной стратегии развития.

Существует множество направлений достижения конкурентных преимуществ, или деловых стратегий, но наиболее общими являются следующие [1, 2]:

- лидерство в издержках (себестоимости продукции);
- дифференциация продукции;
- фокусирование;

- ранний выход на рынок (стратегия перво-проходца);
- синергизм.

В реальной практике можно одновременно реализовать несколько стратегий. Особенно это распространено у многоотраслевых компаний. Фирма может проводить и определенную последовательность в реализации стратегий. Тогда говорят, что фирма осуществляет комбинированную стратегию. К числу базовых стратегий следует, в первую очередь, отнести лидерство по издержкам; дифференциацию услуг; фокусирование внимания клиентуры на конкретных услугах; диверсификацию, слияние, объединение и ликвидацию.

Добиться повышения конкурентоспособности доходных предприятий можно снижением тарифных ставок путем сокращения затрат (лидерство по ценам) либо улучшением качества предоставляемых услуг, даже если это влечет увеличение расходов (дифференциация).

Продукция морского транспорта – это перемещение грузов, пассажиров, буксировка плавучих объектов и др. операции, которые выступают в качестве товара. Ее нельзя “заготовить” впрок и весьма сложно оценить качество предоставляемой услуги.

Принимая во внимание специфику продукции морского флота, качественными характеристиками услуг судоходных предприятий могут выступать: время доставки груза, зависящее от скорости хода и количества заходов в порты, объем предоставляемых агентских услуг, условия погрузки, самой перевозки, состояние и сохранность груза, а также необходимо учитывать неколичественные факторы - экономический климат, конкуренцию, технологические и политические изменения и др.

Согласно теории стратегического менеджмента, диверсификация – распространение хозяйственной

деятельности предприятия на новые сферы (расширение ассортимента производимых изделий, видов предоставляемых услуг, географической сферы деятельности и пр.).

Главной коммерческой целью диверсификации является увеличение прибыли за счет использования рыночных шансов и установления конкурентных преимуществ, но реальные пути получения конкурентных преимуществ, а, следовательно, и побудительные мотивы диверсификации, различны [1].

Основными целями диверсификации для судоходной компании являются: расширение сферы деятельности; увеличение грузопотоков за счет привлечения новых; повышение качества предоставляемых услуг, а также увеличение прибыли и дальнейшего развития компании. Диверсификация может проявляться в некоторых компаниях как передача отдельных функций филиалам или представительствам. Некоторые компании могут иметь отделения, подчиненные центральному аппарату, по выполнению функций узкой специализации – юридических, плановых и т. д., иные – представительства в других странах.

Нужно отметить, что если страна намерена конкурировать в области судоходства, то необходимо, во-первых, создать благоприятные условия развития “судоходной среды”, во-вторых, воспитывать и обучать высококвалифицированных специалистов в области морского бизнеса (эксперты, агенты, менеджеры, моряки), уделять внимание смежным видам деятельности (например, страхование, финансирование, консультационные услуги, судостроение и т.д.) [5].

Среди последних тенденций в работе предприятий морского транспорта существенное место занимает слияние управления с информационной технологией. Многие компании расходуют большие

средства для внедрения передовых информационных и программных продуктов. Однако мелким фирмам не по плечу значительные расходы. В ряде случаев небольшой размер фирмы означает одновременно и неспособность учитывать новые требования. Взрыв в информационной технологии в состоянии поднять их рыночную мощь, и через несколько лет эти компании могут добиться значительных успехов. Особенно это актуально для сферы судоходства, поскольку участники транспортного процесса отдалены друг от друга на значительные расстояния.

Выводы

Улучшение сложившейся ситуации в области морского бизнеса возможно посредством совершенствования управления перевозками, определения и решения вопросов, направленных на повышение конкурентоспособности судоходных компаний. Использование лишь одной стратегии, например, лидерства в издержках, которая призвана снижать цену, здесь не поможет, поскольку отрасль требует значительных инвестиций для развития и совершенствования берегового оборудования, причалов, взаимодействия со смежными видами транспорта, что обуславливает применение комбинированных стратегий.

Для повышения конкурентоспособности компаний необходимо уделять повышенное внимание качеству предоставляемых услуг и внедрению новых информационных технологий.

Литература

1. Маркова В.Д., Кузнецова С. А. Стратегический менеджмент. – М.: ИНФРА-М – Сибирское соглашение, 2000. – 287 с.

2. Томсон А. А. мл., А. Дж. Стрикленд. Стратегический менеджмент. – М.: ИНФРА - М, 2000. – 411 с.
3. Виханский О. С. Стратегическое управление. – М.: Гардарики, 1998. – 296 с.
4. Панарин П. Я. Управление работой морского флота. – Одесса: ОГМУ, 2001. – 213 с.
5. Вензик Н. Г., Левиков Г. А. Повышение конкурентоспособности судоходных компаний. – М., Транспорт, 2001. – 215 с.
6. Портер М. Международная конкуренция. – М.: Прогресс, 1993.
7. Фатхудинов Р. А. Стратегический менеджмент. – М.: ЗАО “Бизнес – школа”, 1999. – 416 с.
8. Онищенко С. П. “Метод оценки конкурентоспособности судоходной компании”.- Збірник наукових праць, 1998.-Выпуск 3.
9. Шумлянская О. И. “Порівняльний рейтинг конкурентоспроможності судноплавної компанії на ринку транспортних послуг” - Збірник наукових праць, 1998.-Выпуск 3.
10. Меркт Е. В. Конкурентоспособность порта: экономические аспекты стратегии развития: Учебное пособие. – Одесса: ОГМУ, 2001. – 31 с.

Поступила в редакцию 19.09.03

Рецензент: д.т.н., проф. Лапкина Инна Александровна, Одесский национальный морской университет

УДК 681.5

И.В. ДРОНОВА*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ УЧЕБНЫМИ ПРОЕКТАМИ

В статье рассматривается управление учебными проектами. Предложен метод, основанный на дискретной системе Вольтерра-Лотки, для прогнозирования катастроф учебной специальности.

управление проектами, методология научно-технических исследований, прогнозирование, организация учебного процесса, специальность, информация

Введение

Управление учебными проектами является актуальной и важной задачей, возникшей в последнее время в образовании. Высшая школа формирует интеллектуальный потенциал Украины, обеспечивая высококвалифицированными специалистами отрасли народного хозяйства, науки и культуры.

Высшее образование Украины находится на этапе глубокого системного реформирования с целью сохранения ее потенциала и объема подготовки специалистов, усиления государственной поддержки приоритетных направлений образования и науки, приведения в соответствие с новейшими мировыми достижениями современной науки. Направления реформирования должны адекватно учитывать процессы реформирования рыночных отношений.

В настоящее время на базе национальных высших учебных заведений создаются научно-методические центры и комиссии по разработке методологии научно-технических исследований, содержания образования и образовательных технологий, моделей, программ реформы и развития сферы высшего образования.

Среди наиболее важных проблем: изучение потребностей государства в специалистах соответствующей квалификации и анализ характеристик потенциала высших учебных заведений, разработка научно обоснованных методик определения потреб-

ностей в специалистах с учетом реальной рыночной ситуации.

Огромное влияние на сложность проблемы оказывают: появление контрактной формы образования, быстрый рост новых технологий в области обучения, управления и организации учебного процесса (например, дистанционное обучение) и постоянно изменяющийся «спрос» на специальности.

Предупреждение кризисного состояния кафедр высшего учебного заведения, подверженного колебаниям рынка, проведение работ по гармонизации с требованиями международных систем аккредитации, а также международными требованиями к профессиональным умениям выпускников, возможно при обеспечении адаптации под изменяющиеся требования существующих специальностей или моделировании новых.

Моделирование новых специальностей

Новые специальности, как правило, не являются простой модификацией ранее существовавших, а образуются на стыке наук в разных областях знаний и накопленного опыта специалистов.

До сих пор оперативное моделирование новой специальности являлось большой проблемой и решалось частично, учитывая лишь количественные показатели учебного процесса. Разработка и по-

строение информационных моделей данной предметной области как объекта автоматизации и процессов, которые автоматизируются, проведены не были.

Поиск и обработка качественной информации, имеющей ключевое значение при создании новой специальности, или не проводилась вообще, или проводилась без использования технических средств и возможностей информационных технологий. Такая работа по созданию специальности характеризуется огромным объемом информации и очень сложной структурой взаимосвязей, сочетающим творческий труд с рутинностью, большой длительностью процесса разработки, недопустимой в рыночных условиях. Особо необходимо отметить важность знаний и опыта специалиста. При разработке специальности «вручную» в результате долгого труда может быть получен лишь один вариант новой специальности, и в этом случае нельзя говорить об оптимальности полученных результатов, так как получение других вариантов не представляется возможным.

Автоматизации моделирования новой специальности и управления учебным процессом кафедры с помощью прогрессивных информационных технологий позволит связать воедино анализ ситуации на рынке рассматриваемой специальности и возможность моделирования новой за ограниченный промежуток времени, соответствующий подготовке и принятию решения о целевом заказе на подготовку.

Рассматриваемая система характеризуется рядом особенностей, влияющих на выбор и обоснование методов исследования:

- большими объемами лингвистической информации разного назначения, получаемой из разнотипных источников;
- необходимостью сбора информации, качество которой изменяется во времени;
- непостоянством структуры системы;

- многомерностью связей;

- многоаспектностью представления;

- неопределенностью целей, поведения, характеристик и может быть описана как сложная динамическая система.

Проблемы анализа и синтеза учебной информации на кафедре

Для профессиональной подготовки специалистов выпускающей кафедре ежегодно необходимо пересматривать учебные планы и тематическое наполнение учебных программ. Это связано с различным уровнем начальных знаний студентов, целевыми заказами на обучение от предприятий, изменениями в нормативной документации на подготовку выпускника по специальности. Сравнительно большое время между получением знаний и умений студентом и возможностью их практического применения – работой по специальности, невозможность прямой проверки объема знаний – общего уровня подготовки – дают возможность говорить о «нечеткой» системе. Введенный Л. Заде термин «нечеткие системы» допускает три уровня критерия описания систем:

- плохо определенные системы, для описания которых не существует обычных первичных понятий (метапонятий), что является первым шагом на пути построения необходимых моделей и теорий;
- системы, которые трудно идентифицируются, для которых не существует удовлетворительных моделей их функционирования;
- трудно специфицируемые системы, имеющие модели, параметры которых невозможно определить с необходимой точностью, пространство состояний таких систем плохо нормируемо и метризуемо. Объем информации о таких системах увеличивается с течением времени вследствие более глубокого их изучения.

Информационно-аналитическая система управления учебными проектами на кафедре предназначена для информационной поддержки принятия решений. Объектом управления является учебный процесс на кафедре. Критерий управления – качество преподавания, которое преобразовывается в знания, навыки и умения студентов, полученные до окончания обучения [2].

На этапе предварительной подготовки синтезируется множество вариантов учебного проекта, рассматривается тематическое наполнение учебных дисциплин под заданные входные данные.

На этапе реализации проводится оперативное управление, основная цель которого – уменьшить рассогласование, возникшее в результате воздействия непредвиденных факторов внешней среды, между заданными и реальными характеристиками [3].

На этапе прогнозирования моделируются прогнозы "катастроф" специальности.

Построение модели специальности

Построение модели специальности как сложной информационной системы сопровождается разработкой большого количества взаимосвязанных теоретико-множественных конструкций.

Сложность описания системы с большим числом переменных может быть связана с тем, каким образом описываются эти переменные и взаимосвязи между ними, или какое количество деталей принимается во внимание. Возможно описание системы, основанное на предположении о целенаправленности поведения рассматриваемой системы (например, системы поддержки принятия решений), или феноменологическое описание, фиксирующее характер причинно-следственных преобразований входных воздействий в выходные величины. Формализация элементов сложной информационной системы предполагает переход от некоторого интуитивного понятия к точному математическому определению,

используя минимальную математическую структуру, с последующим построением модели системы.

Применение дискретной системы Вольтерра-Лотки для прогнозирования катастроф специальности

Дискретизация системы дифференциальных уравнений приводит к богатому и сложному поведению. Это справедливо и для уравнения Лотки-Вольтерра для системы анализа потребностей рынка труда Украины и регионов в выпускниках данной специальности.

Пусть $x(t)$ означает численность выпускников академической специальности кафедры высшего учебного заведения заданной специализации, $y(t)$ – потребность в выпускниках данного профиля на рынке труда в момент t . Предположим, что коэффициенты прироста x и y связаны следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{x} = \alpha - y\beta, \\ x \\ \dot{y} = -\gamma + x\delta, \\ y \end{cases} \quad \text{при } \alpha, \beta, \gamma, \delta > 0. \quad (1)$$

Следовательно, x в отсутствие y растет с некоторым постоянным коэффициентом, а y в отсутствие x с некоторым постоянным коэффициентом убывает. Трудоустройство выпускников пропорционально y , а прирост численности выпускников заданной специализации пропорционально x . Систему (1) представим в виде

$$\begin{cases} \dot{x} = x\alpha - xy\beta = f(x, y), \\ \dot{y} = -y\gamma + xy\delta = g(x, y). \end{cases} \quad (2)$$

Для (2) точкой покоя будет точка $x_s, y_s = (\gamma/\delta, \alpha/\beta)$. Первый квадрант

$\{(x, y) : x > 0, y > 0\}$ заполняется замкнутыми траекториями, охватывающими (x_s, y_s) , то есть наблю-

даются периодические колебания численности выпускников заданной специализации.

Для дискретизации (2) могут быть применены одношаговые и многошаговые методы. Среди одношаговых методов наибольшую известность получили метод Эйлера и метод Хена.

Комбинированное применение этих методов предполагает:

$$\begin{pmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \end{pmatrix} = \Phi_{h,\rho} \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix}, \quad k = 0, 1, \dots, \quad (3)$$

$$\Phi_{h,\rho} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \frac{h}{2} \begin{pmatrix} f(x,y) + f(x + \rho * f(x,y), y + \rho * g(x,y)) \\ g(x,y) + g(x + \rho * f(x,y), y + \rho * g(x,y)) \end{pmatrix}, \quad (4)$$

при $\rho = 0$ получается метод Эйлера, при $\rho = h$ – метод Хена. Если взять $\alpha = \beta = \delta = \gamma = 1$, то при любых h, ρ

$$\Phi_{h,\rho} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

В плоскости параметров, с точки зрения качественного поведения системы, можно различить четыре области. Для (h, ρ) неподвижная точка $(x, y) = (1, 1)$ является притягивающей, при движении далее наблюдается бифуркация Хопфа – неподвижная точка становится неустойчивой и из нее рождается инвариантная окружность, которая оказывается притягивающей для всех точек, за исключением ответвлений, исходящих из границы области, для которых имеется притягивающая периодическая траектория, состоящая из конечного числа точек. Система находится в резонансе. При дальнейшем движении наблюдаются странные аттракторы, затем траектории стремятся в бесконечность.

Заключение

Предложенная модель наполнения учебных дисциплин в границах проектов, связанных с обеспечением учебного процесса на кафедре, и дальнейшего

их мониторинга позволит сберечь и повысить качество обучения.

Прогнозирование катастроф специальности дает возможность провести прогноз потребностей рынка труда Украины и регионов в выпускниках данной специальности, по результатам прогноза принять соответствующие решения о возможных модификациях специальности.

Литература

1. Вартанян В.М., Дронова И.В. Единая информационная модель обучения студента на основе стандарта на специальность // Концептуальні засади модернізації системи освіти в Україні. Матеріали всеукраїнської НПК. – Харків: НУА, 2002. – С. 173-174.
2. Вартанян В.М., Дронова И.В. Компьютерная реализация методики разработки заданий для обучающихся и тестирующих программ // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Випуск 6 (16). – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – С. 181-186.
3. Вартанян В.М., Дронова И.В. Организация аудита образовательных программ и проектов с помощью информационных технологий // Сучасні технології в менеджменті. Матеріали міжнародної НПК. – Харків-Алушта: ХАІ, 2003. – С. 13-14.

Поступила в редакцию 25.09.03

Рецензент: к.т.н., доцент Резчик В.А., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 519.9; 338.244; 681.3

Я.М. КОЛЯДА

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

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НИСХОДЯЩЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СИТУАЦИИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ

В статье дается постановка задачи идентификации ситуации инвестирования, решение которой должно предшествовать принятию решения об инвестировании. Предложенный метод кластеризации данных позволяет провести анализ данных для идентификации ситуации инвестирования.

управление проектами, инвестирование, принятие решения, идентификация, кластерный анализ, нисходящая классификация

Введение

Развитие и функционирование производства основывается на выборе множества проектов, позволяющих вести целенаправленную промышленную и экономическую деятельность в условиях внешней рыночной среды.

Команде каждого проекта необходимо выявить участников проекта, определить их потребности и ожидания. Участниками проекта являются: инициатор проекта, заказчик, исполнитель, а так же инвесторы проекта.

Инвесторы – это отдельные лица или группы лиц, которые обеспечивают финансовые средства для выполнения проекта, то есть реальные инвестиции - инвестиции в материально-осязаемые активы [1].

Инвестиционная политика подразумевает определение цели инвестора и объема инвестируемых средств.

Эффективность инвестиционных проектов рассматривается как соотношение между затратами на воспроизводство основных фондов и получаемыми результатами, например, ввод в действие готовых объектов производственного и непроизводственного назначения, используется при выборе оптимального варианта инвестиций в виде расчета:

- сравнительной эффективности по анализируемым вариантам с учетом финансовых последствий реализации проекта для его участников;
- финансовых последствий осуществления проекта для регионального бюджета;
- затрат и результатов реализации проекта, выходящих за пределы прямых финансовых интересов участников проекта и допускающих стоимостное измерение.

Идентификация ситуации инвестирования необходима для подготовки и принятия решения об инвестировании.

Задача идентификации ситуации инвестирования

Под идентификацией понимается построение самой модели процесса инвестирования и определение его параметров. Используется идентификация в реальном времени, следовательно, накладываются временные ограничения. При решении практической идентификации опираются на накопленный опыт, знания и интуицию специалистов-аналитиков.

При принятии решений по инвестированию идентификация производится однократно и многократно.

Однократная идентификация необходима при разовом построении математической модели процесса инвестирования.

Многократная идентификация ситуации инвестирования может осуществляться в процессе управления проектом, в этом случае строится адаптивная система управления инвестициями.

Идентификация ситуации инвестирования проводится по возможным видам инвестирования.

Инвестициями являются все виды имущественных и интеллектуальных ценностей, вкладываемые в объекты предпринимательской деятельности, в результате которой создается прибыль [2].

Таковыми ценностями могут быть:

- средства, целевые банковские вклады, паи, акции, ценные бумаги, недвижимое имущество;
- имущественные права, которые вытекают из авторского права, опыт и другие интеллектуальные ценности;
- совокупность технических, технологических, коммерческих и других знаний, оформленных в виде технической документации, навыков и производственного опыта, необходимого для организации того или иного вида производства, но не запатентованных “ноу-хау”;
- права пользования землей, водой, ресурсами, зданиями, сооружениями, оборудованием, и другие имущественные права.

Построение математических моделей для идентификации ситуации инвестирования затрудняется тем, что проекты, требующие инвестирования, в каждой предметной области имеют свои отличия, связанные с продуктом (результатами) проекта, следовательно, жизненным циклом проекта [3], возможными рисками, а так же отсутствием строгих математических зависимостей.

В настоящее время в ряде работ [4 и др.] рассматриваются интегрированные показатели отбора инвестиционных проектов, но математическое решение задачи по идентификации ситуации инвестирования не предложено.

Решение проблемы

Задача идентификации ситуации инвестирования должна решаться на основе результата представления неизвестных знаний и закономерностей - ассоциации, выявления последовательностей, построения классификаций и кластеризации, полученной из большого количества данных.

Возможны следующие подходы к решению задачи:

1. распознавание образов – описание объектов через определенные значения значимых признаков; каждому объекту ставится в соответствие матрица признаков, по которой происходит его распознавание; процедура распознавания использует специальные математические процедуры и функции, разделяющие объекты на классы; это направление связано с нейрокибернетикой;

2. обучение и самообучение – область искусственного интеллекта, включающая модели, методы и алгоритмы, ориентированные на автоматическое накопление и формирование знаний на основе анализа и обобщения данных;

3. технология data mining – как процесс обнаружения в сырых данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных, доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений.

4. модели и методы кластерного анализа- множество вычислительных процедур, формирующих или выявляющих иерархии, лежащие в основе совокупности данных, - кластер анализ – позволяют обрабатывать массивы данных, необходимые при выборе инвестиционного решения.

Алгоритмы иерархической восходящей классификации, строят последовательность вложенных разбиений, начиная с разбиения, содержащего одноэлементные классы, и заканчивая разбиением, состоящим из одного единственного класса:

- алгоритмы, основанные на таблице исходных расстояний между элементами множества I ,

формулах перерасчета этой таблицы в таблицы расстояний между последовательными разбиениями, образующими иерархию,

- алгоритмы, основанные на таблице исходных расстояний и исходной таблице, использованной для вычисления этих расстояний.

Применение алгоритмов иерархической нисходящей классификации для решения данной задачи более целесообразно.

Исходное множество разделяется на два класса I_0 и I_1 , затем каждый из них делится еще на два I_{00} , I_{01} , I_{10} , I_{11} , и так до получения классов низшего уровня. С алгоритмической точки зрения иерархическая классификация строится с помощью алгоритма простого разбиения множества объектов, путем проведения повторного разбиения для каждого из классов, полученных на предыдущем шаге. Пошаговое выполнение метода нисходящей классификации может быть представлено следующим образом.

Вычислить таблицу расстояний между элементами множества I . Построение основано на сравнении расстояний между элементами без модификации исходных расстояний.

Шаг 1. Необходимо исходные данные расстояния упорядочить по убыванию их величины.

Разделим исходное множество I на два подмножества.

$$\text{Обозначим } \delta(I) = d(i_0, i'_0) = \max \{d(i, i'), i, i' \in I\}.$$

Пусть упорядочение всех расстояний по убыванию имеет вид $d(i_0, i'_0) > d(i_1, i'_1) > d(i_2, i'_2) > \dots$

В этом случае i_0 приписываем одному классу, а i'_0 - другому. После проверки – рассматривались ли элементы i_1 и i'_1 , если нет, то i_1 приписывается классу S_1^1 , а i'_1 - классу S_1^2 . Повторяем процедуру до тех пор, пока все элементы множества I не будут распределены между классами.

Шаг 2. Переходим от разбиения к разбиению $(h+1)$. На шаге h рассматривается разбиение $\{S_1, S_2, \dots, S_h\}$. Диаметры классов заданы величинами $v(S_1), v(S_2), \dots, v(S_h)$, которые представляют собой индексы этих классов. Пусть класс S_i таков что для него величина уровня $v(i)$ достигает максимума. В этом классе существуют такие элементы i_0 и i'_0 , что $d(i_0, i'_0) = v(S_i)$. Припишем i_0 к классу S_i^1 , а i'_0 к классу S_i^2 , при произвольном порядке классов.

Рассмотрим пару i_1 и i'_1 класса S_1 , что $d(i_1, i'_1)$ максимально для всех пар (i, i') не равных (i_0, i'_0) . Если i_1 и i'_1 еще не приписаны к классу S_i^1 или S_i^2 , то i_1 - в S_i^1 , i'_1 - в S_i^2 . Если i_1 и i'_1 уже приписаны к формируемым классам. Переходим к следующей паре из упорядоченного списка расстояний.

В случае, когда все элементы приписаны одному из двух классов S_i^1 или S_i^2 , процедура формирования этих классов прекращается. Вычисляем индексы уровня, после чего разбиение считается построенным и выполняется следующий шаг.

Шаг I-1. Если конструируется полная иерархическая классификация, то процедура выполняется до тех пор, пока не будет достигнут шаг I-1. Это является условием прекращения вычислений. Одним из возможных критерием остановки может использоваться такое значение индекса уровня, ниже которого дихотомия не производится.

Число расстояний возрастает с увеличением численности множества I . Применение процедур, позволяющих избежать сортировки всех расстояний при их упорядочении позволяет избежать необходимости хранения таблиц расстояний.

Если заменить методом вычисления пороговых величин, то последовательность действий будет следующей:

Шаг 1. Вычисляются расстояния между элементами множества I и гистограмма этих расстояний.

Фиксируются наибольшие величины расстояний с номерами соответствующих элементов. Последовательно происходит сортировка.

Шаг 2. Если количество расстояний, внесенных в выделенную зону, достаточно, чтобы распределить все объекты по двум классам, то вычисляется диаметр – индексы уровня полученных классов.

Если не все элементы множества I оказались, то в выделенную область переводится новая порция расстояний., после чего вновь осуществляется их упорядочение.

Когда распределение по классам закончено возвращаемся к началу файла расстояний, и производится порционная сортировка.

Компьютерная реализация метода нисходящей классификации позволяет проводить анализ больших объемов данных, предшествующий процессу идентификации ситуации инвестирования.

Заключение

В связи с тем, что инвестиции в проекты могут носить разнообразный характер по видам имущественных и интеллектуальных ценностей, задача идентификации ситуации инвестирования является актуальной.

Новизна состоит в применении методов кластерного анализа и направления data mining для анализа информации, связанной с предстоящим инвестированием. Проведена модификация метода нисходящей классификации. Компьютерное выполнение метода позволяет анализировать данные при идентификации ситуации инвестирования для принятия решения о целесообразности инвестирования и выбора инвестиционного проекта.

Литература

1. Шарп. У., Александер Г., Бейли Дж. Инвестиции/ Пер. с англ. – М.: Инфра-М, 2001, 1028 с.

2. Закон України про інвестиційну діяльність // Ведомості Верховної Ради, 1991, № 47, ст.646, зі змінами.

3. Duncan W. A Guide to the Project Managment Body of Knowledge. – Project Managment Institute, 1996, 175 p.

4. Шапиро В.Д., Мазур И.И., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами. – М.: Экономика, 2001. – 575 с.

Поступила в редакцию 15.10.03

Рецензент: к.т.н., доцент Константинов Ю.С., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 681.322

Д.А. ГОРЛОВ

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

ПОСТРОЕНИЕ ПРОТОКОЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ЗАДАЧАМИ В СЛОЖНЫХ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В статье рассматриваются проблемы формализации представления процессов управления сложными социотехническими системами. Приведен способ построения протоколов и алгоритмов управления отдельными задачами. Предложен принцип объединения частных алгоритмов управления подзадачами в общий алгоритм управления задачами.

организационные структуры управления, процесс управления, формализация, алгоритм управления, логические предикаты, имитационное моделирование

Введение

При формировании сложных социотехнических систем (ССТС), таких как крупные автоматизированные, энергетические, технологические, информационные и т.д. системы, возникают задачи, связанные с анализом структуры управления, рациональной организацией взаимодействия исполнителей. Рациональное управление определяет успех деятельности любой организации. Необходимость постановки вопроса о совершенствовании управления связана с множеством факторов, например:

- изменения, происходящие во внешней среде;
- изменение условий на рынках и появление сильной конкуренции;
- зависимость успехов организации от участия ее персонала в управлении (делегирование полномочий);
- эффективное использование современных информационных технологий, что дает новые возможности для предприятий повышать конкурентоспособность за счет совершенствования механизмов и структур организационного управления.

В настоящее время успех организаций в конкурентной борьбе определяется не столько успехом у потребителей выпускаемой продукции, сколько эф-

фективностью систем управления, которые способны обеспечить приспособляемость организаций к новым условиям и удовлетворить растущие требования и запросы потребителей, обеспечивая на этой основе свое развитие.

Таким образом, возникает задача анализа эффективности функционирования управляющих структур в сложных социотехнических системах.

1. Анализ эффективности процессов и структур организационного управления

Эффективность управления традиционно оценивается по степени достижения организацией поставленных перед ней целей: по конечным результатам производственной деятельности [1] (по уровню прибыли), по качеству планирования (улучшение показателей бюджетирования), по эффективности вложений (отдача на капитал), по увеличению скорости оборачиваемости капитала и т.п. Но все эти способы не дают реальной оценки эффективности функционирования управляющих структур. Они дают оценку результата, а не оценку пути достижения этого результата. С их помощью затруднительно указать способы повышения эффективности управления.

Оценить эффективность процесса управления можно путем сравнительного анализа управления выполнением одинаковых работ организационными структурами при тождественных внешних условиях. Это условие практически невыполнимо.

В настоящее время для анализа функционирования организаций все большее применение находит подход, основанный на имитационном моделировании функционирования ССТС[2]. Проведение имитационного моделирования предполагает осуществление четырех основных этапов: 1) построение модели, 2) проведение моделирующих экспериментов, 3) анализ полученных показателей эффективности, 4) определение направлений совершенствования организационной структуры. Многократное моделирование функционирования организационной структуры управления по альтернативным сценариям дает исходную информацию для принятия решений о ее изменении.

Предлагаемая модель отображает текущую деятельность ССТС с высокой степенью детализации. В процессе моделирования рассчитываются статистические характеристики элементов модели, оценка эффективности процесса может быть получена на основе анализа этих характеристик.

Анализ статистических характеристик управляющих узлов модели ССТС, таких как:

- T - общее время работы узла;
 - T_y - время, в течение которого узел выполнял управленческие функции;
 - N - общее количество задач, в решении которых принимал участие узел;
 - N_y - количество задач, в управлении которыми принимал участие узел;
 - M_y - количество полученных сверхуправляющих воздействий;
- позволяет оценить такие показатели, как:

- $D_y = \frac{T_y}{T}$ - доля функций управления;

- $I = \frac{M_y}{N}$ - самостоятельность узла;
- $MD = \frac{T_y}{N_y}$ - уровень сложности управления;
- $MT = \frac{N_y}{N}$ - напряженность управления.

Приведенный список характеристик и показателей, которые могут быть измерены и оценены в результате имитации реального функционирования ССТС, может быть дополнен.

Для построения имитационной модели необходимо решить следующие задачи:

- формализация представления организационной структуры ССТС;
- формализация представления задач, решаемых ССТС для достижения целей своего функционирования;
- формализация представления процессов управления в ССТС.

В работе [3] приведена модель формализованного представления управляющих структур и задач в ССТС.

Функциональные задачи, которые система должна решать для достижения поставленных перед ней целей образуют множество $Z_\Phi = \{z_{\Phi_k}\}$.

Уровень декомпозиции задач системы определяется с помощью понятия элементарной задачи z_Φ , под которой в данной работе будем понимать такую функциональную задачу, которая может быть решена узлом системы без взаимодействия с подчиненными ему узлами.

Неэлементарная задача z_{Φ_j} может быть представлена в виде набора функциональных задач более низкого уровня:

$$z_{\Phi_j} = z_{y_j} \cup z_{\Phi_m} \cup z_{\Phi_{m+1}} \dots \cup z_{\Phi_{m+s}} \quad (1)$$

Таким образом, для построения протокола управления решением задачи z_{Φ_j} на основании подходов, предложенных в [4, 5], нужно построить протоколы управлением задачами $z_{\Phi_i}, z_{\Phi_{m+1}} \dots z_{\Phi_{m+s}}$ и объединить их в общий протокол, решая задачу z_{y_j} .

Целью статьи является представление подходов и методов синтеза формализованных протоколов и алгоритмов управления в сложных социотехнических системах.

2. Формализация общих протоколов управления в ССТС

Рассмотрим построение протоколов управления решением отдельных функциональных задач.

В [4] предложена система классификации ролей, которые узлы управляющей структуры могут играть по отношению к функциональным задачам:

1. Инициатор (И, $NRI_{a_i}^{z_k}$)
2. Узел, принимающий решение о выполнении задачи (ЛПР, $NRD_{a_i}^{z_k}$)
3. Управляющий решением (УР, $NRM_{a_i}^{z_k}$)
4. Координатор (К, $NRC_{a_i}^{z_k}$)
5. Непосредственный исполнитель (НИ, $NRE_{a_i}^{z_k}$)

Эта иерархия ролей показана на рис. 1.

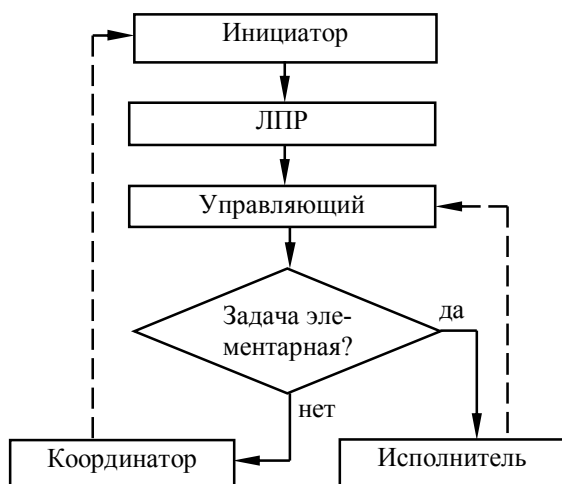


Рис.1. Иерархия ролей в ССТС

В [5] приведен базис операций управления в ССТС, специфицированный по ролям узлов управления, сформированы типовые протоколы управления.

В табл. 1 приведена классификация предложенных операций управления.

Таблица 1

Классификация операций управления в ССТС

№ п/п	Операция	РСА
1	Информационные обмены (ИО)	<i>IE</i>
2	Подготовки к исполнению (ПИ)	<i>EP</i>
3	Подготовки управляющих воздействий (ПУВ)	<i>CIP</i>
4	Активные управления (исполнения) (АО)	<i>AC</i>
5	Пассивные управления (исполнения) (ПО)	<i>PC</i>
6	Обработки результатов (ОР)	<i>RP</i>
7	Формирования ответов (ФО)	<i>RP</i>

Полные протоколы управления решением задач показаны на рис 2 и 3.

Анализ полных протоколов управления позволяет построить ролевые алгоритмы функционирования управляющих узлов при решении одной задачи:

1. Алгоритм функционирования Инициатора

$$al_{RC_1} = al_{NRI} = EP_{NRI} \cdot EXE_{NRI} = EP_{NRI} \cdot CIP_{NRI} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRI} \cdot IE \cdot RP_{NRI} \quad (2)$$

2. Алгоритм функционирования ЛПР

$$\begin{aligned}
al_{RC_2} &= al_{NRD} = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EXE_{NRD} \cdot \\
&\cdot AF_{NRD} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot CIP_{NRD} \cdot IE \cdot \quad (3) \\
&\cdot A(P)C_{NRD} \cdot IE \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE
\end{aligned}$$

3. Алгоритм функционирования Управляющего решением

$$\begin{aligned}
al_{RC_3} &= al_{NRM} = IE \cdot EP_{NRM} \cdot \\
&EXE_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRM} \cdot \\
&\cdot CIP_{NRM} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRM} \cdot IE \cdot \\
&\cdot RP_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE
\end{aligned} \tag{4}$$

4. Алгоритм функционирования Координатора

$$al_{RC_4} = al_{NRC} = IE \cdot EP_{NRC} \cdot EXE_{NRC} \cdot AF_{NRC} \cdot IE \quad (5)$$

5. Алгоритм функционирования Непосредственного исполнителя

$$al_{RC_5} = al_{NRE} = IE \cdot EP_{NRE} \cdot EXE_{NRE} \cdot AF_{NRE} \cdot IE \quad (6)$$

, где

$$\begin{aligned} EXE_{NRI} &= CIP_{NRI} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRI} \cdot \\ &\cdot IE \cdot RP_{NRI} \\ EXE_{NRD} &= CIP_{NRD} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRD} \cdot \\ &\cdot IE \cdot RP_{NRD} \\ EXE_{NRM} &= CIP_{NRM} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRM} \cdot \\ &\cdot IE \cdot RP_{NRM} \end{aligned} \quad (7)$$

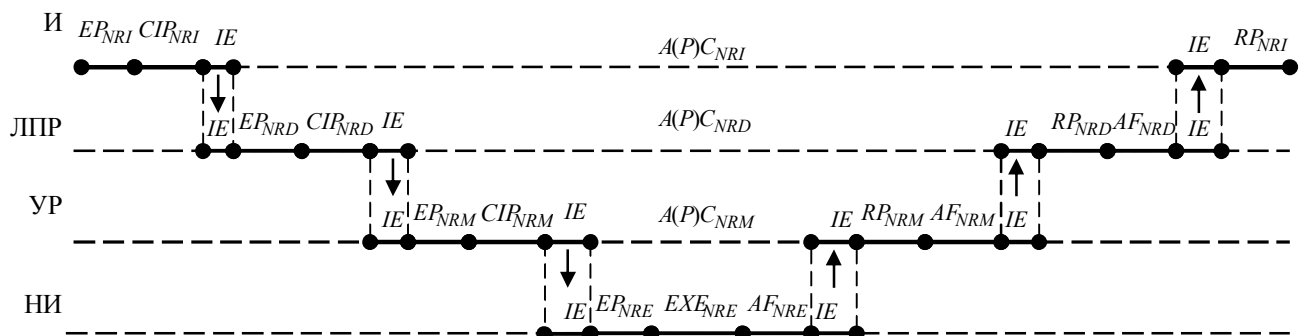


Рис.2. Полный протокол управления решением задачи $z_\Phi \in Z_\Phi$

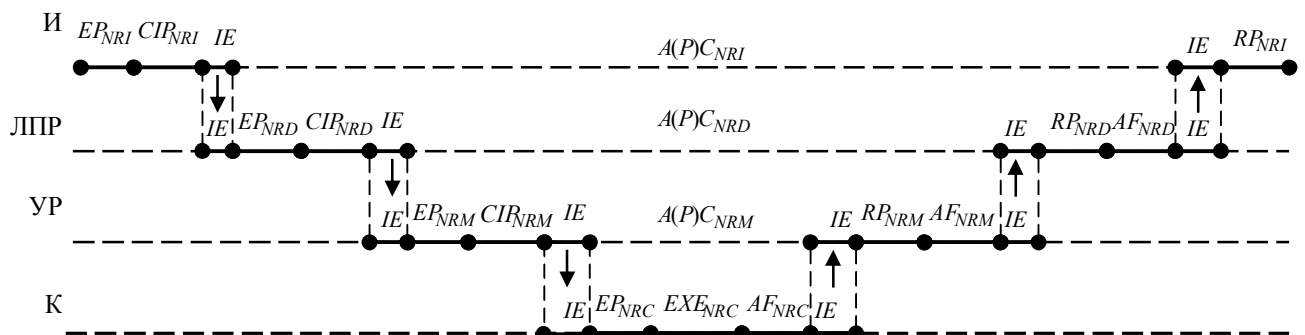


Рис. 3. Полный протокол управления решением задачи $z_\Phi \notin Z_\Sigma$

Предложенные алгоритмы функционирования могут быть разбиты на 2 класса:

$$KL_1 = \{al_{NRI}, al_{NRD}, al_{NRM}\} \quad (8)$$

$$al_{KL_1} = X \cdot EP \cdot CIP \cdot IE \cdot A(P)C \cdot IE \cdot RP \cdot Y$$

$$KL_2 = \{al_{NRC}, al_{NRE}\} \quad (9)$$

$$al_{KL_2} = IE \cdot EP \cdot EXE \cdot AF \cdot IE$$

, где X, Y – некоторые последовательности операций;

Здесь KL_1 представляет собой класс алгоритмов управления на верхнем уровне иерархии ролей, а KL_2 – класс алгоритмов управления на нижнем уровне и алгоритмов функционирования. Если при решении некоторой задачи узел совмещает в себе роли, смежные в иерархии ролей, будет иметь место свертка протоколов взаимодействия этих ролей. Такая свертка должна отражать изменение характера работы, выполняемого управляющим узлом.

Приведем пример алгоритма, получаемого при совмещении узлом ролей инициатора и ЛПП:

$$al_{NRI \cup_{al} NRD} = EP_{NRI} \cdot EP_{NRD} \cdot CIP_{NRD} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRD} \cdot IE \cdot RP_{NRD} \cdot RP_{NRI} \quad (10)$$

Проведя более глубокий анализ, можно определить правила свертки алгоритмов управления при совмещении узлами ролей:

$$\begin{aligned} \forall al_{rc_i}, al_{rc_j} \mid al_{rc_i} \in KL_1; al_{rc_j} \in KL_1 \cup KL_2 : \\ al_{rc_i \cup_{al} rc_j} = al_{rc_i} \cup_{al} al_{rc_j} = X \cdot EP_{rc_i} \cdot CIP_{rc_i} \cdot IE \cdot \\ \cdot A(P)C_{rc_i} \cdot IE \cdot RP_{rc_i} \cdot Y \cup_{al} IE \cdot EP_{rc_j} \cdot EXE_{rc_j} \cdot \\ \cdot AF_{rc_j} \cdot IE = X \cdot EP_{rc_i} \cdot EP_{rc_j} \cdot EXE_{rc_j} \cdot RP_{rc_i} \cdot Y; \\ al_{rc_i \cup_{al} rc_j} \in KL_1 \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$al_{rc_i} \in KL_1, al_{rc_j} \in KL_1 \cup KL_2 \quad - \quad \text{объединяемые алгоритмы};$$

X, Y – некоторые последовательности операций;

rc_i, rc_j – роли, смежные в иерархии ролей.

Предложенное правило обладает свойством транзитивности и может применяться для получения алгоритмов функционирования узлов управления при совмещении ими более чем 2 смежных в иерархии ролей.

Приведем примеры алгоритмов функционирования узлов управления при совмещении им ролей:

– ЛПП, управляющий решением:

$$\begin{aligned} al_{NRD \cup_{al} NRM} = al_{NRD} \cup_{al} al_{NRM} = IE \cdot EP_{NRD} \cdot \\ \cdot EXE_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \cup_{al} IE \cdot EP_{NRM} \cdot \\ \cdot EXE_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot \\ \cdot CIP_{NRD} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRD} \cdot IE \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot \\ \cdot IE \cup_{al} IE \cdot EP_{NRM} \cdot EXE_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE = \\ = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot EXE_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot \\ \cdot AF_{NRD} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot CIP_{NRM} \cdot \\ \cdot IE \cdot A(P)C_{NRM} \cdot IE \cdot RP_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot \\ \cdot AF_{NRD} \cdot IE \end{aligned} \quad (12)$$

– ЛПП, управляющий решением и координатор:

$$\begin{aligned} al_{NRD \cup_{al} NRM \cup_{al} NRC} = al_{NRD} \cup_{al} al_{NRM} \cup_{al} al_{NRC} = \\ = \left(al_{NRD} \cup_{al} al_{NRM} \right) \cup_{al} al_{NRC} = \\ = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot CIP_{NRM} \cdot IE \cdot \\ \cdot A(P)C_{NRM} \cdot IE \cdot RP_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot \\ \cdot IE \cup_{al} IE \cdot EP_{NRC} \cdot EXE_{NRC} \cdot AF_{NRC} \cdot IE = \\ = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot EP_{NRC} \cdot EXE_{NRC} \cdot \\ \cdot RP_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \end{aligned} \quad (13)$$

Таким образом, используя информацию о ролевом закреплении функциональных задач за узлами и предложенные правила свертки алгоритмов управления, можно построить протоколы

управления решением всех функциональных подзадач функциональной задачи системы.

Следующим шагом построения общего протокола управления решением задачи является объединение частных протоколов управления подзадачами в общий протокол управления.

Для построения общего алгоритма управления должны быть выполнены следующие действия:

1. Определение действий узлов, общих для управления решением нескольких подзадач (например, для запуска решения нескольких задач используется одинаковое управляющее воздействие и, соответственно, оно готовится только один раз).

2. Определение предикатов инициации решения очередных подзадач.

3. Определение предикатов останова (завершения) решения задачи.

4. Определение предикатов достаточности решения задачи (условие, при котором задача считается решенной).

5. Определение типов управления, требуемых подзадачами (активное и пассивное управление).

Процесс решения функциональной задачи может быть представлен в виде сетевого графика решения подзадач, определяющего логические связи между ними. Анализ сетевого графика дает возможность определения предикатов инициации выполнения очередных подзадач. Предикаты останова решения и достаточности решения определяются внутренней логикой задачи и должны быть определены конечным пользователем системы. С помощью задания типов управления определяется, может ли узел управления участвовать в решении других задач.

На основании полученных предикатов может быть автоматически построен алгоритм запуска очередных протоколов управления подзадачами.

Общий алгоритм управления будет представлять собой суперпозицию частных алгоритмов управления подзадачами и алгоритма запуска очередных протоколов управления подзадачами

Заключение

С помощью результатов, полученных в данном исследовании и в работах [4-5], может быть построена формальная модель функционирования ССТС.

Модель, построенная с помощью предлагаемых подходов, является исходной для получения статистической информации о функционировании управляющих узлов и всей ССТС в целом методами имитационного моделирования. Эта информация может быть использована для проведения анализа эффективности функционирования управляющих структур в ССТС.

Литература

1. Мэскон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ. – М.: «Дело», 1992. – 702 с.
2. Бусленко Н.П. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1977. – 240 с.
3. Дружинин Е.А., Луханин М.И., Горлов Д.А. Формализованное представление процессов управления в сложных социотехнических системах // Технология приборостроения. – 2001, №1-2, С.40-44.
4. Научно-методологическое обеспечение управления сложными проектами / Под ред. М.М.Митраховича. – К.: Техника, 2002. – 369 с.
5. Дружинин Е.А., Горлов Д.А., Бек В.А., Сценарий исследования процессов управления в сложных социотехнических системах // Авиационно-космическая техника и технология. – 2002. – Вып. 29 – С.178-182.

Поступила в редакцию 03.09.03

Рецензент: д-р техн. наук, профессор, Л.И. Нефёдов, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет.

УДК 658.051.012

М.С. МАЗОРЧУК¹, И.С.ПАЛИЙ¹, А.П.БЕГУН²¹*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*²*Кировоградский государственный технический университет, Украина*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

В данной работе предлагается укрупненная модель планирования проектов развития предприятия через реализацию множества проектов создания сложной техники, в частности производства автоматизированных систем управления и контроля для атомных электростанций

жизненный цикл проекта и продукта, профили финансирования, дефицит финансовых ресурсов, временные характеристики работ, стратегии развития предприятия, план реализации новых проектов

Введение

Применение существующих методов и технологий управления предприятиями, которые в основном хорошо работают в стабильных условиях рынка, не всегда приводит к эффективным результатам при управлении процессами реализации проектов создания новых видов техники и сложных технических систем на современных украинских предприятиях. В настоящее время решению задач, связанных со стратегией развития, дефицитом финансирования и т.п., уделено не мало внимания [1, 4, 5, 8]. Однако применение предлагаемых подходов и методов весьма ограничено, поскольку они учитывают лишь ряд параметров относительно каждой рассматриваемой задачи, когда существует необходимость решения указанных задач в комплексе. Поэтому целью данной работы является разработка системной модели управления развитием предприятия на основе анализа существующего и прогнозируемого портфелей заказов разработки и создания новых видов техники с целью повышения эффективности и обоснованности принятия управленческих решений руководителями предприятий, что является актуальной темой в данном направлении.

Рассмотрим процесс развития на примере предприятий, разрабатывающих такие сложные сис-

темы, как автоматизированные системы управления и контроля (АСУК) для объектов ядерной энергетики. Процесс развития такого производства может осуществляться только через реализацию отдельных проектов – работ по производству и реализации портфеля заказов на создание и разработку новой техники. Укрупненную модель планирования развития производства на основе анализа проектов создания АСУК для АЭС, а именно, финансового и ресурсного обеспечения проектов во времени, можно представить следующим образом (рис.1).

На первом этапе необходимо проанализировать множество проектов создания АСУК на предприятии. На основе анализа профилей поступления и расходования денежных ресурсов по проектам определяются показатели состояния предприятия и состояния реализации проектов.

На следующем этапе необходимо с использованием определенных показателей сформировать стратегии развития предприятия и, исходя из выбранных стратегий, определить критерии оценки реализации проектов и развития предприятия. На основе данных критериев лицо, принимающее решение может определить комплекс решений по реализации проектов, внести необходимые изменения в планы реализации и перераспределить ресурсы.



Рис. 1. Укрупненная модель планирования проектов развития предприятия

Заключительный этап выбора стратегий развития производства будет осуществляться на основе анализа деятельности предприятия с учетом внесенных изменений и оценки величины свободных средств. Свободные средства или нераспределенная прибыль может быть направлена на развитие предприятия, т.е. можно формировать план развития, освоения инвестиций и реализации проектов развития. Данный план должен быть учитываться при реализации новых проектов на производстве. Предлагаемая модель позволит производить перепланирование до получения наилучших для руководителя результатов, а именно:

1. Дать рекомендации по выбору стратегий развития предприятия.
2. Определить количественные оценки критериев оценки проектов и состояния предприятия.
3. Сформировать комплекс решений по реализации проектов создания АСУК.
4. Построить план реализации программы развития предприятия.
5. Построить план освоения инвестиций.

6. Построить планы реализации новых проектов (планы сбыта, поставок, управления рисками и т.д.).

При этом в данной модели можно учитывать все особенности проектов создания АСУК для АЭС: жизненный цикл проектов, жизненный цикл производимой продукции, временные характеристики работ, динамику финансирования и расходования ресурсов и т.д.

1 Анализ жизненного цикла производимых АСУК

На предприятии одновременно выполняется множество работ, одни относятся к уникальным проектам, без дальнейшего выпуска изделий по этим проектам, другие относятся к выпуску продукции по разработанному проекту, остальные являются собственными работами на предприятии. Не всегда работы соответствуют стратегии развития предприятия, что не дает возможности достичь поставленных целей. Важной задачей является комплексный контроль по всем выполняемым проектам и

работам предприятия с учетом жизненного цикла (ЖЦ) проекта.

Для руководителя проекта данные о фазах ЖЦ АСУК, которая не имеет дальнейшего выпуска технических изделий, определяется без дополнительных расчетов, так как проект не имеет повторяющихся циклов, поэтому важность такого проекта будет зависеть от этапов финансирования проекта, временных сроков и стратегических целей данного проекта.

Для проектов, имеющих дальнейший ввод в эксплуатацию, и сбыт разработанной продукции, большую важность имеет жизненный цикл продукта (ЖЦП) - явление периодического колебания объемов и продолжительности производства изделия. ЖЦ проекта и проектируемого технического изделия представляют собой отдельные, но во многом сходные и зависимые составляющие. Их зависимость проявляется в том, что проект может представлять собой проект разработки и реализации некоторого изделия, который охватывает все этапы ЖЦП или только часть этапов.

Соответствие фаз ЖЦ проекта и продукта отображено на рис.2. По существующей методике определения фазы ЖЦП можно увидеть реальное состояние тех проектов предприятия, результатом которых был выпуск продукции. Модель ЖЦП может быть полезна при планировании производственной программы с целью исключения из нее устаревшей продукции, или той продукции, которая не соответствует текущей стратегии развития предприятия, и улучшения структуры программы дальнейшего развития. В частности, методом, предложенным американскими учеными, Polli-Cook можно с достаточной степенью достоверности определить, на какой стадии находится производимое изделие [2].

Предположим, что в группу входит n -систем АСУК T_i , $i = \overline{1, n}$. Обозначим величину дохода от производимых систем АСУК в году t через x_{i1} , а в году $(t+1)$ – через x_{i2} . Тогда изменение дохода этих

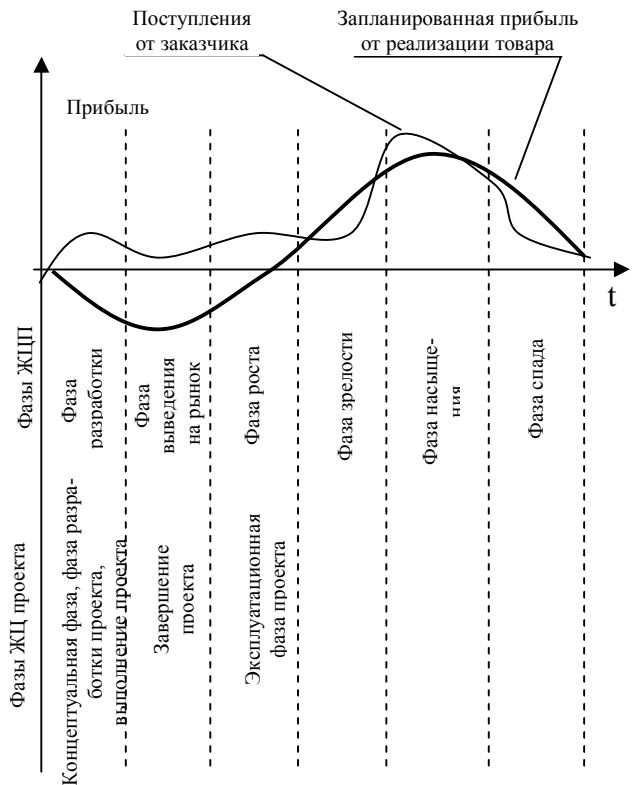


Рис. 2. Рассогласования между ожидаемой прибылью и фактической

систем по сравнению с предыдущим годом будет равно $x_i = x_{i2} - x_{i1}$, $i = \overline{1, n}$. Допустим, что эти изменения распределены по нормальному закону со средним m и дисперсией σ^2 :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n};$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}.$$

Тогда разрабатываемые системы АСУК относятся к фазе спада, если рост его сбыта меньше, чем величина $(\mu - 0,5\sigma)$. Если рост сбыта больше, чем $(\mu + 0,5\sigma)$, то АСУК относится к фазе роста. Если изменения сбыта таковы,

$$(\mu - 0,5\sigma) \leq x_i \leq (\mu + 0,5\sigma),$$

то система перечисляется к фазе зрелости (см. рис.2).

2 Формирование стратегий развития предприятия

Анализ стратегий развития производства. За весь период своего существования предприятия могут проходить три временные стадии (рис. 3). Выявлено, что за каждой стадией можно закрепить конкретные стадии жизненного цикла проекта и продукции, это в свою очередь, позволит распределить все АСУК, методами экспертных оценок, по степени важности для конкретного предприятия:

1. «Новое» предприятие. Основное преимущество уделяется тем видам проектов, при которых продукция находится на этапах разработки и вывода на рынок. При выявлении такого вида предприятия, продукты, требующие диверсификацию продукта, т.е. принадлежащие фазе спада, являются неуместными, т.к. повлекут за собой торможение развития и возможно банкротство.

2. «Зрелое» предприятие. Такого вида предприятие, имея устойчивость на рынке, может поддерживать практически все фазы ЖЦ АСУК. Основные направления этих фаз: модификации, улучшение качества товара, углубленное сегментирование рынка.

3. «Старое» предприятие. Необходимость диверсификации продукта говорит о фазе спада. Це-

лю данного предприятия будет выбор одного из двух вариантов: либо реконструкция, либо ликвидация [3].

В зависимости от того, к какому виду будет относиться рассматриваемое предприятие, и какие цели будет преследовать руководитель, различными будут важности стратегий дальнейшего развития предприятия. Предприятие может переходить из одной стадии в другую, в зависимости от того какие цели преследует руководитель предприятия.

Анализируя ЖЦП и основные стадии предприятия можно сформировать ряд стратегических альтернатив деятельности предприятия (рис. 4). Выбор стратегий будет определяться множеством критериев и будет зависеть от этапов ЖЦ товаров, реализуемых в рамках множества проектов.

Определение важности проектов относительно стратегии развития. Исходя из того, какую целевую стратегию развития ставит перед собой предприятие, таким будет основной перечень проектов, имеющих наибольшую важность для предприятия. Остальные же производство изделий техники будут иметь место только в тех случаях, когда предприятию будет необходим дополнительный источник прибыли для покрытия дефицита на менее прибыльных фазах ЖЦ основной АСУК.

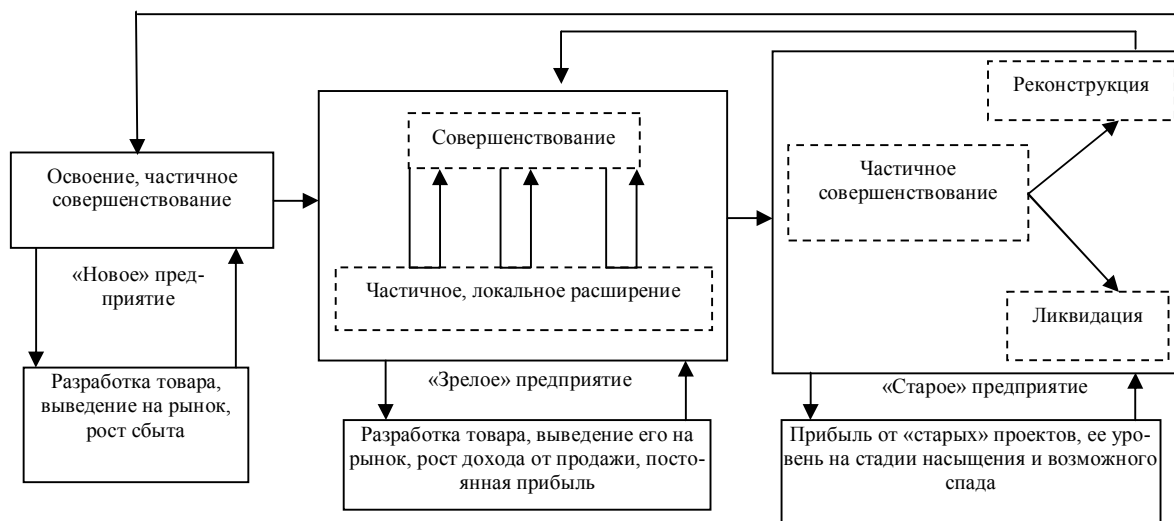


Рис.3. Обобщенный контур процесса развития предприятия во времени

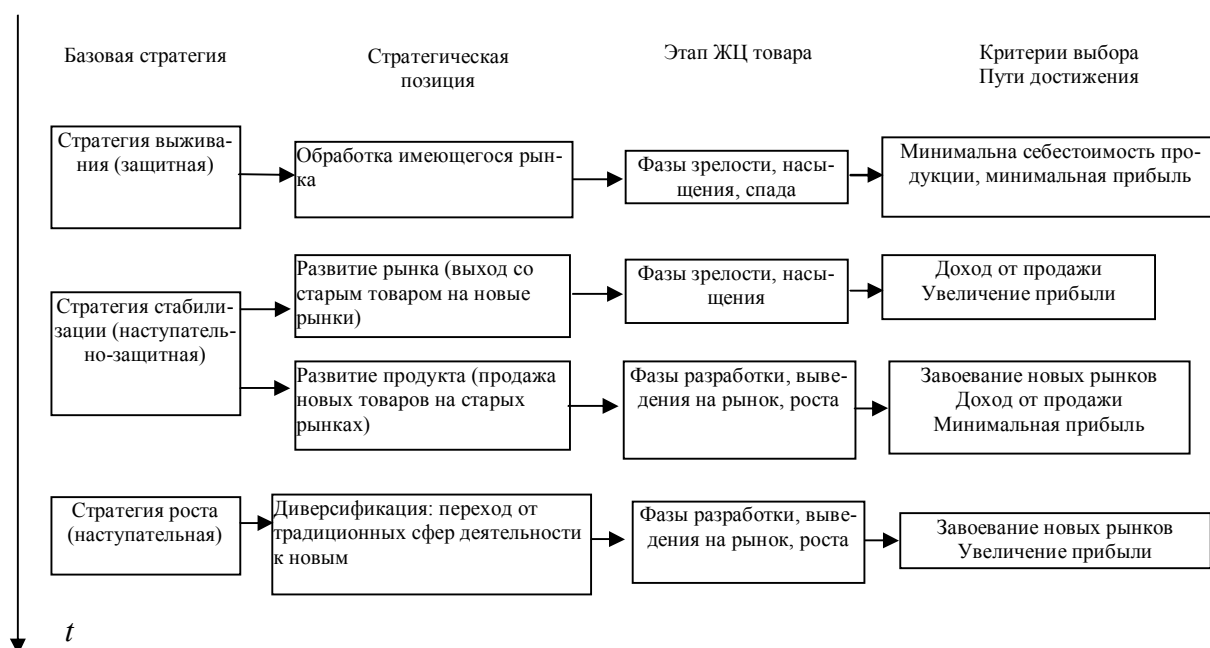


Рис. 4. Формирование стратегических альтернатив деятельности предприятия

3 Анализ динамики финансирования проектов

Важным влияющим фактором, который может существенно изменить показатели прибыли по периодам, является динамика финансирования предприятия. Динамика поступления финансирования не всегда соответствует текущим затратам, что влечет за собой дефицит на предприятии, а возможно и большие убытки.

При наложении двух кривых: ожидаемой прибыли и денежных поступлений от заказчика (см. рис.2), можно увидеть рассогласования – дефицит средств по конкретному периоду производства. После выявления такой ситуации необходимо рассмотрение временного расположения всех проектов заново для того, чтобы найти пути покрытия дефицита без привлечения инвесторов.

Проконтролировать состояние предприятия с точки зрения комплекса проектов за требуемый период времени можно с помощью построения финансовых профилей по уже существующей методике [5]. Плановый профиль финансирования проекта рассчитывается по формуле:

$$S_i^{\Pi} = \sum_{j=1}^i c_j^{\Pi}, i = \overline{1, n},$$

где c_i^{Π} – плановый объем финансирования, выделенный для i -го этапа заказчиком; S_i^{Π} – плановый профиль i -го этапа – график финансирования проекта заказчиком до конца i -го этапа; n – число этапов выполнения проекта.

Требуемый профиль финансирования:

$$S_i^T = S_{i-1}^T + c_i^T,$$

где S_i^T – требуемый профиль i -го этапа – накопленный по этапам требуемый объем финансирования первых i -тых этапов проекта; c_i^T – требуемый объем финансирования, необходимый исполнителю для выполнения i -го этапа.

Результатом данной методики является анализ финансовых профилей в соответствии со сложившейся ситуацией финансирования по АСУК, прогноз возможности его выполнения при заданной динамике финансирования в виде расчетного профиля проекта (рис.5).

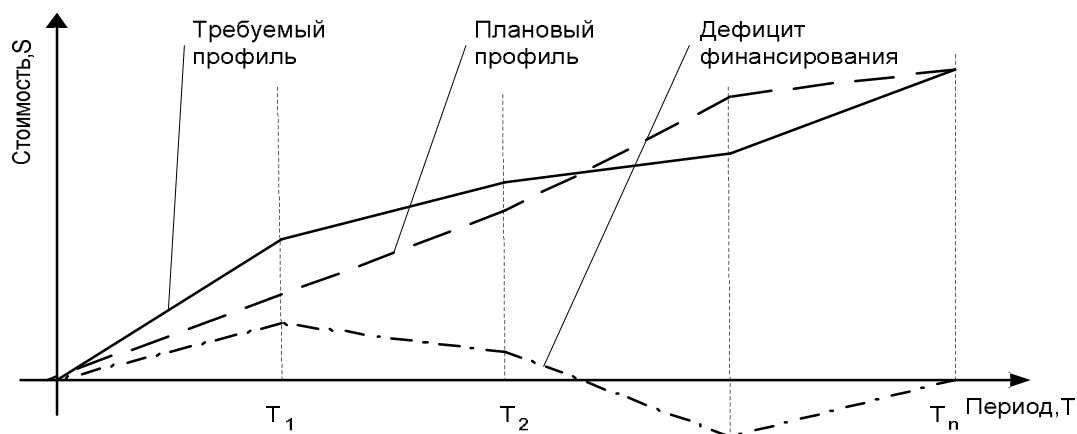


Рис. 5. Профили финансирования проекта

В данной работе предлагается интегрировать финансовые профили по всем проводимым проектам и работам на предприятии, в результате чего выявить наиболее убыточные периоды для предприятия. Для покрытия дефицита финансовых ресурсов необходимо детальнее просмотреть все работы и проекты, выполняемые на данном промежутке времени. Для этого можно применить методы сетевого планирования [5].

По результатам построенных профилей финансирования и сетевому графику, определяются сроки максимального дефицита ресурсов. На этих этапах рассматриваются проекты, которые несут большие затраты. Для них предлагается перенести работы на более поздние сроки, прервать проект, перераспределить или привлечь дополнительные ресурсы между проектами или отказаться от реализации проекта.

После внесенных изменений по проектам, изменению подлежат все показатели, которые требуют перерасчетов относительно состояния предприятия в целом. По результатам показателей по прибыли платежеспособности и т.д. выбирается наилучший вариант снижения объема дефицита.

Заключение

Таким образом, в данной работе предложена системная модель формирования комплекса реше-

ний при управлении развитием производства и проектов создания АСУК для АЭС, которая учитывает финансовые потоки по проектам и риски возникновения неблагоприятных событий, что позволяет управлять развитием производства в новых экономических условиях.

Литература

1. Герасимчук В.Г. Стратегічне управління підприємством. Графічне моделювання: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2000. — 360 с.: ил..
2. Б. Кузин, В. Юрьев, Г. Шахдинаров Методы и модели управления фирмой. — СПб: Питер, 2001, — 432 с.: ил.
3. Методы управления развитием производственных систем. — Ответственный редактор И.А. Черевко — Академия наук Украинской ССР институт эк-ки львовское отделение — Киев, «Наукова думка», 1980. — 212 с.
4. Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент: - М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез», 2000. — 615 с.
5. Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. М.: Мир, 1979. — 638 с.

Поступила в редакцию 16.09.03

Рецензент: доктор технических наук, профессор, Л.И. Нефёдов, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

УДК 004.358

А.В. ПРОХОРОВ, К.В. ГОЛОВАНЬ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

В данной работе описывается оболочка системы поддержки принятия решений, использующая в качестве модели представления знаний многозначное исчисление присутствия и реализующая алгоритм логического вывода. Предлагаемая система поддержки принятия решений является адаптивной к изменению ситуации или к переходу на другую предметную область, открытой и легко модифицируемой. Она может применяться для управления многоуровневыми распределенными технологическими комплексами на всех уровнях иерархии, и может использоваться в информационных управляющих системах различного назначения и уровня.

система поддержки принятия решений, многозначная логика присутствия, алгоритм логического вывода, формализованная аксиоматическая теория, модели представления знаний

Введение

Существующие в данное время экспертные системы жестко закреплены за конкретной средой исследования, для которой и были разработаны и не являются адаптивными к изменению внешней и внутренней среды, а также при переходе на другую предметную область. В связи с этим целью работы является создание адаптивной, открытой и легко модифицируемой системы поддержки принятия решений (СППР) для управления многоуровневыми распределенными технологическими комплексами (РТК) на всех уровнях иерархии, предназначенной для решения задач управления производством и диагностики для проектировщиков, менеджеров и исследователей в области производства.

При формировании модели анализа процессов функционирования и управления РТК возникает неопределенность в описании отдельных его элементов, которая проявляется в следующем:

- неполнота и неточность информации о состоянии объектов системы и внешней среды;
- наличие случайных или зависящих от поведения других объектов (систем) факторов;
- динамика изменения внешней и внутренней среды, которая делает невозможным точное прогно-

зирование изменения ситуаций, состояний объектов, а, следовательно, результатов принимаемых решений;

- сложность и многоплановость процессов и условий функционирования объектов РТК.

Частично неопределенность описания объектов системы можно уменьшить путем введения ряда ограничений и допущений, то есть снижения степени формализации реальных процессов, но и как результат, степени их адекватности физической реальности [1, 2].

С учетом этих особенностей, проанализировав достоинства и недостатки существующих методов и моделей представления знаний, в качестве универсального метода формализации для элементов, являющихся компонентами модели, была использована декларативная форма представления знаний в виде формализованных аксиоматических теорий (ФАТ) основанная на многозначной логике присутствия (МЛП) и теории категорий [3, 4]. Использование МЛП позволяет эффективно выражать и описывать неопределенности и противоречия, возникающие при планировании и управлении РТК.

Логические модели представления знаний, основанные на МЛП, обладают рядом достоинств основными из которых являются следующие:

1. Все истины в логическом исчислении присутствия рассматриваются как относительные, а не абсолютные, как в классической логике предикатов. Это связано с тем, что в физической реальности истины зависят от положения объектов в пространстве-времени, сложившихся условий и др. [2].

2. Истины в логике присутствия рассматриваются в динамике их формирования и развития, в то время как в классической логике предикатов они являются статическими, неизблемыми [2].

3. Истины, касающиеся текущего состояния реальности, имеют однозначную прагматическую интерпретацию, т.е. можно указать, какие действия необходимо предпринять в той или иной ситуации.

Результатом работы является оболочка СППР позволяющая:

- 1) производить настройку на конкретную предметную область;
- 2) представлять знания о предметной области на основе МЛП;
- 3) автоматически формировать формализованные аксиоматические теории объектов предметной области на основании их визуального описания;
- 4) на основании алгоритма логического вывода (АЛВ) получать информацию о текущем состоянии объектов РТК и принимать управленческие решения.

1 Логическая модель представления знаний, основанная на МЛП

Объект в МЛП представляется через его свойства:

$$x \equiv \bigcup_{i=1}^N \left(\bigcap_{j=0}^{k_i} \pi_{ij} \right) \bigcap \left(\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir} \right) \quad (1)$$

В соответствии с теорией топологий из всего множества свойств, характеризующих объект, можно выделить свойства относящиеся к замыканию Cx (все свойства и признаки) и внутренности Ix (свойства и признаки доступные в настоящий момент):

$$Ix = \begin{cases} \bigcup_{i \in L} \left(\bigcap_{j=0}^{m_i} \pi_{ij} \right), & \text{если } L = \{i \mid m_i = 0\} \neq \emptyset, \\ N(w, AT_i), & \text{если } L = \emptyset \end{cases} \quad (2)$$

$$Cx = \begin{cases} \bigcup_{i=1}^n \left(\bigcap_{j=0}^{k_i} \pi_{ij} \right), & \text{если } n = \{i \mid k_i = 0\} = \emptyset, \\ S(w, AT_i), & \text{если } n \neq \emptyset \end{cases} \quad (3)$$

На основании этого формируется топологическая алгебра присутствия. Особенностью МЛП является то, что операции объединения и соединения рассматриваются по присутствию. Оценка присутствия объекта сводится к нахождению значения модуса присутствия, что описывается соответствующим вектором [3]:

$$\vec{x} = \langle Ix, C - x, Cx, I - x \rangle \quad (4)$$

В МЛП выделяется четыре оценки присутствия: присутствие, отсутствие, неопределенность, противоречие:

$$Val \vec{x} = \langle S, N, S, N \rangle = Pr - \text{присутствие};$$

$$Val \vec{x} = \langle N, S, N, S \rangle = Ab - \text{отсутствие}$$

$$Val \vec{x} = \langle N, S, S, N \rangle = Un - \text{неопределенность}$$

$$Val \vec{x} = \langle S, N, N, S \rangle = \langle S, S, S, S \rangle - \text{противоречие} \\ = \langle N, N, N, N \rangle = Cn$$

Эта логика позволяет описывать теории простых объектов. Для описания сложных и динамических объектов используются основные понятия теории категорий: множество объектов и множество морфизмов:

1. Класс $Ob(K)$ – множество объектов категории;

2. Набор множеств $Hom(x, y)$ т.е. морфизмов $\mu: x_i \rightarrow y$.

Т.о. формируется алгебра присутствия, куда дополнительно вводятся операции композиции морфизмов $\circ$ и дифференциала присутствия $\Delta_{\alpha\beta}$.

Формулы формализованной аксиоматической теории имеют вид:

$$\Delta_{\alpha_1\beta_1} \mu_1 \cap \Delta_{\alpha_2\beta_2} \mu_2 \cap \dots \cap \Delta_{\alpha_n\beta_n} \mu_n \Rightarrow \Delta_{\alpha\beta} \mu. \quad (5)$$

2 Структуризация базы знаний и состав моделей знаний

Для того чтобы обеспечить СППР возможностью гибкой настройки на ту или иную предметную область, необходимо разработать классификатор основных типов объектов. Их описание экспертом в виде свойств, состояний, взаимосвязей позволяет использовать их при построении реальных моделей знаний конкретных задач. Поскольку создание моделей знаний для сложных систем является трудоемкой задачей, то предполагается предельная структуризация знаний в базе знаний (БЗ).

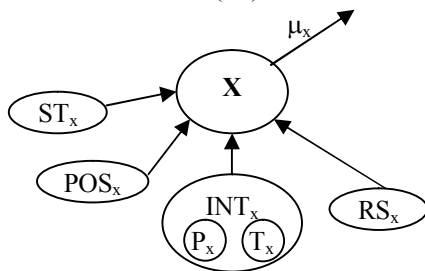


Рис. 1. Структуризация БЗ

Объект характеризуется набором признаков (свойств), что составляет интенционал объекта:

$$INT_x : \bigcap_{i=1}^N (\mu_i : \pi_i \rightarrow x) \quad (6)$$

Значения свойств изменяются со временем, так как система является динамической. У объекта имеется набор состояний и переходов между этими состояниями:

$$ST_x : \bigcup_{i=1}^M (((\Delta_{PP} \mu_{1i} : S_{1i} \rightarrow x) \cap (\Delta_{AP} \mu_{2i} : u_i \rightarrow S_{1i})) \circ ((\Delta_{PA} \mu_{1i} : S_{1i} \rightarrow x) \cap (\Delta_{AP} \mu_{3i} : S_{2i} \rightarrow x) \cap (\Delta_{PA} \mu_{2i} : u_i \rightarrow S_{1i}))) \quad (7)$$

Набор возможностей (действия, которые может выполнять данный объект):

$$POS_x : \bigcup_{i=1}^D ((\mu_{1i} : b_i \rightarrow d_i) \cap \mu_{2i} : x \rightarrow d_i) \quad (8)$$

и ресурсы.

Были выделены следующие классы объектов:

- объекты-понятия;
- объекты процессы и действия;

- объекты цели и задачи.

На этапе адаптации системы к рассматриваемой предметной области вводится дерево целей и задач (объекты-цели и задачи). Это дерево представляет собой «И-ИЛИ» дерево. То есть, для достижения определенной цели необходимо достичь всех подцелей, находящихся в группе «по И» и хотя бы одну подцель из группы «по ИЛИ». Каждая из подцелей нижнего уровня раскрывается в набор задач, которые также определены в одну из групп «по И» или «по ИЛИ». Каждая задача может быть декомпозирована. Задачи самого нижнего уровня распадаются на элементарные действия, которые необходимо совершить для ее решения. Эти действия будут выполняться при помощи объектов понятий. Для того, чтобы указать какой из объектов может выполнить данное действие у объектов-понятий имеется рубрика «возможности». Дерево объектов-понятий может содержать отношения типа «класс – подкласс» и «часть – целое». Т.о. производится группировка объектов-понятий в дереве. Каждый класс может распадаться на ряд подклассов, а каждый подкласс содержит в себе набор объектов, объединенных в данный подкласс по каким-либо общим признакам.

3 Разработка АЛВ для исчисления присутствия

Рассмотрим АЛВ для исчисления присутствия, представленный на рис 2.

При выборе задачи для решения из списка предлагаемых задач выделяется тот набор вопросов, на которые необходимо получить ответы для решения данной задачи. Для ответа на каждый вопрос необходимо рассмотреть некоторый набор аксиом ФАТ (выбор модели знаний, ФАТ). Каждая очередная аксиома ФАТ содержит ряд первичных либо вторичных морфизмов (начало цикла по морфизмам). При выборе очередного морфизма модус присутствия принимает значение «не известно», а признак

рассмотрения морфизма принимает значение «не рассмотрен». Далее проводится проверка на то, является ли морфизм первичным или вторичным (определяемым через другие морфизмы).

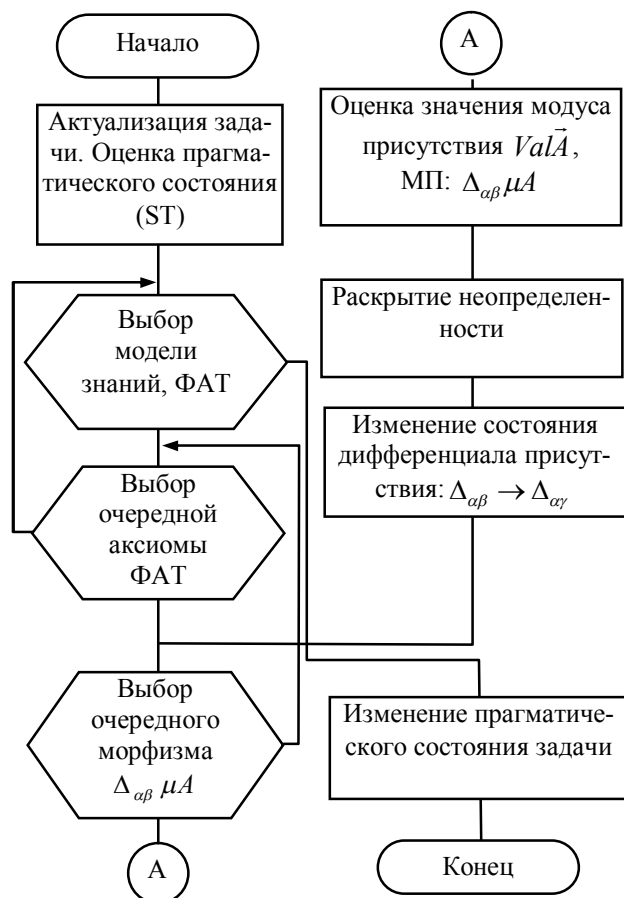


Рис.2. АЛВ для исчисления присутствия

Если морфизм является первичным, то можно приступать к определению его модуса присутствия (МП), который может принимать значения присутствия (*Pr*), отсутствия (*Ab*), неопределенности (*Un*) или противоречия (*Cn*). В случае, если $МП=Un$ идет раскрытие неопределенности. В случае, если $МП=Cn$ идет попытка устранения противоречия.

Если морфизм не является первичным, то из БЗ осуществляется выборка аксиомы, в которой данный морфизм присутствует в следствии. Далее осуществляется рассматривание морфизмов данного правила. Эта процедура продолжается до тех пор, пока в процессе рассмотрения мы не достигнем первичных признаков. Дальнейшие действия в алгоритме произ-

водятся в обратном порядке, т.е. осуществляется проверка истинности аксиом с учетом заданных значений дифференциалов присутствия и логических связок правила. Особенностью алгоритма является обязательное изменение значений дифференциалов присутствия и их сохранение на всех шагах логического вывода.

4 Механизм заполнения базы исходных данных

Рассмотрим механизм заполнения базы исходных данных, представленный на рис. 3.

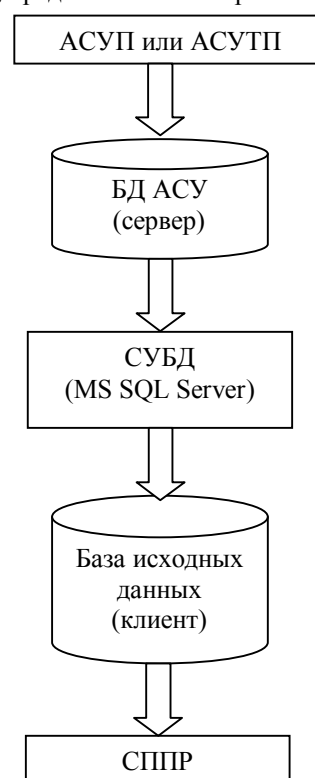


Рис.3. Механизм заполнения базы исходных данных

При помощи средств АСУП или АСУТП информация о значениях свойств (первичных морфизмах) объектов-понятий и их состояний попадают в БД АСУ, расположенную на сервере. Эти данные автоматически изменяются при изменении значений свойств объектов.

В качестве СУБД предлагается использовать Microsoft SQL Server, т.к. эта СУБД обладает рядом возможностей для СППР, при этом предполагается

наличие необходимых драйверов для подключения к серверу. По каналам связи данные при помощи SQL-запросов попадают в базу исходных данных, где содержатся значения свойств (первичные морфизмы объекта).

Таким образом, обеспечивается динамика работы системы, т.к. значения свойств постоянно изменяются в процессе работы системы и в момент выполнения логического вывода с сервера в базу исходных данных, расположенную на стороне клиента записывается информация о текущих значениях параметров объектов (свойствах).

Заключение

В данной работе были выделены основные недостатки существующих интеллектуальных систем: жесткое закрепление за конкретной средой исследования, для которой они были разработаны и невозможность адаптации к изменениям параметров среды исследования или переходе на другую предметную область.

В связи с этим была предложена разработка адаптивной, открытой и легко модифицируемой СППР для управления многоуровневыми РТК на всех уровнях иерархии, реализующей алгоритм логического вывода в исчислении присутствия.

В работе приводятся основные достоинства, которыми обладают логические модели представления знаний, основанные на МЛП; описываются основные понятия и формулы используемой теории.

Проведена структуризация БЗ с выделением основных классов объектов:

- объектов-понятий;
- объектов процессов и действий;

- объектов целей и задач.

Были выделены рубрики для объектов каждого класса. В статье представлен укрупненный АЛВ в исчислении присутствия и приводится описание его работы.

Для заполнения базы исходных данных в статье предлагается использовать схему с использованием СУБД Microsoft SQL Sever и приводится описание работы данной схемы.

Литература

1. Ярушек В.Е., Прохоров В.П. Применение логики присутствия в ИИУС/Мат. 2 Всес. конф. "Искусственный интеллект -90". Минск: 1990. – С. 22-25.
2. Прохоров В.П., Твердохлеб А.Н., Володин М.И. Использование логического подхода для принятия решений в условиях неопределенности // Системы обработки информации: Сборник научных трудов. –Х.: НАНУ, ХВУ, 1998. –160 с.
3. Ярушек В.Е. Метод представления знаний в системах искусственного интеллекта // Искусственный интеллект в системах управления: Научно-методические материалы. Ч.1. - Харьков: ВИРТА ПВО. 1988.-С.5-32.
4. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е.Ярушек, В.П.Прохоров, Б.Н.Судаков, А.В.Мишин. - Харьков: ХВУ, 1993. - 446 с.

Поступила в редакцию 26.09.03

Рецензент: канд.техн. наук, Береза Александр Станиславович, «Харьковский Дом науки и техники», г. Харьков

УДК 621.396

В.Г. КУЧМИЕВ, Н.В. ДОЦЕНКО, Е.Е. МАЛАФЕЕВ, И.В. ЧУМАЧЕНКО*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ГРАФОВЫЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

Статья посвящена развитию теории диагностических моделей. Исследованы свойства графовых диагностических моделей. Полученные результаты будут полезны при решении перечислительных задач, например, при построении типовых диагностических процедур и унификации типовых проектных решений.

графовая модель, диагностика, контроль, надежность, проектное решение, перечислительные задачи

Сокращение длительности простоев авиационной техники может быть достигнуто уменьшением времени определения работоспособности объектов авиационной оборудования и поиска места отказа в них. Эта проблема может быть решена путем разработки и внедрения в эксплуатацию прогрессивных методов и средств контроля технического состояния [1]. Техническая диагностика позволяет эффективно решать многие задачи в сфере производства и эксплуатации сложных систем. Получаемая информация с помощью средств технической диагностики об исправности устройств, месте и причинах отказов позволяет установить прямые и обратные связи управления качеством и надежностью эксплуатируемой системы. Одной из мер поддержания необходимого уровня надежности дискретных систем является проверка и диагностика технического состояния системы.

Задача выбора необходимого множества тестовых входных воздействий является одной из задач кибернетики [2]. Ее решение связано с построением модели исследуемой системы. Получение такой модели системы связано с построением специального математического описания, необходимого для диагностических рассуждений [3].

Математической моделью объекта диагностирования называется формальное описание объекта диагностирования и его поведения во всех технических состояниях. Явная модель объекта техническо-

го диагностирования включает в себя совокупность формальных описаний всех необходимых технических состояний объекта [4].

Формальное описание может быть представлено в аналитической, табличной, векторной, графической или другой форме и задано в явном или неявном виде. Наиболее распространенной формой представления диагностических моделей является табличная форма диагностической модели, так называемая матрица неисправностей [5]. Табличная модель представляет собой прямоугольную таблицу (табл.1), в строках которой - соответствующие допустимые элементарные проверки, т.е. признаки p_i в контрольных точках объекта, а в столбцах - технические состояния a_j объекта в множестве A .

Таблица 1

Форма диагностической модели

P/A	a_1	a_2		a_k
p_1	R_{11}	R_{12}		R_{1k}
p_2	R_{21}	R_{22}		R_{2k}
...	...	...	...	...
p_n	R_{n1}	R_{n2}		R_{nk}

В клетке таблицы, расположенной на пересечении строки p_i и столбца a_j , проставляются результаты элементарной проверки p_i объекта, который находится в состоянии a_j . Если при проверке признака p_i последний - в допуске для объекта, который находится в состоянии a_j , то результату проверки

присваивается $R_{ij} = 0$. Если признак p_i находится не в допуске, то $R_{ij} = 1$.

Данная форма удобна для программирования и достаточно наглядна, однако при решении ряда задач, например, перечисления типовых диагностических моделей, возникают определенные проблемы, связанные с комбинаторной природой рассматриваемой проблемы. В этом случае целесообразно применять графовые модели, для которых разработаны более эффективные методы преобразований.

Целью настоящей работы является исследование графовых моделей объектов диагностирования и их свойств.

Пусть n – количество элементарных проверок,

k – количество состояний объекта диагностирования,

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множество проверок,

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ – множество состояний объекта диагностирования,

$A^i = \{a_1^i, a_2^i, \dots, a_k^i\}$ – множество состояний объекта диагностирования, обнаруживаемых i -ой проверкой; $A_i \notin A_j$; $i = 1 \dots n$, $j = 1 \dots n$, $i \neq j$.

$R = \{R_{11}, \dots, R_{nk}\}$ – множество реакций объекта диагностирования на соответствующие проверки, тогда математическая модель объекта диагностирования может быть представлена в виде двудольного графа (биграфа, 2 - раскрашиваемого графа).

В общем случае двудольный граф – это граф G , множество вершин которого V можно разбить на два подмножества V_1 и V_2 таким образом, что каждое ребро графа G соединяет вершины из разных множеств. Применительно к диагностическим моделям будем полагать, что первое подмножество вершин соответствует множеству проверок P (на рисунках обозначены белым цветом), а второе подмножество соответствует множеству состояний объекта диагностирования A (на рисунках обозначены черным цветом). Ребро графа (i, j) , соединяющее вершину i из первого подмножества и вершину j из

второго подмножества существует, если $R_{ij} = 1$. Граф, который является графовой моделью объекта диагностирования будем обозначать “М” или “М(n,k)” и, для краткости дальнейшего изложения, называть М-графом. На рис. 1 приведен пример табличной модели и соответствующего ей М-графа.

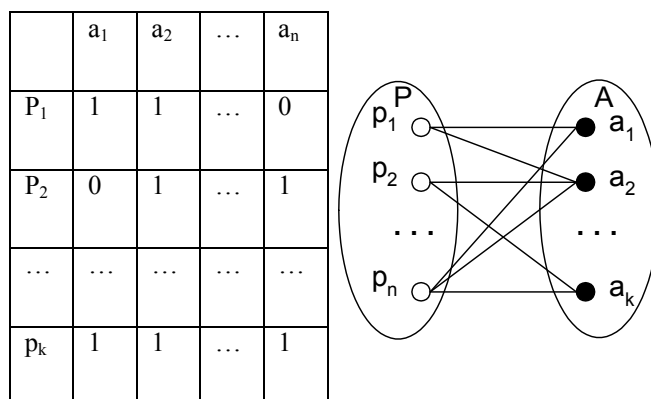


Рис. 1. Табличная и графовая модели

М-граф, соответствующий i -ой элементарной проверке будем обозначать M^o_i .

Рассмотрим свойства М-графов.

1. М-граф может быть представлен в виде объединения М-графов элементарных проверок, т.е. $M = M^o_1 \cup M^o_2 \cup \dots \cup M^o_n$. На рис. 2 приведен пример объединения M^o -графов.

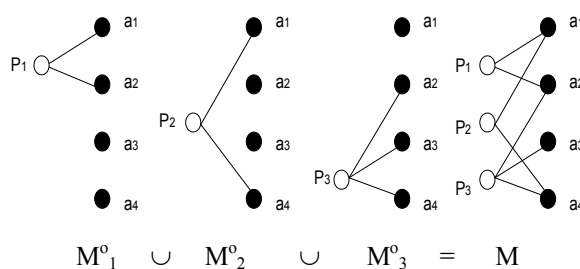
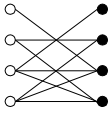
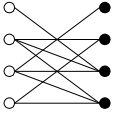
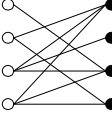
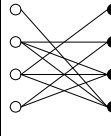


Рис. 2. Объединение M^o -графов

2. $k > \deg(p_i) > 0$, где $\deg(p_i)$ – степень вершины p_i . Вершины подмножества проверок, имеющие степень 0 или k и соответствующие им проверки не информативны при построении диагностических тестов.

Таблица 2

Примеры изоморфных М-графов

Вид диагн. модели	Исходная модель	Преобразования		
		проверок	состояний	проверок и состояний
Табличная	0010	0010	0010	0001
	0101	0111	1001	0111
	1011	1011	1110	1011
	0111	0101	1011	0110
Графовая				

3. $\deg(a_j) > 0$, где $\deg(a_j)$ – степень вершины a_j . Вершины из множества A , имеющие степень 0 соответствуют не обнаруживаемым состояниям объекта диагностирования.

4. $\deg(p_1) + \dots + \deg(p_n) = \deg(a_1) + \dots + \deg(a_k)$. Это свойство вытекает из свойств ребер двудольного графа, которые связывают вершины из двух подмножеств.

5. Минимальное количество ребер $M(n,k)$ -графа $g_{\min}$ определяется следующим образом:

$$g_{\min} = \max(n, k).$$

Поскольку $\deg(p_i) > 0$, $\deg(a_j) > 0$, то возможны два граничных случая: при $n < k$, $g_{\min} = k$, а при $n > k$, $g_{\min} = n$.

6. Верхняя граница максимального количества ребер $M(n,k)$ -графа $g_{\max}$ определяется следующим образом: $Lt > g_{\max}$, где Lt – оценка Турана [6]. Применительно к М-графам $Lt = [(n+k)^2/4]$.

7. Диагностические модели, полученные в результате изменения номеров проверок и (или) номеров состояний эквивалентны относительно указанной группы преобразований [6], а соответствующие им М-графы изоморфны. В таблице 2 приведены примеры изоморфных М-графов.

Выводы

В данной работе рассмотрены графовые модели объектов диагностирования, показана их связь с табличными формами и исследованы свойства М-графов. Полученные результаты будут полезны при решении перечислительных задач, например построения типовых диагностических процедур и унификации типовых проектных решений.

Литература

1. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования/В.Г.Воробьев, Ю.В.Глухов, Ю.В.Козлов и др. Под ред. И.М.Синдеева. М.Транспорт, 1984.-191 с.
2. Техническая эксплуатация авиационного оборудования/ В.Г. Воробьев, В.Д. Константинов, В.Г.Денисов и др.; Под ред. В.Г. Воробьева. М.Транспорт, 1990 - 296с.
3. Дмитриев А.К., Мальцев П.А. Основы теории построения и контроля сложных систем.-Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отделение, 1988.-
4. Аржененко А.Ю., Чугаев Б.Н.. Оптимальные бинарные вопросники.-М.: Энергоатомиздат, 1989.-128с.
5. Ксенз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств.-М.:Радио и связь, 1989. - 248 с.
6. Жихарев В.Я., Шилова Т.В., Доценко Н.В. Эквивалентность диагностических моделей // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: «ХАИ» «Торнадо», 2002. - № 11. – С. 92-96.

Поступила в редакцию 15.09.03

Рецензент: д.т.н., проф. Кононенко И.В, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

УДК.629.7.054.07

В.М. ВАРТАНЯН¹, В.П. ДРОБИНОВ¹, Л.Д. ЯЦКО²¹*АО «Авионика», Украина*²*ОАО НТК «Электронприлад», Украина***СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ВИЗУАЛЬНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

В работе рассмотрена классификация современных технологий и средств визуального отображения информации. Особое внимание уделено авиационным дисплеям и основным тенденциям их развития и применения.

дисплей, электронно-лучевая трубка, изображение, пиксель, газоразрядная панель, излучатели

**Общий обзор развития и применения
электронных дисплеев**

Современные устройства отображения визуальной информации можно условно разделить на две примерно равнозначные группы: плоские панели и электронно-лучевые трубки. Плоскопанельные дисплеи (ППД) характеризуются, в первую очередь, тем, что поперечный размер устройства отображения визуальной информации намного меньше геометрических размеров синтезируемого дисплеем изображения. Из известных типов дисплеев к неплоским можно отнести только устройства на основе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ). Но по количеству производимых в мире изделий и по многим эргономическим параметрам ЭЛТ пока превосходят остальные устройства отображения информации. Основными их недостатками являются необходимость использования высоких, до десятков киловольт, напряжений и большой поперечный размер, составляющий, в лучшем случае, около половины размера экрана по диагонали. Из-за этого для многих применений, особенно специальных - авиакосмических, военных, активно развиваются разработки различных видов плоских дисплеев.

Исходя из физического принципа формирования изображения, все типы дисплеев можно разделить на две большие группы: те, что излучают свет, и те, что модулируют его интенсивность - активные и пассивные дисплеи. Классификация электронных

устройств отображения информации по физическим эффектам приведена на рис. 1. Фоном выделены присутствующие на реальном рынке технологии.

Для каждого типа существует множество технологий его реализации, но при этом на рынке реально присутствует весьма небольшое их количество.

Первоначально все ЖКД, первые патенты на которые были получены в 1960-х гг., были пассивно управляемыми, т.е. электрические сигналы, подаваемые на строки и столбцы, изменяли деформацию и, соответственно, оптическое состояние слоя ЖК.

В 1975 г. появились первые ЖКД с активным управлением, в которых метрические сигналы изменяли заряд тонкопленочного транзистора (ТПТ), интегрированного в матричный пиксел с помощью вакуумных технологий, а заряд, в свою очередь, изменял пропускание ЖК-элемента. По названию используемого электрооптического эффекта (Super-Twist-Nematic, или супертвист) пассивно управляемые ЖКД часто называют STN-дисплеями, а активно управляемые - TFT LCD (русская аббревиатура - ТПТ ЖКД). Промышленный выпуск мониторов с активно матричными ЖКД начался в 1995 г.

Среди плоскопанельных дисплеев доля продаж наиболее высока у ЖКД (85%), однако наиболее высокие темпы прироста (до 50% в год) наблюдаются сейчас для газоразрядных панелей (ГРП), или, как их чаще называют в зарубежной литературе, плазменно-

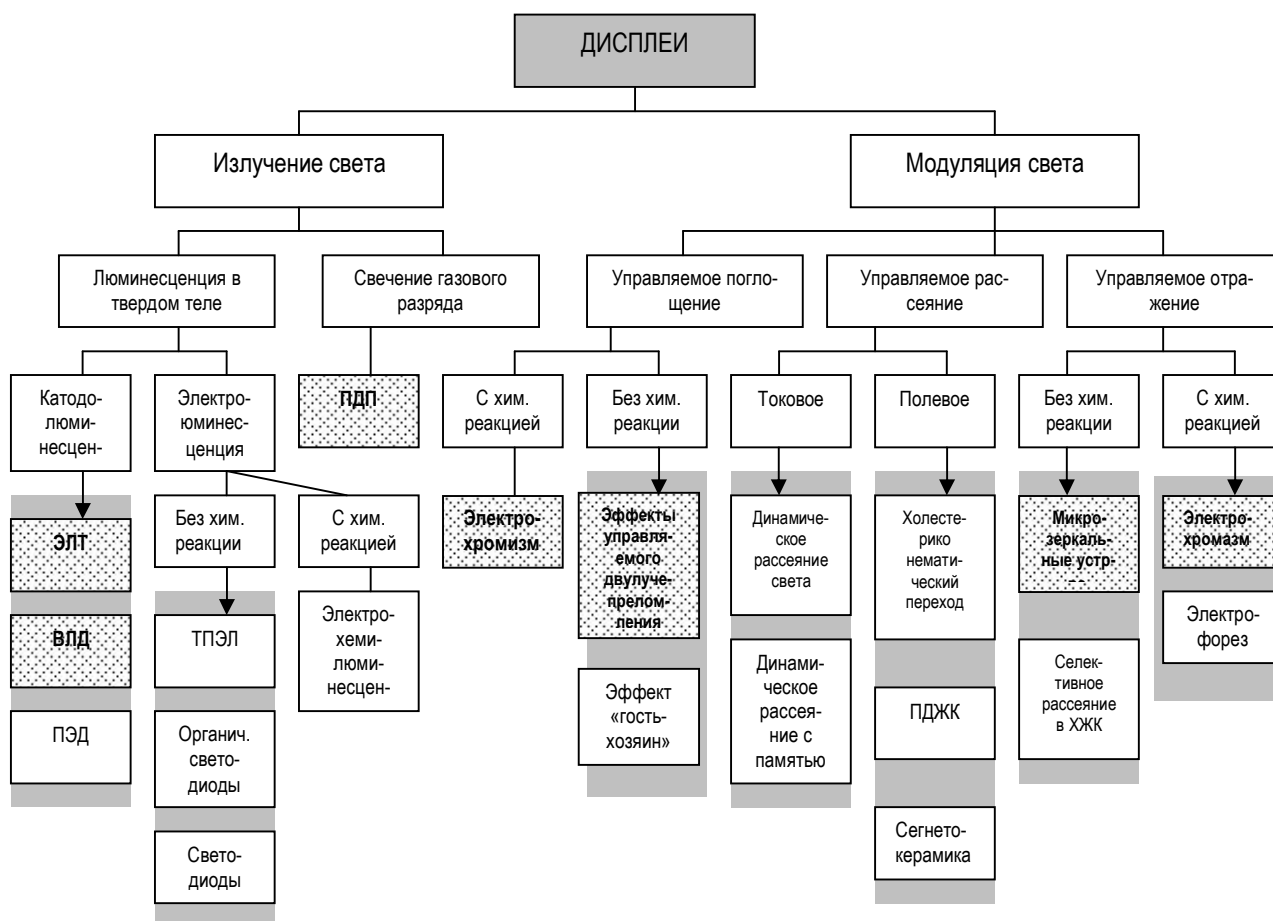


Рис. 1. Классификация электронных устройств отображения информации по физическим эффектам

дисплейных панелей (PDF -plasma display panels). Достоинствами ГРП являются высокая яркость, очень широкий угол зрения (до 160°), возможность значительного увеличения размеров дисплея (до 1,5 м и более по диагонали), высокая информационная емкость (от 1300×800 до 2048×2048 пикселей), яркость от 150 до 350 кд/м^2 . Предельное расстояние между барьерами в излучающей ячейке (минимальное 0,2 мм, обычно 0,6 мм) и высокое энергопотребление не позволяет использовать ГРП для дисплеев малого и среднего размера (мониторов ЭВМ), но они являются идеальными экранами для домашних помещений и офисов.

Дисплеи на основе эффектов электролюминесценции занимают следующее место на рынке СОИ. В настоящее время наиболее популярными устройствами, в которых используется электролюминес-

ценция, являются тонкопленочные излучатели, светодиоды на основе неорганических люминофоров и органические светодиоды.

Рассмотрим основные тенденции и приложения этих разработок.

Преимуществом ЭЛД является наличие собственного свечения, они не требуют фоновой подсветки, могут быть чрезвычайно тонкими и легкими. Основными проблемами ЭЛД являются энергопотребление, получение градаций серого, а также полной цветовой гаммы.

Большое распространение получили графические монохромные ЭЛД. Их размеры обычно невелики, что, однако, позволяет их использовать в видеоискателях фотоаппаратов, в принтерах, наשלемых дисплеях, для получения трехмерного изображения и других спецприменений. Самый большой монохромный

ТПЭЛ-дисплей производится фирмой Planar (США). VGA-панель размером 10,4 дюйма (26,4 см) стоит \$300. Стратегическим направлением этой компании являются также электролюминесцентные панели с активно-матричной адресацией. В 1995 г. был продемонстрирован монохромный SXGA (1280×1024 пиксела) дисплей размером 3×2,5 см (диагональ 1,7 дюйма), весом 6 г и яркостью 120 кд/м световым выходом 2 лм/Вт. Энергопотребление панели составляло 2 Вт. Основной проблемой таких активно-матричных дисплеев является необходимость разработки высоковольтных (до 200 В) управляющих транзисторов. На следующий год был показан уже цветной активно-матричный ЭЛД с аналогичными параметрами.

В последнее время чрезвычайно быстро развиваются разработки органических светодиодов (OLED - organic light emission diodes). Так, с 1995 по 1997 г. световая эффективность устройств на основе производных пиразолхинолина и алюминий-гидроксхинолина с антраценовыми добавками выросла с 0,4 - 1,85 лм/Вт до 4 лм/Вт, а пиковая яркость с 4 000 - 10 000 кд/м² до 50 000 - 75 000 кд/м², а в настоящее время значения этих параметров достигли 10 - 20 лм/Вт и 200 000 кд/м². Дисплеи с органическими материалами имеют ряд достоинств: технологичность, низкое рабочее напряжение (до 4 В), малая потребляемая мощность, высокая яркость. Фирма *Pioneer* разработала панель с разрешением 256×64 элемента, яркостью 100 кд/м², контрастом 100 : 1 и потребляемой мощностью всего 0,5 Вт, которая применяется в приборных досках автомобилей и индикаторах аудио- и видеопроекторов. Японская фирма *Idemitsu Kosan Co.* создала OLED VGA панель размером 10 дюймов с яркостью, разгорающейся в течение 1 мкс до нескольких десятков тысяч кд/м². В АООТ «НИИМЭ» и «Микрон» (Зеленоград, Московская обл.) разработаны и внедрены в производство полимерные светодиодные панели с размером

рабочего поля до 100×100 мм, разрешением до 388×268, яркостью 1900 кд/м² при 5 В, токе 2,6 мА и рассеиваемой плотности мощности 0,22 Вт/см².

Из перспективных и технологически простых разработок можно также отметить свечение в пористом кремнии и электрохемиллюминесценцию в органических жидкостях. Однако среди этого типа дисплеев наибольшее распространение как у нас в стране, так и в мире, получили изделия на основе светодиодов. В последние годы достигнуты большие успехи по увеличению их яркости и долговечности, расширению спектрального диапазона. Ограничением светодиодов является необходимость расставлять их на подложке на некотором расстоянии друг от друга для лучшего рассеяния тепловой энергии. Из-за этого на их основе не делаются дисплеи типа монитора, но в то же время они являются идеальным наружным средством отображения. На светодиодах делаются как сравнительно простые по конструкции изделия, например, часы, светофоры, индикаторы аудиовизуальной техники, так и сложные. Особенно впечатляют своими размерами и яркостью гигантские экраны на основе светодиодных панелей. Из последних достижений следует упомянуть табло сверхвысокого разрешения (2000×2000 элементов) размером 60 дюймов (150 см) с яркостью 330 кд/м² и схемами управления, позволяющими получать цветные изображения с градациями 24 бита. Фирма *Lumitex, Inc.*, работающая в США и Англии, сделала ряд разработок на основе долговечных светодиодов со временем жизни от 5000 до 100 000 часов.

Яркость панелей специального применения достигает до 8000 кд/м². Кроме того, английской фирмой *Picturebox, The Big Screen Co.*, имеющей представителя в России, разработан легко монтируемый модуль с экраном размером 3,6×4,8 м, который легко можно перевезти в любое место в специально оборудованном автомобиле. Экран содержит 221'184 пиксела, каждый размером 25 мм. Яркость экрана 3000 кд/м², количе-

ство передаваемых цветов 16 млн., что позволяет использовать его для массовых мероприятий в любое время дня. Для уменьшения тепловыделения корпус экрана покрашен по технологии «Стеле».

Кроме ЭЛТ, существует еще два типа дисплеев на основе эффектов катодоллюминесценции. Одним из них являются дисплеи на полевой эмиссии (ПЭД, или FED - field-emission displays), в которых катод организован матричным способом с управлением по строкам и столбцам. Если аналогом ПЭД является полупроводниковый транзистор, то вакуумно-люминесцентные дисплеи (ВЛД, или VFD - vacuum fluorescent displays) устроены как ламповые триоды, у которых благодаря наличию управляющей сетки рабочее напряжение значительно меньше, чем у других катодоллюминесцентных приборов. Реальное применение сейчас имеют только ВЛД в качестве индикаторов автомобилей (продукция японских компаний *Futaba* и *Noritake Itron* и индикаторов для специальной техники (самолетов, танков), где требуется повышенная ударная и вибрационная прочность, широкий интервал температур (-60...85 °C). Такие ВЛД выпускает НИИ «Волга», Саратов. В основу работы ВЛД положен эффект низковольтной (10... 100 В) или средневольтной (100...500 В) катодоллюминесценции, когда некоторые люминофоры способны светиться под действием электронного пучка с энергией несколько электронвольт.

Наиболее распространены конструкции ВЛД, состоящие из катода прямого накала, одной или двух сеток и информационных элементов - анодов, покрытых низковольтным люминофором и расположенных в одной плоскости. Часто используется управление по анодным и сеточным цепям. Недостатками ВЛД являются высокое энергопотребление и малый выбор люминофоров для создания полноцветного дисплея.

Некоторое время весьма перспективным типом ППД, в котором можно избежать недостатков как ЭЛТ, так и ЖКД, считались ПЭД, представляющие

собой сверхтонкую катодную (электронно-лучевую) трубку, состоящую из двух основных частей:

- а) матрица микроскопических электронных пушек, или микротипов (microtip -микронаконечник), расположенных с высокой плотностью (катод);
- б) низко- или средневольтный катодоллюминесцентный экран (анод).

Преимуществом ПЭД перед другими тонкими дисплеями является использование катодоллюминесценции - одного из наиболее эффективных способов преобразования электрической энергии в световую в видимом диапазоне:

- быстрое время отклика (около 1 мкс);
- широкий угол обзора;
- возможность получения аналоговой серой шкалы и полной гаммы цветов;
- широкий диапазон рабочих температур.

Возможны два основных типа конструкции и способа управления ПЭД с переключаемым и с неперекрывающимся анодом. В первом случае рабочие напряжения до 1 кВ, во втором - от 1 до 5 кВ и выше.

За рубежом (в компаниях *LETI* - Франция, *Futaba* - Япония, и корпорации *FED*, *ST Diamond Technology*, обе США) созданы образцы ПЭД с разрешением до 480×480 элементов и яркостью до 170 кд/м², а в России изготовлены прототипы сверх яркой подсветки для ЖКД (до 5000 кд/м²) и микронаконечников ПЭД с алмазным покрытием для лучшего теплоотвода. Все же еще рано говорить о широком применении ПЭД, чему препятствует необходимость поддержания высокого вакуума (до 10⁻⁸ Торр) и использование высоких управляющих напряжений (до 2 кВ) для улучшения световой эффективности катодоллюминофоров.

Следует отметить, что все рассматриваемые технологии имеют серьезные недостатки. Так налаженная инфраструктура производства ЖКД, обеспечивает им низкую стоимость, однако время жизни пока ограничено старением люминесцентной подсветки.

Главный недостаток ЖКД - температурное изменение параметров и необходимость подогрева для начала работы при низких температурах. ТПЭЛ хорошо работают в заданном диапазоне температур. Низкий объем производства и необходимость использования высоковольтных управляющих микросхем (драйверов) приводят к высокому энергопотреблению, низкой надежности и большой стоимости этого вида дисплеев. ПЭД имеют наилучшие цветовые характеристики, они хорошо работают при любых температурах, включая и низкие. Основной их недостаток - необходимость использования высоких напряжений (до 6кВ), что ухудшает их электромагнитную совместимость, приводит к использованию режима повышенной яркости при высоком уровне освещения и, соответственно, уменьшает время жизни прибора. Формирование инфраструктуры производства и рынка для ПЭД находится на самой начальной стадии. Одной из самых перспективных технологий для автомобильного применения считается органическая светодиодная (OLED). Такие дисплеи имеют как все преимущества обычных излучательных дисплеев (яркость, контраст, углы обзора, температурную зависимость параметров), так дополнительные, связанные с особенностями материалов: низкие рабочие напряжения, малую стоимость, несмотря на неразвитость этого производства. Для OLED предстоит еще решить задачи, связанные со старением, влагостойкостью, остаточным изображением.

Для всех перечисленных технологий предложены решения, позволяющие если не ликвидировать полностью названные недостатки, то значительно уменьшить их влияние на потребительские характеристики устройства.

Фирма *Three-Five Systems*, США разработала яркий ЖКД (Liquid Crystal Intense Display, LCiD), в котором одна из подложек одновременно и пропускает, и отражает свет (transflective). При низком уровне

внешнего освещения свет, излучаемый светодиодом, распространяется по световодной подложке и затем проходит через синтезируемые символы. При высоком уровне освещенности дисплей работает в отражательном режиме. Благодаря устройству подложек ЖКД с 2×10 отображаемыми символами имеет всего 4 светодиода в модуле подсветки и потребляет всего 0,256 Вт, в то время, как светодиодный дисплей с 2×7 знаками и 18 светодиодами в каждом знаке потребляет 1,108 Вт. Аналогичный ВЛД потребляет 0,40 Вт из-за большего напряжения и тока. Правда, надо признать, что в целом энергопотребление дисплея чрезвычайно мало по сравнению с общим потреблением ПК с коммуникационными функциями. R.Akins, Motorola, США показал, что за 8-часовой день приемник/передатчик потребляет 9193 Дж, контроллер 17617 Дж, дисплей 25 Дж, подсветка 19 Дж.

В фирме *West Advanced Display Technologies*, Канада разработаны твердотельные ТПЭЛ дисплеи с высокой устойчивостью к внешним параметрам. Без дополнительного подогрева ТПЭЛД начинают светиться при -40°C , мгновенно достигая рабочих оптических характеристик. Твердотельные дисплеи работают свыше 1000 часов при температуре 65°C и влажности 95%, успешно проходят 12-часовые испытательные циклы на тепловой удар при резком изменении температуры и влажности (от -40 до $+65^{\circ}\text{C}$ и от 0% до 100%). Время жизни полноцветного ТПЭЛД по уровню 0,5 от исходной яркости составляет более 20 000 часов, а монохромного - более 70 000 часов.

Candescent Technologies, США предлагает разработку тонкой электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), в которой сочетаются традиционные достоинства обычных ЭЛТ (цвет, надежность, яркость, углы обзора) и плоскпанельных ПЭД (малый поперечный размер). Предлагаемый модуль, состоящий не из одного, как в обычной ЭЛТ, а из матрицы катодов, каждый из которых представляет собой более 5000 микроизлучателей диаметром около 150 нм, имеет толщину всего

3,5 мм. Управляющее напряжение позволяет использовать обычные для трубок люминофоры. Такая плоская ЭЛТ обеспечивает надежное отображение информации в диапазоне от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ при скачке температур более 20°C в минуту, имеет углы обзора до 170° , контраст $>6:1$ при дневном свете и $>100:1$ при ночном. Диапазон температур хранения от -55°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

Исходя из вышеизложенного, производители плоскостельных дисплеев предлагают широкий набор дисплеев, пригодных для использования на транспорте, в том числе и в авиации. Такие дисплеи отличаются по физическим принципам формирования изображения. В настоящее время некоторые из них, в частности ЖКД и ГРП получили широкое распространение. Другие, такие как дисплеи, использующие органические светодиоды, считаются перспективными. Однако явного лидера в настоящее время нет. Поэтому выбор типа дисплея для установки в автомобиль или самолет во многом зависит от вкусов разработчиков дисплейных систем.

Авиационные дисплеи

Дисплеи авиационного применения занимают отдельную нишу в огромном объеме информационных дисплеев.

За последние пять лет лидирующее положение занимает американская фирма «Korry», которая активно ведет разработку авиационных дисплеев и их серийное производство.

Преимущество AMLCD по сравнению с другими устройствами отображения информации раскрывает большие горизонты в аэрокосмическом направлении построения вышеуказанных средств. Однако следует отметить существенные недостатки AMLCD:

1. Низкий ресурс устройства подсветки ($3000\div 5000$ час);
2. Отсутствие герметизации устройства индикации с использованием высокого напряжения

($180\div 300\text{В}$), что приводит к разрушению изоляции в условиях повышенной влажности (снижение общего ресурса AMLCD).

3. Ограничены углы обзора некоторого цветового тона.

4. Хранение при температурах ниже минус 45°C требует дополнительного подогрева (автономный гальванический источник).

5. Расход дополнительной мощности для обеспечения режима работы устройства подсвета (люминесцентная лампа с холодным катодом).

Предприятием НТК «*Электронприлад*» в 1997 году были разработаны пассивные сегментные жидкокристаллические дисплеи для самолета Ан-140 с размерами $65\times 65\times 20\text{мм}$, $85\times 85\times 20\text{мм}$, $65\times 145\times 20\text{мм}$, где отображение информации на экране дисплея выводится в виде букв, символов, цифр, знаков черного цвета на ярко-зеленом фоне, либо в виде зеленых пикселей - элементов отображения информации на черном фоне экрана.

Вышеуказанные модули индикации высвечивают информацию в жестких механико-климатических условиях, при этом не требуют специального подогрева в условиях хранения при температурах до минус 60°C .

В последнее время предприятием разработаны 3-х, 4-х цветные пассивные сегментные ЖКИ, обеспечивающие работоспособность при воздействии светового потока освещенностью 61000 лк («яркое солнце»).

Большой интерес в авиационном приборостроении возник к комбинированным индикаторам, состоящим из механического стрелочного прибора - основная функция, ($H-P$, высотомер) и вспомогательные функции - уточняющие значение высоты в метрах, футах и др., которые выполняет жидкокристаллический экран с центральным отверстием, при этом свечение информации белого цвета на черном фоне экрана. Данный дисплей в настоящее время находится в стадии разработки (предполагаемый выпуск - декабрь 2003 года) и планируется для использования в указателях ОАО «Авиа-

контроль» г. Харьков, являющегося головным предприятием отрасли по разработке бортового оборудования самолетов.

Предприятием разработан и серийно изготавливается информационный комплекс высотно-скоростных параметров (ИКВСП), устанавливаемый на самолеты Ан-140, Ан-74-ТК-300. В настоящее время ведется разработка ИКВСП для перспективного регионального самолета Ан-148.

ИКВСП предназначен для приема сигналов от приемников воздушного давления (ПВД) и датчиков воздушного судна (ВС), цифровой обработки полученных сигналов, выдачи информации об измеряемых/вычисляемых параметрах и сигнализации о критических параметрах полета ВС экипажу и другим потребителям воздушного судна.

Комплекс представляет собой информационно-измерительную систему, имеющую три независимых подканала по каналу высоты и по два независимых подканала: по каналу приборной скорости ($V_{пр}$) и максимально-допустимой скорости ($V_{мд}$).

Контроль выходных сигналов всех каналов, имеющих дублирование, осуществляется по парному сравнению сигналов между собой. Такое построение комплекса позволяет обеспечить непрерывный контроль работы оборудования.

ИКВСП-140 обеспечивает обеспечение норм Сокращенного минимума вертикального эшелонирования (Reduced Vertical Separation Minimum – RVSM) через 300 метров (1000 футов).

В состав ИКВСП-140 входят следующие указатели:

- Указатель угла атаки и перегрузки кодовый УАПК-1-ПБ.
- Указатель высоты кодовый УВК-1-М-ПБ.
- Указатель высоты кодовый УВК-Ф-ПБ.
- Указатель высоты кодовый УВК-М-ПБ.
- Указатель температуры кодовый УТК-1-ПБ.

- Указатель скорости и числа М кодовый УСИМК-1-ПБ.

По мере совершенствования технологии ЖКИ и уменьшения себестоимости все в большей степени применяются малогабаритные встраиваемые в обычный прибор полноцветные графические ЖКИ, что позволяет создавать многофункциональные индикаторы, например, резервной группы приборов (вместо четырех приборов электромеханического типа).

Типичным представителем прибора с использованием полноцветного графического ЖКИ модуля является электронный барометрический высотомер, рис. 2, который может:

- индцировать информацию в футовой или метрической системах измерения;
- переключать режимы индикации и вводить необходимую информацию;
- воспроизводить лицевую панель любого механического или электромеханического высотомера в привычном для пилота виде.

Перспективной тенденцией в области отображения информации в бортовых приборах ЛА является комбинация стрелки с ЖКИ модулями. В этой комбинации частично используется привычный вид электромеханического прибора с ЖКИ модулями. ЖКИ модуль позволяет расширить функции прибора в части отображения информации.

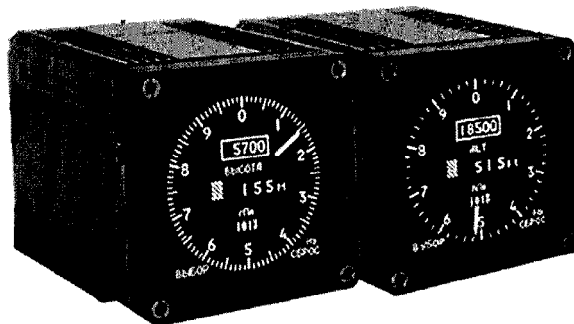


Рис. 2. Электронный барометрический высотомер

Такая комбинированная индикация позволяет существенно изменить себестоимость прибора, по сравнению с вышеупомянутыми приборами с использованием графических ЖКИ модулей. Типичными представителями таких приборов являются барометрические высотомеры фирм *Kollsman, Inc*, *Innovative Solutions & Support* (лицевая панель приведена на рис.3).



Рис. 3. Лицевая панель барометрического высотомера

Эксплуатация авиационных приборов с ЖКИ модулями на транспортных самолетах проблематична в условиях низких температур и малой интенсивности полетов. Например, ЖКИ-индикатор системы *TCAS* снимается бортмехаником после каждого полета. Таким образом, на настоящее время для транспортной авиации более предпочтительно использовать дисплеи на ЭЛТ и плазменные дисплеи для отображения информации.

Полноцветные плазменные дисплеи, например, МФПУ-1 фирмы «Элара», г. Чебоксары, работают в условиях низких температур: минус 55°C; время готовности – 1 мин., имеют малые габариты и вес, по сравнению с дисплеями на ЭЛТ.

Вышеуказанный плазменный дисплей можно с успехом применять как многофункциональный индикатор для резервной группы приборов ЛА.

Заключение

В ближайшей перспективе, для применения в авиационных приборах, особое внимание заслуживают плоскпанельные дисплеи точечно-эмиссионного типа компании *Pix Tech. Inc*, а также дисплеи на основе органических светодиодов. Ожидается, что полноцветные дисплеи на основе органических светодиодов, интенсивную разработку которых ведут более шестидесяти ведущих компаний, по всем параметрам превзойдут дисплеи других видов, в том числе на основе ЭЛТ.

Литература

1. Information Display, 2002-2003 г.
2. Электронные компоненты № 3, 2003 г.
3. Охматенко В.П., Выборнов В.Н., Вартамян В.М., Андреев Я.В. Особенности отображения информации бортовыми авиационными приборами.

Поступила в редакцию 11.09.03

Рецензент: д.т.н., проф. Илюшко В.М., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 681.325

Н.А. КОРОЛЁВА¹, К.А. БОХАН², А.Н. СИРЕНЬКИЙ³¹*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Украина*²*Харьковский военный университет, Украина*³*Харьковский институт ВВС, Украина***СПОСОБ ДВУМЕРНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УОЛША**

В статье предлагается способ выполнения преобразования изображений в двумерном базисе Уолша. Проводится сравнение с другими способами выполнения ортогональных преобразований изображений.

изображение, базис, ортогональное преобразование, кодирование, двумерный сигнал, алгоритм

Задачи, которые решаются с помощью цифровой обработки изображений, весьма различны. В большинстве случаев они могут быть отнесены к одной из следующих категорий: улучшение изображений, эффективное кодирование, распознавание образов и машинная графика. Неотъемлемой частью большинства алгоритмов обработки изображений является процедура преобразования входного сигнала из пространственно-временной области в спектрально-частотную с помощью различных ортогональных преобразований. Существует три основные области применения ортогональных преобразований (ОП). К ним относится выделение характерных признаков, кодирование и сокращение размерности при выполнении вычислений [1-5].

Известно, что временные затраты на выполнение ОП могут достигать до 80% от общего времени выполнения процедуры обработки изображения. Поэтому задача разработки более эффективных способов, которые позволят уменьшить время выполнения преобразования, является актуальной.

Для преобразования сигнала из пространственно-временной области в спектрально-частотную и обратно необходимо выполнить прямое и обратное преобразования. Например, для способа, основанного на свойстве разделимости ортогональных базисов, выражения для прямого и обратного преобразований Уолша в матричной форме имеют вид [3, 4]:

$$W_x(n) = \frac{1}{N^2} H_w(n) X(n) H_w(n); \quad (1)$$

$$X(n) = H_w(n) W_x(n) H_w(n), \quad (2)$$

где $X(n)$ – матрица отсчетов изображения размерностью $N \times N$, $n = \log_2 N$, $n = 1, 2, 3, \dots$;

$H_w(n)$ – матрица Уолша размерностью $N \times N$, упорядоченная по Уолшу;

$W_x(n)$ – матрица коэффициентов преобразования Уолша (трансформанта размерностью $N \times N$).

Выражение (1) является прямым, а выражение (2) – обратным преобразованиями Уолша.

Недостатками данного способа преобразования Уолша являются:

- необходимость выполнения преобразования в два этапа;
- невозможность выполнения процедур второго этапа преобразования до окончания выполнения всех процедур первого этапа;
- невозможность распараллеливания операций преобразования;
- необходимость в дополнительной памяти для хранения промежуточной матрицы;
- невозможность вычисления только определенной части коэффициентов преобразования.

Для устранения недостатков существующих способов предлагается способ двумерного преобразо-

вания Уолша (ДПУ), основанного на двумерном базисе Уолша (ДБУ). В работе [6] предложен способ формирования двумерного базиса произвольной размерности.

Рассмотрим процедуры двумерного преобразования изображений в базисе Уолша.

Прямое двумерное преобразование Уолша

Прямое двумерное преобразование Уолша над изображениями произвольной размерности состоит из следующих процедур.

1. Исходное изображение разбивается на блоки размерностью $N \times N$ (при необходимости матрица отсчетов изображения дополняется нулевыми отсчетами):

$$X(n) = [[x_{ij}]_{pq}], \quad (3)$$

где $X(n)$ - матрица отсчетов изображения размерностью $S \times B$, $i, j = \overline{0, N-1}$, $N = 2^n$, $n = 1, 2, 3, \dots$; p, q - индексы блоков, которые изменяются в пределах:

$$p = \overline{0, (S + K_S) / N - 1}, \quad (4)$$

$$q = \overline{0, (B + K_B) / N - 1}, \quad (5)$$

K_S и K_B является дополнением нулевых отсчетов по вертикали и горизонтали соответственно.

Дополнение нулевых отсчетов вычисляется с помощью выражения

$$K_X = \begin{cases} 0 & \text{при } X \bmod N = 0; \\ \frac{N - X \bmod N}{N} & \text{при } X \bmod N \geq 1. \end{cases} \quad (6)$$

2. В соответствии со способом формирования ДБУ, предложенным в работе [6], формируется матрица $H_w^2(n)$, элементами которой являются подматрицы H_{kl} значений отсчетов двумерных базисных функций

$$H_{kl} = [h_{kl}(ij)], \quad (8)$$

где H_{kl} подматрица значений отсчетов двумерных базисных функций Уолша, $i, j, k, l = \overline{0, N-1}$.

3. Для каждого блока изображения $[[x_{ij}]_{pq}]$ вычисляются необходимые коэффициенты $[w_{kl}]_{pq}$ двумерного преобразования Уолша (элементы трансформанты $W_x(n)$) в соответствие с выражением

$$w_{kl} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{ij} h_{kl}(ij). \quad (9)$$

Выражение (9) представляет собой прямое двумерное преобразование Уолша.

Обратное двумерное преобразование Уолша

Рассмотрим процедуры, из которых состоит обратное двумерное преобразование Уолша.

1. Исходная трансформанта разбивается на блоки размерностью $N \times N$:

$$W_x(n) = [[w_{kl}]_{pq}], \quad (10)$$

где $W_x(n)$ - матрица коэффициентов преобразования Уолша (трансформанта размерностью $S \times B$), $k, l = \overline{0, N-1}$.

Пределы изменения индексов p, q вычисляются в соответствии с выражениями (4) и (5).

Размерность блоков при обратном преобразовании должна точно соответствовать размерности блоков, используемых при прямом преобразовании.

2. Для каждой трансформанты $[w_{kl}]_{pq}$ вычисляются значения отсчетов $[x_{ij}]_{pq}$ блока изображения $X(n)$ в соответствии с выражением

$$x_{ij} = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} w_{kl} h_{kl}(ij). \quad (11)$$

Выражение (9) представляет собой обратное двумерное преобразование Уолша.

Сравнение способов выполнения двумерных ортогональных преобразований по количеству операций

Для двумерного преобразования блока изображения размером $N \times N$ с помощью предложенного способа необходимо выполнить $(N^2 - 1)N^2$ сложений/вычитаний и $N^4 + N^2$ разделимости ортогональных базисов, определяемого выражениями (1), (2), количество арифметических операций составит $2N^2(N - 1)$ сложений/вычитаний и $2N^3 + N^2$ умножений. Таким образом, при использовании свойства разделимости ортогонального базиса количество выполняемых арифметических операций меньше, чем при использовании двумерного базиса. Если из процедур известного и пред-

ложенного способов исключить такие арифметические операции, как умножение на единицу, то количество операций умножения станет одинаковым, а количество операций сложений/вычитаний для предложенного способа будет в 3 раза больше в сравнении с известным способом.

Например, для блока изображения $N \times N$, при $N = 8$ количество арифметических операций составит:

- для предложенного двумерного преобразования Уолша: 4032 сложения/вычитания и 4160 умножений;
- для известного способа, определяемого выражениями (1), (2): 896 сложений/вычитаний и 1024 умножения;
- независимы и используется одноэтапная процедура преобразования, то коэффициенты преобразования можно вычислять параллельно. В этом случае время выполнения преобразования сократится в N раз.

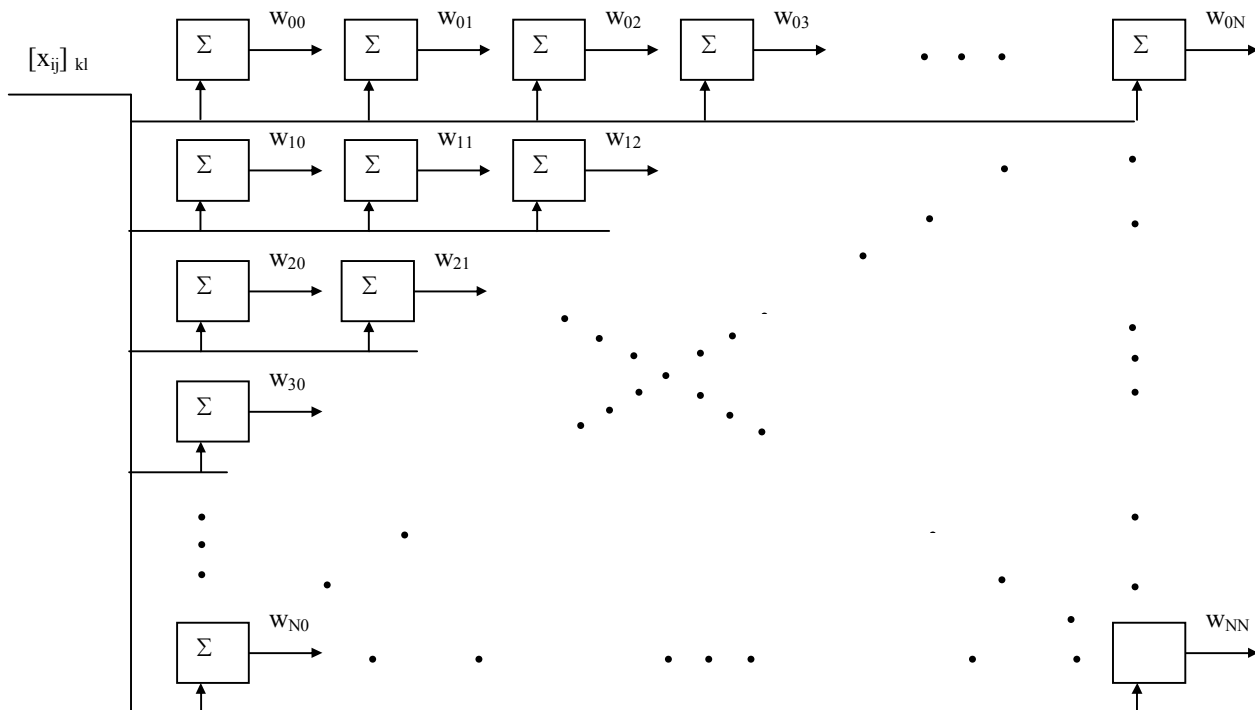


Рис.1. Схема матричного устройства ДПУ реализующего параллельную обработку

- при исключении избыточных операций количество арифметических операций в предложенном двумерном преобразовании Уолша составит 4032 сложений/вычитаний и 64 умножений, а для известного – 896 сложений/вычитаний и 64 умножения.

Так как операции вычисления коэффициентов преобразования Уолша в предложенном способе Предлагаемый способ ДПУ с параллельной обработкой можно реализовать в виде матричного устройства, схема которого представлена на рис. 1.

Предложенное устройство состоит из N^2 накопительных сумматоров (НС). На вход каждого НС одновременно подаются последовательно друг за другом отсчеты блока изображения. После поступления всех N^2 отсчетов блока изображения (через N^2 тактов) одновременно на всех выходах НС получим коэффициенты преобразования Уолша обработанного блока изображения. Таким образом, для обработки блока изображения в данном устройстве требуется N^2 тактов.

На первый взгляд, данное устройство выглядит сложно, но на самом деле оно легко реализуется на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС).

Заключение

Предложенный способ может быть применен в алгоритмах обработки двумерных сигналов. Он позволяет:

- распараллелить выполнение арифметических операций преобразования и соответственно уменьшить в N раз время выполнения преобразования;
- получать необходимые коэффициенты без вычисления всех остальных;
- уменьшить затраты оперативной памяти при выполнении преобразований на 33%, так как не требуется хранить промежуточные результаты.

Предложено устройство ДПУ, которое обладает простотой технической реализации и обеспечивает параллельную обработку блока изображения.

В то же время, в предложенном способе ДПУ выполняется примерно 80% дублирующих операций сложения. Для их исключения необходимо разработать быстрое ДПУ, применение которого позволит значительно сократить количество выполняемых арифметических операций, и соответственно время выполнения ДПУ.

Литература

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – Т. 2 – 480 с.
2. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: Под ред. И.Б. Фоменко. – М.: Связь, 1980. – 248 с.
3. Залмазон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. – М.: Наука, 1989. – 496 с.
4. Хармут Х.Ф. Передача информации ортогональными функциями. – М.: Связь, 1975. – 271 с.
5. Хуанг.Т Передача информации ортогональными функциями. – М.: Мир, 1979. – 318 с.
6. Королева Н.А., Бохан К.А., Сиренький А.Н. Формирование двумерного базиса Уолша // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. - №2. – с.10 – 15.

Поступила в редакцию 10.09.03

Рецензент: доктор техн. наук, проф. Фоменко О.М., Харьковский военный университет

УДК 658.2

В.Ф. ШМЫРЕВ¹, В.Н. ТОРЧИЛО², Н.М. ФЕДОРЕНКО³¹АНТК «Антонов», Украина²АО «Авионика», Украина³Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрено общее решение задачи оптимальной организации работы авиаремонтного предприятия на основе теории очередей. На базе аналитических моделей получены соотношения, определяющие оптимальные характеристики производственной деятельности.

система массового обслуживания, аналитическая модель, оптимизация, обратная задача, вариация, интервальный полином

Линеаризация задач оценок пропускной способности многоканальных и многофазных систем позволяет исключить проблемы нелинейности и с помощью упрощенных расчетов обосновать ее структуру, близкую к оптимальной с некоторой допустимой погрешностью.

Рассмотрим трехканальную трехфазную систему массового обслуживания где все каналы автономны, не связаны между собою, и каждая заявка, которая поступает по i -му каналу, последовательно обслуживается в трех фазах, причем общее время обслуживания для j -го канала определяется формулой:

$$a_i = \sum_{j=1}^3 t_{ij}, \quad (1)$$

где t_{ij} – время обслуживания заявки на j -ой фазе i -ого канала.

Как правило, заявки на обслуживание поступают случайно в соответствии с пуассоновым законом распределения и вероятность $p_{ноij}$ необслуженных заявок i -го канала на j -ой фазе определяется зависимостью:

$$p_{ноij} = 1 - e^{-x_{ij}t_{ij}}, \quad (2)$$

где x_{ij} – интенсивность поступления заявок на j -в фазу по i -оме канала.

Поскольку заявки на j -ю фазу по i -ому каналу поступают с $(j-1)$ -ой фазы, то их интенсивность x_{ij} будет снижена за счет потерь заявок на $(j-1)$ -ой фазе и определяется зависимостью:

$$x_{ij} = x_{ij-1} e^{-x_{ij-1}t_{ij-1}}. \quad (3)$$

Таким образом, при определении вероятности $p_{ноij}$ требуется учитывать снижение интенсивности на предшествующих фазах в соответствии с выражением (3). Поэтому задача оценки пропускной способности в общем случае является нелинейной а ее решение требует сложного и громоздкого математического аппарата.

Как правило, в соответствии с требованиями на обслуживание вероятность $p_{ноij}$ не должна быть большой, например

$$p_{ноij} < 0.1. \quad (4)$$

Тогда в соответствии с требованием (4) функцию (2) с учетом (1) и (3) можно разложить в ряд Тейлора:

$$p_{ноij} = x_i a_i + \xi(x_i, a_i) \quad (5)$$

где $\xi(x_i, a_i)$ – погрешность метода.

Чем выше требование на пропускную возможность, тем более точно она оценивается с помощью формулы (5).

В общем случае для всех каналов многоканальной СМО вероятность p_{noij} не обслуживания можно представить вектором и оценить матричным выражением:

$$P_{no} = AX,$$

где X и P_{no} – векторы-столбцы интенсивности поступления заявок и вероятностей их не обслуживания по всем каналам; A – квадратная матрица, элементы a_{ij} которой определяют время обслуживания заявок по i -ому каналу на j -ой фазе. Поскольку в трехканальной и трехфазной СМО каналы не зависимы между собой, то матрица A имеет вид:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Общая интенсивность X_i не обслуженных заявок по всем каналам многоканальной СМО может быть определена матричным уравнением:

$$X_i = X^T AX, \quad (7)$$

где X^T и X соответственно вектор-строка и вектор-столбец интенсивностей x_i заявок, которые поступают на обслуживание многоканальной и многофазной СМО.

В соответствии с (7) общую интенсивность X_0 обслуженных заявок можно оценить формулой:

$$X_0 = \sum_{i=1}^n x_i - X^T AX, \quad (8)$$

где x_i – интенсивность поступления заявок на i -ому каналу.

Формула (8) определяет реальную пропускную способность многоканальной и многофазной СМО.

Предположим, что каждая заявка по i -му каналу, поступающая с интенсивностью x_i , влечет за собой плату за обслуживание d_i . Интенсивность y_i заявок с учетом оплаты, очевидно, можно оценить формулой:

$$y_i = x_i d_i. \quad (9)$$

С учетом (9) и (8) реальный общий доход D СМО можно оценить в соответствии с выражением:

$$D = \sum_{i=1}^n y_i - Y^T AX, \quad (10)$$

где Y^T – вектор-строка интенсивностей y_i поступление заявок с учетом их оплаты за обслуживание.

Обеспечение максимального допустимого значения вероятности P_{no} при увеличении их интенсивности x_i можно достичь путем уменьшения a_i времени обслуживания заявок, которые связаны с наращиванием производственных мощностей и дополнительными экономическими затратами на расширение производства.

Введем производственную матрицу N :

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & n_{13} \\ n_{21} & n_{22} & n_{23} \\ n_{31} & n_{32} & n_{33} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Целочисленные элементы матрицы (11) определяют количество рабочих мест в i -ому каналу на j -ой фазе.

Введем вектор R стоимости работ, составные r_i которого определяют стоимость работы на j -ой фазе. Тогда общая стоимость R_c может быть определена матричной зависимостью

$$R_c = R_i^T NR, \quad (12)$$

где R_i^T – единичный транспонированный вектор.

Это выражение определяет экономические затраты, направленные на повышение пропускной способности СМО путем уменьшения времени обслуживания заявок.

Разность $V = D - R_c$ между доходом D и затратами R_c выражает прибыль СМО и может быть определена с учетом (3) и (12) расчетной формулой:

$$V = \sum y_i - Y^T AX - R_i^T NR \quad (13)$$

Выбор оптимальной численности рабочих мест, обеспечивающих максимальную прибыльность

Рассмотрим задачу достижения прибыли V при условии, согласно которому снижение времени обслуживания a_{ij} в e раз обеспечивается увеличением числа рабочих мест n_{ij} во столько же раз.

Пусть:

$$N = \begin{bmatrix} 4 + \Delta n_1 & 3 + \Delta n_2 & 2 \\ 4 & 3 & 2 \\ 4 & 3 & 2 \end{bmatrix}, R = \begin{bmatrix} 2.5 \\ 5. \\ 3.5 \end{bmatrix},$$

$$A = \begin{bmatrix} \frac{0.002}{4 + \Delta n_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{0.004}{3 + \Delta n_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0.003 \end{bmatrix},$$

$$X = \begin{bmatrix} 50 \\ 100 \\ 150 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} 50. \\ 120. \\ 210. \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Составу r_i и d_i векторов R и D определяют соответственно стоимость работы и оплату за обслуживание в условных единицах по i -ому каналу СМО. Составные y_i вектора Y определяют предвиденную прибыль за обслуживание по i -ому каналу с учетом интенсивности x_i заявок, которые поступают на обслуживание.

В соответствии с исходными данными прибыль определяется соотношением

$$V = 189.5 - \frac{5}{4 + \Delta n_1} - \frac{48}{3 + \Delta n_2} - 2.5\Delta n_1 - 5\Delta n_2. \quad (15)$$

График функции представлен на рис. 1

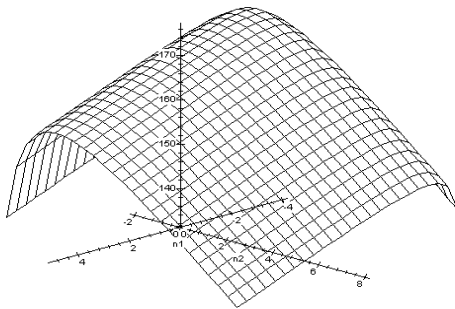


Рис. 1. Зависимость прибыли от числа работающих на участках

Полученный функционал имеет явно выраженный экстремум. Для определения оптимальных значений первичных параметров удобнее рассматривать плоские сечения в общем случае многомерной поверхности функции прибыли. Так для $\Delta n_2 = 0$

$$V = 173.5 - \frac{5}{4 + \Delta n_1} - 2.5\Delta n_1.$$

Зависимость прибыли от вариации числа работающих на втором участке представлена на рис. 2.

Расчет зависимости между прибылью и числом рабочих мест 2-го участка при недопущении сокращений на 1-м с интервальными значениями показателей стоимости выполняемых работ.

Для общего вида матрицы $R = [r_1 \ r_2 \ r_3]^T$, полиномиальная модель, связывающая прибыль с производственными характеристиками системы обслуживания имеет вид:

$$\begin{aligned} & (r_1 \Delta n_2 + 3 r_1) \Delta n_1^2 + (48 r_1 + 6 r_3 \Delta n_2 - 1092. + \\ & + 18 r_3 + 16 r_1 \Delta n_2 + 3V + V \Delta n_2 + 12 r_2 \Delta n_2 + \\ & + r_2 \Delta n_2^2 - 380. \Delta n_2 + 27 r_2) \Delta n_1 + 12 V + 72 r_3 + \\ & + 144 r_1 + 48 r_2 \Delta n_2 + 4 V \Delta n_2 - 1515. \Delta n_2 + \\ & + 48 r_1 \Delta n_2 + 4 r_2 \Delta n_2^2 + 24 r_3 \Delta n_2 + 108 r_2 - \\ & - 4353. = 0. \end{aligned} \quad (16)$$

С учетом интервальности значений показателей стоимости выполняемых работ:

$$R = \begin{bmatrix} [r_1, \bar{r}_1] \\ [r_2, \bar{r}_2] \\ [r_3, \bar{r}_3] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [2.5, 3.] \\ [5., 6.] \\ [3.5, 4.5] \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Следовательно, получаем интервальный полином вида:

$$\begin{aligned} & ([2.5, 3.] \Delta n_2 + 3 [2.5, 3.]) \Delta n_1^2 + (48 [2.5, 3.] + \\ & + 6 [3.5, 4.5] \Delta n_2 - 1092. + 18 [3.5, 4.5] + \\ & + 16 [2.5, 3.] \Delta n_2 + 3V + V \Delta n_2 + 12 [5., 6.] \Delta n_2 + \\ & + [5., 6.] \Delta n_2^2 - 380. \Delta n_2 + 27 [5., 6.] \Delta n_1 + 12 V + \\ & + 72 [3.5, 4.5] + 144 [2.5, 3.] + 48 [5., 6.] \Delta n_2 + \\ & + 4 V \Delta n_2 - 1515. \Delta n_2 + 48 [2.5, 3.] \Delta n_2 + \\ & + 4 [5., 6.] \Delta n_2^2 + 24 [3.5, 4.5] \Delta n_2 + 108 [5., 6.] - \\ & - 4353. = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

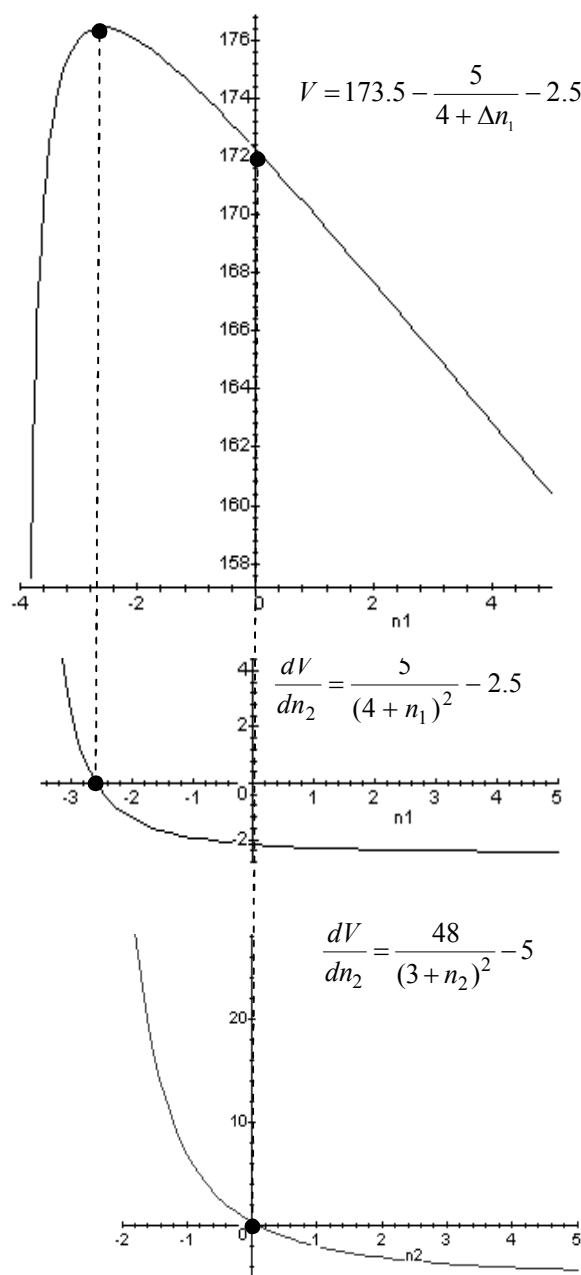


Рис. 2. Зависимость прибыли от вариации числа работающих

или в общей форме записи

$$a_2 \Delta n_2^2 + a_1 \Delta n_2 + a_0 = 0. \quad (19)$$

Условия решения задачи, в соответствии с теоремой Харитоновой, для интервальных полиномов и косвенным критерием Гурвица расположения кор-

ней степенного полинома справа от мнимой оси запишутся в виде:

$$\begin{aligned} \overline{\dot{a}_0} \leq 0, \overline{\dot{a}_1} \leq 0, \underline{\dot{a}_2} \leq 0; \\ \underline{\dot{a}_0} \leq 0, \underline{\dot{a}_1} \leq 0, \underline{\dot{a}_2} \leq 0; \\ \underline{\dot{a}_0} \leq 0, \underline{\dot{a}_1} \leq 0, \overline{\dot{a}_2} \leq 0; \\ \underline{\dot{a}_0} \leq 0, \overline{\dot{a}_1} \leq 0, \overline{\dot{a}_2} \leq 0; \end{aligned} \quad (20)$$

где верхние $\overline{\dot{a}_0}$, $\overline{\dot{a}_1}$, $\overline{\dot{a}_2}$ и нижние $\underline{\dot{a}_0}$, $\underline{\dot{a}_1}$, $\underline{\dot{a}_2}$ значения соответствующих коэффициентов принимают значения:

$$\begin{aligned} \overline{\dot{a}_0} &= 12V - 2949. - 975. \Delta n_2 + 4V \Delta n_2 + 24. \Delta n_2^2; \\ \underline{\dot{a}_0} &= 12V - 3201. - 1071. \Delta n_2 + 4V \Delta n_2 + 20. \Delta n_2^2; \\ \overline{\dot{a}_1} &= 3V - 705. - 233. \Delta n_2 + V \Delta n_2 + 6. \Delta n_2^2; \\ \underline{\dot{a}_1} &= 3V - 774. - 259. \Delta n_2 + V \Delta n_2 + 5. \Delta n_2^2; \\ \overline{\dot{a}_2} &= 9. + 3. \Delta n_2; \\ \underline{\dot{a}_2} &= 7.5 + 2.5 \Delta n_2. \end{aligned} \quad (21)$$

Условия (20) выполняются в рассматриваемом диапазоне изменения первичных параметров (рис. 3).

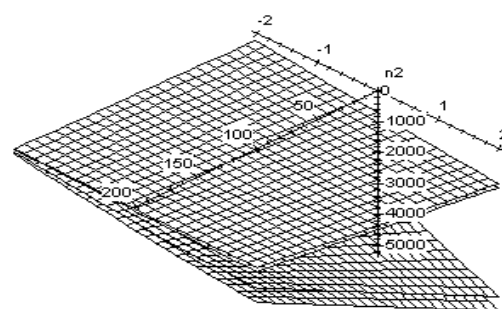


Рис. 3. Выполнение условий Гурвица для угловых полиномов

Исходя из зависимостей (21), граничные условия для первичных параметров определяются соотношениями:

$$V = 0.75 \frac{983 + 325 \Delta n_2 - 8 \Delta n_2^2}{3 + \Delta n_2};$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{705 + 233\Delta n_2 - 6\Delta n_2^2}{3 + \Delta n_2}; \\
 V &= 0.25 \frac{3201 + 1071\Delta n_2 - 20\Delta n_2^2}{3 + \Delta n_2}; \\
 V &= \frac{774 + 259\Delta n_2 - 5\Delta n_2^2}{3 + \Delta n_2},
 \end{aligned} \quad (22)$$

среди которых условие $\bar{a}_1 < 0$, граница которого

определяется равенством $V = \frac{705 + 233\Delta n_2 - 6\Delta n_2^2}{3 + \Delta n_2}$,

является наиболее жестким и включает в себя остальные.

Графическое изображение общей области выполнения приведенных условий представлено на рис. 4.

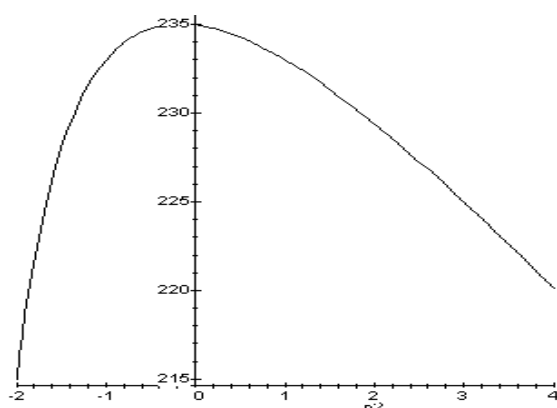


Рис. 4. Общая область выполнения условий

Предложенная методика оценок пропускной возможности СМО позволяет легко найти оптимальное число рабочих мест в ремонтных предприятиях.

Выводы

Рассмотрено символьно-численное решение задачи оптимальной организации работы предприятия сферы обслуживания на основе теории очередей. На базе аналитических моделей теории очередей, с использованием символьно-численных преобразова-

ний, получены соотношения, определяющие оптимальные характеристики производственной деятельности.

В общем виде получено решение обратной задачи – определения необходимой вариации средней скорости обслуживания канала при известной вариации числа клиентов (единиц) в очереди на обслуживание.

Литература

1. Михайлов В.Б., Гридин В.Н., Михайлов К.В., Храпонов А.Н. Полиномиальные матрицы и их применение к решению дифференциально-алгебраических систем уравнений m -го порядка для технических приложений. ИТПП, 2001/4. с. 27-33.
2. Вартамян В.М., Дмитришин Д.В., Лысенко А.И. и др. Экономико-математическое обеспечение управленческих решений в менеджменте. – Под ред. Вартамяна В.М. – Харьков: ХГЭУ, 2001. – 288 с.
3. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
4. Жабко А.П., Харитонов В.Л. Методы линейной алгебры в задачах управления. – СПб.: Изд. СПб. ун-та, 1993. – 320 с.

Поступила в редакцию 05.10.03

Рецензент: д.т.н., проф. Жихарев В.Я., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"

УДК 629.391

В.В. БАРАННИК

Харьковский военный университет, Украина

МЕТОД БИНОМИНАЛЬНО – ПОЛИАДИЧЕСКОЙ НУМЕРАЦИИ ДВОИЧНЫХ ДАННЫХ

Излагается метод нумерации двоичных данных на основе формирования кода-номера двухпризнаковому биномиальному числу в полиадическом пространстве.

двоичные данные, биномиальное число, полиадическое пространство, сжатие информации, нумерация, структура

Введение

В соответствии с Национальными космическими программа и Национальной программой информатизации Украины основными заданиями являются решение общемировых и внутриотраслевых задач в реальном времени. При этом возникает *проблема*, состоящая в невозможности передать по существующим каналам связи необходимые объемы достоверной информации в заданных временных интервалах. Одно из направлений решения заключается в организации компактного представления данных.

Анализ известных методов компактного представления с контролируемой потерей качества выявил то, что наибольшие коэффициенты сжатия достигаются при устранении структурных видов избыточности [1, 2]. Однако, эти методы не обеспечивают требуемой степени сжатия, достаточной для передачи данных по каналам связи в реальном времени. В большинстве структурных методах ключевым звеном является принцип нумерации. Он включает в себя систему правил, по которой обрабатываемой последовательности ставится в соответствие код-номер. Система правил учитывает особенности, выявленные на последовательности данных по заданным структурным характеристикам. Значит система нумерующих правил (нумератор) отражает суть выявленных особенностей, на основе которых устраня-

ется избыточность и достигается сжатие. Следовательно, недостаточные степени сжатия объясняются в отсутствии нумерующих систем, учитывающих информативные структурные характеристики. Поэтому одним из вариантов разработки новых методов сжатия на основе уменьшения структурной избыточности является создание принципиально новых нумераторов, на основе обобщения достоинств и устранения недостатков свойственных существующим нумераторам.

Цель статьи. Разработать нумерацию двоичных данных на основе обобщения достоинств биномиального и полиадического типов нумераторов.

Разработка биномиально – полиадической нумерации

Рассмотрим множества $\Psi(m, \Lambda)$ и $\Psi(m, \Theta)$, которые образуются соответственно полиадическими $\Lambda = \{\lambda_i\}_{i=1, m}$ и биномиальными ограничениями Θ для двоичной последовательности длиной m элементов [3 - 6]. Биномиальными ограничениями называются такие признаковые (структурные) ограничения, которые разбивают исходное множество натуральных чисел на несколько не пересекающихся классов множеств [5, 6]. Тогда под биномиальным (Б) или полиадическим (П) пространством понимается множество пронумерованных чисел, удовлетво-

ряющих соответственно биномиальным или полиадическим ограничениям. Мощности таких пронумерованных множеств $\Psi(m, \Lambda)$ и $\Psi(m, \Theta)$ соответственно равны $V(m, \Lambda)$ и $V(m, \Theta)$. В этом случае при формировании кода-номера для двоичной последовательности $A = \{a_i\}_{i=1, \overline{m}}$ его значения для полиадических или биномиальных ограничений будет находиться соответственно в диапазонах

$$0 \leq N(m, \Lambda) \leq V(m, \Lambda) = \left(\prod_{i=1}^m \lambda_i \right) - 1; \quad (1)$$

$$0 \leq N(m, \Theta) \leq V(m, \Theta), \quad (2)$$

где $N(m, \Lambda)$, $N(m, \Theta)$ - коды-номера для двоичной последовательности A , на которой выявлены ограничения соответственно полиадического и биномиального характера.

Выберем в качестве биномиального признака – структурную характеристику ϑ число серий единиц. Данная характеристика является наиболее информативной среди известных [3, 5] (обеспечивает наименьшее значение $V(m, \Theta)$). Тогда выражение (2) примет вид [4, 5]:

$$0 \leq N(m, \Theta) \leq \frac{(m+1)!}{(2\vartheta)!(m+1-2\vartheta)!} - 1. \quad (3)$$

Для уменьшения значений $V(m, \Lambda)$ и $V(m, \Theta)$, а, следовательно, и снижения значений кодов $N(m, \Lambda)$ и $N(m, \vartheta)$ предлагается построить множество $\Psi(m, \Lambda, \vartheta)$ двоичных последовательностей, удовлетворяющих одновременно ограничениям Λ и ϑ . В этом случае последовательность A будет принадлежать множеству $\Psi(m, \Lambda, \vartheta)$ тогда, когда через позицию с $\lambda_i = 1$ не будет проходить серия единиц, т.е. полиадические ограничения трактуются как запрет появления единиц на определенной позиции. Значит с одной стороны на расположение серий единичных элементов накладываются дополнительные условия, задаваемые полиадическими ограниче-

ниями $0 \leq a_i \leq \lambda_i - 1$. С другой стороны, не все двоичные последовательности, удовлетворяющие полиадическим ограничениям, будут принадлежать множеству $\Psi(m, \Lambda, \vartheta)$. Ведь там где разрешена единица с точки зрения полиадических ограничений может стоять разрыв (значение равно 0) между двумя соседними сериями единиц, т.е. единица будет запрещена с точки зрения биномиальных ограничений. Отсюда следует выполнение системы неравенств:

$$V(m, \Lambda, \vartheta) \leq V(m, \Lambda); \quad (4)$$

$$V(m, \Lambda, \vartheta) \leq V(m, \vartheta), \quad (5)$$

где $V(m, \Lambda, \vartheta)$ - количество двоичных последовательностей, принадлежащих множеству $\Psi(m, \Lambda, \vartheta)$.

Кодирование двоичных последовательностей, принадлежащих множеству $\Psi(m, \Lambda, \vartheta)$, организуется на основе системы правил, ставящих во взаимно-однозначное соответствие последовательность $A \in \Psi(m, \Lambda, \vartheta)$ и значение кода-номера $N(m, \Lambda, \vartheta)$.

Для разработки такого кодирования сформулируем определение и докажем теорему о нумерации.

Определение 1. Биноминально – полиадической (БП) нумерацией двоичных данных называется система выражений, формирующих код-номер для биномиального числа в двоичном полиадическом пространстве или формирующая код-номер для двоичного полиадического числа в биномиальном пространстве.

В связи с этим под БП множеством понимается некоторая часть Б и П множества, которая соответствует одновременно биномиальным и полиадическим ограничениям. Следовательно, принадлежащие множеству $\Psi(m, \Lambda, \vartheta)$ двоичные последовательности являются биномиально – полиадическими числами.

Теорема о биномиально – полиадической нумерации. Для любой двоичной последовательности

$\Lambda = \{a_i\}_{i=1, \overline{m}}$ с выявленными ограничениями на позиции единиц $\Lambda = \{\lambda_i\}_{i=1, \overline{m}}$ и числом ϑ серий единиц можно сформировать код-номер $N(m, \Lambda, \vartheta)$:

$$N(m, \Lambda, \vartheta) = \sum_{k=1}^K N(\Theta^{(k)}) = \sum_{k=1}^K \prod_{z=1}^Z N(\vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)}); \quad (6)$$

$$N(\vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)}) = \sum_{i=1}^{m_z} a_i \times \times \sum_{\chi_z^{(k)}=\vartheta_z^{(k)}}^{m_z-\vartheta_z^{(k)}+1} \binom{\chi_z^{(k)}-1}{\vartheta_z^{(k)}} \binom{m_z-\chi_z^{(k)}+1}{\vartheta_z^{(k)}}, \quad (7)$$

где $\vartheta_z^{(k)}$ - значение числа серий для z -ой допустимой зоны двоичной последовательности Λ ;

$\chi_z^{(k)}$ - число единиц, размещаемое в $\vartheta_z^{(k)}$ сериях;

$\Theta^{(k)}$ - k -й вектор значений числа серий $\vartheta_z^{(k)}$

длиной Z элементов, $k = \overline{1, K}$:

$$\Theta^{(k)} = \{\vartheta_1^{(k)}, \dots, \vartheta_z^{(k)}, \dots, \vartheta_Z^{(k)}\};$$

K - количество векторов $\Theta^{(k)}$;

$N(\vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)})$ - код-номер двоичной последовательности, полученный для z -ой допустимой зоны по числу серий $\vartheta_z^{(k)}$ для вектора $\Theta^{(k)}$;

$N(\Theta^{(k)})$ - значение кода-номера двоичной последовательности, полученное с учетом обработки всех Z допустимых зон для k -го вектора значений величин $\vartheta_z^{(k)}$.

Доказательство. Система полиадических ограничений делит всю двоичную последовательность на подпоследовательности разделенные нулевыми значениями, для которых $\lambda_i = 1$. Обозначим число допустимых зон единиц через Z . Тогда для каждой z -ой зоны будет свое максимально возможное число серий единиц $0 \leq \vartheta_z^{(k)} \leq \vartheta(\max)_z^{(k)}$. При чем по условию теоремы будет выполняться равенство

$$\vartheta = \sum_{z=1}^Z \vartheta_z^{(k)}. \quad (8)$$

Значит количество векторов K может быть большим единицы и равно количеству различных комбинаций величин $\vartheta_z^{(k)}$, сумма которых равна ϑ . Каждая комбинация величин $\vartheta_z^{(k)}$ формирует множество $\Psi(\Theta^{(k)})$ (долевое БП множество), являющееся частью множества $\Psi(m, \Lambda, \vartheta)$. При этом для объединения всех множеств $\Psi(\Theta^{(k)})$ от 1 до K выполняется равенство

$$\Psi(m, \Lambda, \vartheta) = \bigcup_{k=1}^K \Psi(\Theta^{(k)}). \quad (9)$$

Рассмотрим формирование кода-номера $N(\Theta^{(k)})$ в пределах долевого БП множества. Поскольку на выбор конкретной последовательности $\vartheta_1^{(k)}, \dots, \vartheta_z^{(k)}, \dots, \vartheta_Z^{(k)}$ не существует никаких ограничений кроме (8), то формирование кода $N(\Theta^{(k)})$ проводится по каждой z -ой зоне независимо друг от друга. Следовательно, выполняется равенство

$$\Psi(\Theta^{(k)}) = \prod_{z=1}^Z \Psi(\vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)}), \quad (10)$$

где $\Psi(\vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)})$ - подмножество множества $\Psi(\Theta^{(k)})$ для z -ой зоны двоичной последовательности.

Для случая $z=2$ и значений кодов $N(\vartheta_1^{(k)}, \Theta^{(k)}) = N_1$ и $N(\vartheta_2^{(k)}, \Theta^{(k)}) = N_2$ обрабатываемой последовательности в соответствии с выражением (10) и принципа нумерации [3 - 6] в долевым БП множестве будет предшествовать $N_1 \times N_2$ двоичных последовательностей. Обобщая данный результат для произвольного z получим выражение для вычисления значения кода-номера $N(\Theta^{(k)})$:

$$N(\Theta^{(k)}) = \prod_{z=1}^Z N(\vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)}). \quad (11)$$

Рассмотрим вычисление кода-номера $N(m, \Lambda, \vartheta)$ для известных значений кодов $N(\Theta^{(k)})$. В соответствии с формулой (9) множества $\Psi(\Theta^{(k)})$ являются взаимонезависимыми. Тогда согласно комбинаторного правила сложения [5, 6] значение кода $N(m, \Lambda, \vartheta)$ для биномиально – полиадического числа находится как сумма значений кодов-номеров долевых БП множеств. *Теорема доказана.*

Таким образом, полученная система выражений (6), (7) позволяет сформировать код-номер для двоичной последовательности и в силу неравенств (4), (5) его значение не будет превышать значений, полученных для полиадической и биномиальной нумерации. Это приводит к уменьшению затрат разрядов на представление кода-номера для биномиально – полиадического числа, а, следовательно, и к повышению степени сжатия.

Для дальнейшего увеличения степени сжатия данных необходимо рассмотреть варианты наложения дополнительных структурных характеристик. Исходя из анализа выражений (6) и (7), в качестве такой характеристики может выступать число (сумма) единиц в двоичных сериях.

Разработка метода двухпризнаковой биномиально – полиадической нумерации

Сформулируем определения двухпризнаковой БП нумерации.

Определение 2. Двухпризнаковой биномиально – полиадической нумерацией двоичных данных называется такая нумерация, которая формирует код-номер для двухпризнакового биномиального числа [4] в двоичном полиадическом пространстве.

Для нумерации двухпризнаковых БП чисел сформулируем и докажем теорему.

Теорема о двухпризнаковой биномиально – полиадической нумерации. Для двоичного биноми-

нально полиадического числа $\Lambda = \{a_i\}_{i=1, \overline{m}}$ с дополнительным ограничением на число единиц χ можно поставить в соответствие код-номер $N(m, \Lambda, \vartheta, \chi)$, которые находятся по формулам:

$$N(m, \Lambda, \vartheta) = \sum_{k=1}^{K_\chi} \sum_{u=1}^U \prod_{z=1}^Z N(\chi_{z,u}^{(k)}, \vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)}); \quad (12)$$

$$N(\chi_{z,u}^{(k)}, \vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)}) = \sum_{i=1}^{m_z} a_i V(\chi_{z,u}^{(k)}, \vartheta_z^{(k)})_i; \quad (13)$$

$$V(\chi_{z,u}^{(k)}, \vartheta_z^{(k)})_i = \binom{\chi_{z,u,i-1}^{(k)} - 1}{\vartheta_{z,i-1}^{(k)}} \binom{m-i-\chi_{z,u,i-1}^{(k)} + 1}{\vartheta_{z,i-1}^{(k)}}, \quad (14)$$

где $\chi_{z,u,i-1}^{(k)}$, $\vartheta_{z,i-1}^{(k)}$ – соответственно значения количества единиц и числа серий на $(i-1)$ -ом шаге кодирования двоичной последовательности; $V(\chi_{z,u}^{(k)}, \vartheta_z^{(k)})_i$ – весовой коэффициент i -го элемента z -го разряда двухпризнакового БП числа; $N(\chi_{z,u}^{(k)}, \vartheta_z^{(k)}, \Theta^{(k)})$ – код-номер z -го разряда двухпризнакового БП числа; K_χ – количество долевых двухпризнаковых БП множеств.

Доказательство. Доказательство данной теоремы проводится по аналогии с доказательством теоремы о биномиально – полиадической нумерации. Отличительный момент состоит в том, что согласно определению 2 долевое БП множество $\Psi(\Theta^{(k)})$ прореживается долевыми двухпризнаковыми БП множествами $\Psi(\Theta_u^{(k)})$ по числу единиц в сериях.

В этом случае для каждого допустимого набора числа серий $\Theta^{(k)} = \{\vartheta_1^{(k)}, \dots, \vartheta_z^{(k)}, \dots, \vartheta_z^{(k)}\}$ образуются наборы $\Theta_u^{(k)}$ чисел единиц

$$\Theta_u^{(k)} = \{\chi_{1,u}^{(k)}, \dots, \chi_{z,u}^{(k)}, \dots, \chi_{z,u}^{(k)}\},$$

где u изменяется от 1 до U , равному количеству комбинаций сформированных из величин $\chi_{z,u}^{(k)}$ с ограничениями:

$$\chi = \sum_{z=1}^Z \chi_{z,u}^{(k)}; \quad (15)$$

$$\vartheta_z^{(k)} \leq \chi_{z,u}^{(k)} \leq m_z - \vartheta_z^{(k)} + 1. \quad (16)$$

Тогда, поскольку на выбор последовательности величин $\chi_{z,u}^{(k)}$ не накладывается других ограничений, то мощность множества $\Psi\left(\Theta_u^{(k)}\right)$ равна

$$\Psi\left(\Theta_u^{(k)}\right) = \bigcup_{u=1}^U \prod_{z=1}^Z \Psi\left(\Theta_z^{(k)}, \vartheta_z^{(k)}, \chi_{z,u}^{(k)}\right), \quad (17)$$

где $\Psi\left(\Theta_z^{(k)}, \vartheta_z^{(k)}, \chi_{z,u}^{(k)}\right)$ - подмножество долевого двухпризнакового БП множества для z -ой зоны и u -ой последовательности $\Theta_u^{(k)}$.

Отсюда с учетом формулы (17) код-номер $N\left(\Theta_u^{(k)}\right)$ долевого двухпризнакового БП числа в пределах множества $\Psi\left(\Theta_u^{(k)}\right)$ равен

$$N\left(\Theta_u^{(k)}\right) = \sum_{u=1}^U \prod_{z=1}^Z N\left(\Theta_z^{(k)}, \vartheta_z^{(k)}, \chi_{z,u}^{(k)}\right). \quad (18)$$

Для определения значения кода $N(m, \Lambda, \vartheta, \chi)$ по известным долевым кодам-номерам $N\left(\Theta_u^{(k)}\right)$ рассмотрим формирование множества $\Psi(m, \Lambda, \vartheta, \chi)$. Поскольку по определению двухпризнакового БП числа множества $\Psi\left(\Theta_u^{(k)}\right)$ формируются независимо друг от друга и полностью описывают допустимые классы двоичных последовательностей, то

$$\Psi(m, \Lambda, \vartheta, \chi) = \bigcup_{k=1}^{K_\chi} \Psi\left(\Theta_u^{(k)}\right). \quad (19)$$

Значит в соответствии с комбинаторным правилом сложения значение [5, 6] кода-номера

$N(m, \Lambda, \vartheta, \chi)$ равно сумме отдельных долевого кодов $N\left(\Theta_u^{(k)}\right)$. Теорема доказана.

Из доказанной теоремы вытекает следствие.

Следствие. Из анализа ограничений (15), (16) следует, что:

- мощность долевого двухпризнакового БП множества будет меньше мощности множества $\Psi\left(\Theta^{(k)}\right)$. Это обусловлено уменьшением допустимого множества значений количества единиц для заданного числа серий;

- количество множеств $\Psi\left(\Theta_u^{(k)}\right)$ будет меньше, чем количество множеств $\Psi\left(\Theta^{(k)}\right)$, т.е. $K_\chi \leq K$.

Это вызвано тем, что не все комбинации чисел серий удовлетворяют условиям (15), (16).

Поэтому за счет перехода от БП нумерации к двухпризнаковой БП нумерации достигается дополнительное уменьшение количества разрядов, отводимое на представление кода-номера двоичной последовательности.

Замечание. Для снижения количества операций для двухпризнаковой БП нумерации предлагается значения величин $\chi_{z,u,i-1}^{(k)}$, $\vartheta_{z,i-1}^{(k)}$ находить рекуррентно по правилу [6]:

- если $a_i = 0$, то $\chi_{z,u,i}^{(k)} = \chi_{z,u,i-1}^{(k)}$ и $\vartheta_{z,i}^{(k)} = \vartheta_{z,i-1}^{(k)}$;
- если $a_i = a_{i+1} = 1$, то $\chi_{z,u,i}^{(k)} = \chi_{z,u,i-1}^{(k)} - 1$ и $\vartheta_{z,i}^{(k)} = \vartheta_{z,i-1}^{(k)}$;
- если $a_i = 1$, а $a_{i+1} = 0$, то $\chi_{z,u,i}^{(k)} = \chi_{z,u,i-1}^{(k)} - 1$ и $\vartheta_{z,i}^{(k)} = \vartheta_{z,i-1}^{(k)} - 1$.

Начальные значения признаков соответственно равны $\chi_0 = \chi$ и $\vartheta_0 = \vartheta$.

Кроме того, из анализа выражений (12), (13) следует, что вычисление весовых коэффициентов

$V(\chi_{z,u}^{(k)}, \vartheta_z^{(k)})_i$ не зависит от индексов зоны z , борки u и индекса долевого двухпризнакового БП множества. Следовательно, дальнейшего снижения временных затрат для осуществления двухпризнаковой БП нумерации можно добиться путем организации конвейерной и параллельной обработки.

Оценка эффективности

Оценка эффективности методов биномиально – полиадической нумерации проводилась на основе обработки элементов полноцветных реалистических изображений. Эксперименты показали, что для изображений с различной степенью насыщенности дополнительный коэффициент сжатия за счет однопризнаковой и двухпризнаковой БП нумерации составил соответственно **1,9** и **3,1** раз.

Заключение

Таким образом, можно сделать выводы:

1. Разработана биномиально – полиадическая нумерация двоичных данных на основе формирования кода-номера двоичным последовательностям, удовлетворяющим одновременно биномиальным и полиадическим ограничениям. Сокращение исходного биномиального пространства достигается в результате отбора только тех биномиальных чисел, которые не имеют единичных элементов на запрещенных позициях. Наименьшее значение дополнительного коэффициента сжатия для $m=8$ составляет **2** раза.

2. Разработан метод двухпризнаковой биномиально – полиадической нумерации. В отличие от однопризнакового БП множества на двухпризнаковое БП множество накладываются дополнительные ограничения на число единиц в двоичной серии. Это приводит к дополнительному уменьшению мощности БП множества. При этом выигрыш по сжатию для двухпризнаковой БП нумерации относительно

однопризнаковой БП нумерации достигает не менее **1,7** раза.

Литература

1. Зубарев Ю.В., Дворкович В.П. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений М.: Международный центр научной и технической информации, 1997. – 212 с.
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. Королев А.В. Версификационная избыточность изображений // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 2. – С. 26 – 30.
4. Королев А.В. Полиадическое кодирование одноцветных областей изображений по числу двоичных серий // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 1. – С. 3 - 9.
5. Королев А.В. Баранник В.В. Оценка количества информации изображения по числу серий одинаковых элементов // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 2(18). – С. 43 – 46.
6. Баранник В.В. Метод двухпризнакового биномиального кодирования двоичных данных // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 6(22). – С. 24 – 28.

Поступила в редакцию 11.09.03

Рецензент: доктор техн. наук, проф. Бильчук В.М., Харьковский военный университет

УДК 681.51

Ю.А. РОМАНЕНКОВ¹, Л.Г. ШАХ²¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина²АОЗТ «Авионика», Украина

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ С ИНТЕРВАЛЬНО-ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Рассмотрены оптимизационные модели с интервально-заданными параметрами. Описаны методы получения и анализа различных эквивалентных детерминированных моделей. На примере показаны подходы к анализу моделей в зависимости от стратегии исследования.

оптимизация, детерминированная модель, интервальная неопределенность, производственная матрица, ресурсы, стратегия

Постановка проблемы и анализ литературы.

Интервальное представление факторов неопределенности в последнее время привлекает все большее внимание исследователей как наименее ограничительное и отвечающее широкому классу практических задач. Во многих прикладных задачах часто нет оснований или недостаточно информации для того, чтобы рассматривать факторы неопределенности как случайные. Это приводит к необходимости учета неопределенности, когда относительно факторов неопределенности ничего не известно, кроме их свойства быть ограниченными.

В таких условиях наиболее общей и естественной моделью описания факторов является их представление в интервальной форме, когда задают диапазон возможных значений переменных или зависимостей [1], [2].

Одним из методов анализа оптимизационных моделей с интервальными параметрами является сведение интервальной модели к детерминированному эквиваленту.

Целью статьи является анализ задачи оптимизации в условиях интервальной неопределенности с помощью эквивалентных детерминированных моделей.

Пусть в ходе проведения оптимизационного исследования порождающая задача оптимизации редуцировалась к виду

$$\min [f(\mathbf{x})], \mathbf{x} \in X, \quad (1)$$

где

$$X = \{\mathbf{x} \in R^n : [A]\mathbf{x} \leq [\mathbf{b}], \mathbf{x} \geq 0\},$$

т.е. критерий и ограничения задачи заданы в интервальной форме.

Иначе говоря,

$$[f(\mathbf{x})] = (f^-(\mathbf{x}) \leq f(\mathbf{x}) \leq f^+(\mathbf{x})) \forall \mathbf{x} \in X, \quad (2)$$

где $f(\mathbf{x})$ – неизвестная функция; $f^-(\mathbf{x})$, $f^+(\mathbf{x})$ – известные, точно заданные границы коридора ее возможных значений (рис. 1).

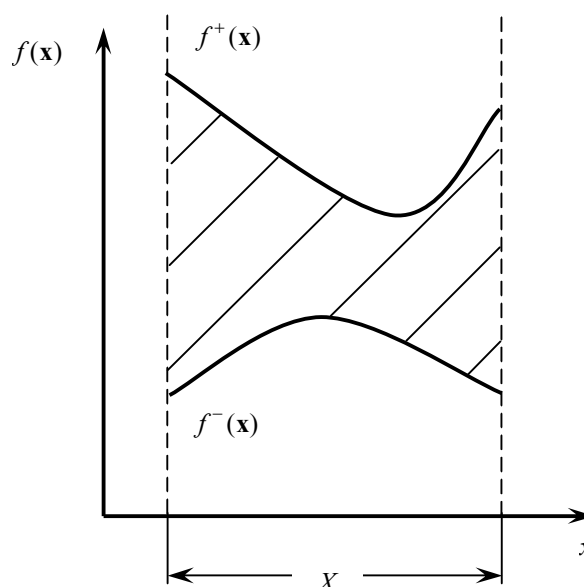


Рис 1. Интервально заданный критерий

Аналогично, элементы матрицы $\mathbf{A}$ размера $(m \times n)$ и вектора $\mathbf{b}$ размерности $(m \times 1)$ задаются интервалами своих возможных значений, т.е.

$$[\mathbf{A}] = \begin{bmatrix} [a_{11}] & \dots & [a_{1n}] \\ \dots & \dots & \dots \\ [a_{m1}] & \dots & [a_{mn}] \end{bmatrix}, [\mathbf{b}] = \begin{bmatrix} [b_1] \\ \dots \\ [b_m] \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $[a_{ij}] = (a_{ij}^- \leq a_{ij} \leq a_{ij}^+)$, $[b_j] = (b_j^- \leq b_j \leq b_j^+)$.

Будем также предполагать, что возможным реализациям $f(\mathbf{x})$, $\mathbf{A}$ и $\mathbf{b}$ внутри известных границ нельзя приписать никакой вероятностной функции распределения.

К виду (1) сводится довольно широкий класс практических задач, например, при соответствующем виде критерия $f(\mathbf{x})$ – задачи линейного и квадратичного программирования с интервально заданными параметрами.

Интервальная форма описания может возникнуть как при использовании методов интервального анализа данных, так и при экспертных оценках неизвестных параметров.

Рассмотрим возможные способы задания допустимой области и модели критерия оптимизации в условиях интервальной неопределенности.

Модели ограничений. Для сравнения вариантов формирования допустимой области решения в условиях интервальной неопределенности целесообразно придать матрице $\mathbf{A}$ и вектору $\mathbf{b}$ какой-то содержательный смысл.

Если оптимизируется система производства продукта при ограниченных ресурсах, то матрицу $\mathbf{A}$ часто трактуют как описание способа производства, а вектор $\mathbf{b}$ – как ресурсы системы.

При такой интерпретации выражение (3) задает множество возможных способов производства и ресурсов. Выбор конкретных матрицы $\mathbf{A} \in [\mathbf{A}]$ и вектора $\mathbf{b} \in [\mathbf{b}]$ определяет способ производства $\mathbf{A}$ и заданный ресурс $\mathbf{b}$ в системе.

Учитывая эти соображения, проанализируем следующие модели допустимой области системы:

$$X_1 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \forall \mathbf{A} \in [\mathbf{A}], \forall \mathbf{b} \in [\mathbf{b}] : \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}\}, \quad (4)$$

$$X_2 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \forall \mathbf{A} \in [\mathbf{A}], \exists \mathbf{b} \in [\mathbf{b}] : \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}\},$$

$$X_3 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \forall \mathbf{b} \in [\mathbf{b}], \exists \mathbf{A} \in [\mathbf{A}] : \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}\},$$

$$X_4 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \exists \mathbf{A} \in [\mathbf{A}], \exists \mathbf{b} \in [\mathbf{b}] : \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}\}.$$

Сравнивая варианты между собой, можно обнаружить, что X_1 отвечает наиболее жестким требованиям, так как в соответствии с выражением (4) необходимо, чтобы условие $\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}$ выполнялось для любого способа производства и любого ресурса, определяемых заданными границами. Множество X_4 соответствует наиболее "либеральным" ограничениям, ибо требуется лишь, чтобы существовали способ производства $\mathbf{A} \in [\mathbf{A}]$ и ресурс $\mathbf{b} \in [\mathbf{b}]$ при которых $\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}$.

Учитывая, что $\mathbf{x} \geq 0$, можно выразить множества X_i ($i = 1, \dots, 4$) через граничные элементы интервальных матриц $[\mathbf{A}]$ и вектора $[\mathbf{b}]$:

$$X_1 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \mathbf{A}^+ \mathbf{x} \leq \mathbf{b}^-\}, \quad (5)$$

$$X_2 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \mathbf{A}^+ \mathbf{x} \leq \mathbf{b}^+\}, \quad (6)$$

$$X_3 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \mathbf{A}^- \mathbf{x} \leq \mathbf{b}^-\}, \quad (7)$$

$$X_4 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \mathbf{A}^- \mathbf{x} \leq \mathbf{b}^+\}, \quad (8)$$

где

$$\mathbf{A}^+ = \{a_{ij}^+\}, \mathbf{A}^- = \{a_{ij}^-\}, \mathbf{b}^+ = \{b_i^+\}, \mathbf{b}^- = \{b_i^-\}.$$

Если обозначить через $\tilde{\mathbf{A}}$ и $\tilde{\mathbf{b}}$ матрицу и вектор, составленные из «среднеинтервальных» элементов, т.е.

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{A}} &= \{\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}^+ + a_{ij}^-) / 2\}, \\ \tilde{\mathbf{b}} &= \{\tilde{b}_i = (b_i^+ + b_i^-) / 2\}, \end{aligned} \quad (9)$$

то можно в дополнение к $X_1, \dots, X_4$ задать множество решений, допустимых в среднем:

$$X_5 = \{\mathbf{x} \geq 0 \mid \tilde{\mathbf{A}} \mathbf{x} \leq \tilde{\mathbf{b}}\}. \quad (10)$$

Из анализа экстремальных допустимых областей X_1 и X_4 , а также «средней» области X_5 следует естественное отношение включения

$$X_1 \subset X_5 \subset X_4.$$

Различные формы допустимых областей приведены на рис. 2 для случая, когда интервальные условия задаются в виде

$$X = \left\{ \mathbf{x} \geq 0 \mid \begin{cases} [1; 3]x_1 + [2; 4]x_2 \leq [6; 9] \\ [-4; -2]x_1 + [1; 3]x_2 \leq [3; 4] \end{cases} \right\}.$$

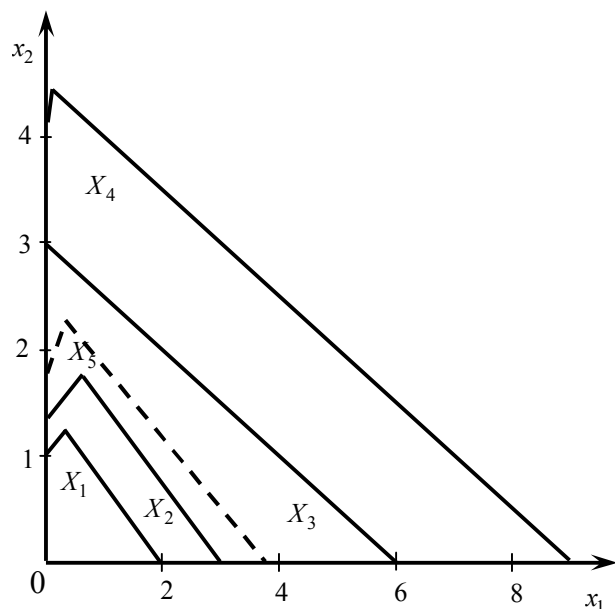


Рис 2. Допустимые области задачи с интервальными ограничениями

Приведенные выражения позволяют, используя содержательную интерпретацию и технологические требования к допустимому решению, определить детерминированную допустимую область задачи в форме одного из множеств $X_1, \dots, X_5$, уже не охватывающего интервально заданные параметры.

Модели критерия. В качестве критерия оптимизации в задаче (1), вообще говоря, может быть взята любая функция $f(\mathbf{x})$, удовлетворяющая условию (2). При этом детерминированный эквивалент задачи интервального программирования (1) записывается в виде:

$$\min[f(\mathbf{x})], \mathbf{x} \in X_i, \quad (11)$$

где в качестве допустимой области X_i берется одно из детерминированных множеств $X_1, \dots, X_5$, задаваемых выражениями (5)-(8), (10).

Оптимальное решение задачи (11)

$$\mathbf{x}^0 = \arg \min[f(\mathbf{x})], \mathbf{x} \in X_i$$

и оптимальное значение критерия

$$f(\mathbf{x}^0) = \min[f(\mathbf{x})], \mathbf{x} \in X_i$$

зависят от того, какая функция $f(\mathbf{x})$ выбрана внутри интервала.

Однако можно показать, что при любом выборе $f(\mathbf{x})$ согласно условию (2) вариация экстремального значения критерия ограничена пределами

$$f^-(\mathbf{x}_0^-) \leq f(\mathbf{x}_0) \leq f^+(\mathbf{x}_0^+) \quad \forall f(\mathbf{x}) \in [f(\mathbf{x})], \quad (12)$$

где

$$\mathbf{x}_0^- = \arg \min f^-(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in X_i,$$

$$\mathbf{x}_0^+ = \arg \min f^+(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in X_i.$$

Как можно заметить, границы неравенства (12) определяются как экстремальные значения границ интервала неопределенности критерия (рис. 3).

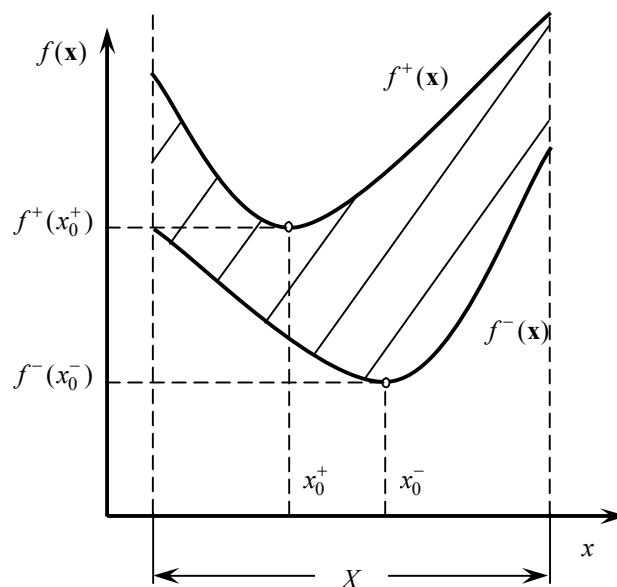


Рис 3. Пределы изменения экстремума в условиях интервальной неопределенности

Выбор модели критерия $f(\mathbf{x})$ внутри интервала зависит от специфики оптимизируемой системы и информации о виде функции.

Рассмотрим возможные варианты.

Максиминная модель (пессимистический подход). Когда необходимо обеспечить гарантированный результат, используется модель

$$\max_{f \in [f(\mathbf{x})]} \min_{\mathbf{x} \in X} f(\mathbf{x}).$$

Очевидно, что она ориентирована на наихудший случай, особенно, если в качестве допустимой области задано множество X_1 , и соответствует самым жестким ограничениям.

Миниминная модель (оптимистический подход). Другая экстремальная стратегия исследователя ориентирована на получение самого минимального значения критерия из всех возможных. Используемая при этом модель имеет вид

$$\min_{f \in [f(\mathbf{x})]} \min_{\mathbf{x} \in X} f(\mathbf{x}), \quad (13)$$

где в качестве допустимого множества X может быть взято любое из множеств $X_1, \dots, X_5$. Однако, учитывая, что X_4 отвечает наименее жестким ограничениям, его использование в задаче (13) обеспечивает минимально возможное значение критерия.

«Средняя» модель. При ее формировании ориентируются на промежуточную между двумя рассмотренными экстремальными некоторую усредненную ситуацию, например, принимая в качестве модели критерия функцию

$$\tilde{f}(\mathbf{x}) = 0.5(f^-(\mathbf{x}) + f^+(\mathbf{x})),$$

проходящую посередине между границами коридора $[f(\mathbf{x})]$. Детерминированный эквивалент задачи (1) при этом записывается в виде

$$\min_{\mathbf{x} \in X} \tilde{f}(\mathbf{x}).$$

Наиболее естественно при ориентации на средние условия в качестве допустимого множества использовать множество X_5 , построенное на основе «среднеинтервальных» значений параметров матрицы $[A]$ и вектора $[b]$.

Пример. Необходимо распределить капитал между инвестиционными проектами таким образом, чтобы получить максимальную прибыль. При этом риски инвестиций не должны превышать заданных величин [3].

В результате проведения оптимизационного ис-

следования получена следующая интервальная модель[3]:

$$F(\mathbf{x}) = D_1 x_1 + D_2 x_2,$$

$$R_1 x_1 + R_2 x_2 \leq R,$$

где D_1, D_2 – доходности первого и второго инвестиционных проектов; R_1, R_2 – количественные меры рисков первого и второго инвестиционных проектов; R – средневзвешенный допустимый риск; x_1, x_2 – долевые части капитала в каждом из проектов.

Задача оптимизации в этом случае имеет вид задачи интервального программирования

$$\max_{\mathbf{x}} ([8; 10]x_1 + [11; 12]x_2)$$

при условиях

$$[0.28; 0.30]x_1 + [0.39; 0.43]x_2 \leq 0.35,$$

$$0.8 \leq \sum_{i=1}^2 x_i \leq 1,$$

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad (i = 1, 2).$$

Учитывая, что неопределенность условий появляется только в левой части неравенств, можно получить следующие выражения для множеств X_1 («жесткие» ограничения), X_4 («мягкие» ограничения) и X_5 (ограничения в среднем):

$$X_1 = \begin{cases} 0 \leq x_i \leq 1 \\ 0.8 \leq (x_1 + x_2) \leq 1 \\ 0.3x_1 + 0.43x_2 \leq 0.35 \end{cases},$$

$$X_4 = \begin{cases} 0 \leq x_i \leq 1 \\ 0.8 \leq (x_1 + x_2) \leq 1 \\ 0.28x_1 + 0.39x_2 \leq 0.35 \end{cases},$$

$$X_5 = \begin{cases} 0 \leq x_i \leq 1 \\ 0.8 \leq (x_1 + x_2) \leq 1 \\ 0.29x_1 + 0.41x_2 \leq 0.35 \end{cases}.$$

Как и следовало ожидать, из указанных множеств X_1 – самое «узкое», X_4 – самое «широкое» из них, а X_5 – занимает промежуточное положение.

Если использовать модели критерия, введенные ранее, можно легко получить следующие результа-

ты:

максиминная модель

$$\min_{x \in X} f_a(x) = -10x_1 - 12x_2,$$

$$\min_{x \in X_1} f_a(x_{a1}) = -10.769, \quad x_{a1} = [0.615, 0.385],$$

$$\min_{x \in X_4} f_a(x_{a2}) = -11.27, \quad x_{a2} = [0.364, 0.636],$$

$$\min_{x \in X_5} f_a(x_{a3}) = -11, \quad x_{a3} = [0.5, 0.5];$$

миниминная модель

$$\min_{x \in X} f_b(x) = -8x_1 - 11x_2,$$

$$\min_{x \in X_1} f_b(x_{b1}) = -9.154, \quad x_{b1} = [0.615, 0.385],$$

$$\min_{x \in X_4} f_b(x_{b2}) = -9.909, \quad x_{b2} = [0.364, 0.636],$$

$$\min_{x \in X_5} f_b(x_{b3}) = -9.5, \quad x_{b3} = [0.5, 0.5];$$

модель критерия в среднем

$$\min_{x \in X} f_c(x) = -9x_1 - 11.5x_2,$$

$$\min_{x \in X_1} f_c(x_{c1}) = -9.962, \quad x_{c1} = [0.615, 0.385],$$

$$\min_{x \in X_4} f_c(x_{c2}) = -10.59, \quad x_{c2} = [0.364, 0.636],$$

$$\min_{x \in X_5} f_c(x_{c3}) = -10.25, \quad x_{c3} = [0.5, 0.5].$$

Выводы

Как видно из полученных результатов, различные подходы к построению эквивалентных детерминированных моделей позволяют получить оптимальные решения для граничных ситуаций. В процессе принятия управленческих решений руководителю зачастую приходится иметь дело с нечеткой информацией, которая с помощью может быть выражена в интервальной форме. Интервальный анализ позволяет оценить весь спектр оптимальных решений и в наглядной форме представить состояние исследуемой экономической системы.

Заключение

Рассмотренный подход к анализу оптимизационных интервальных моделей позволяет свести интервальную задачу к группе детерминированных, ре-

шение которых легко получить с помощью стандартных прикладных программ. Полученные оптимальные решения отражают стратегию исследования и могут быть использованы для анализа предельных состояний интервальных моделей.

Литература

1. Калмыков С.А., Шокин Ю.И., Юлдашев З.Х. Методы интервального анализа. – Новосибирск: Наука, 1986. – 222 с.
2. Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
3. Романенков Ю.А., Федоренко Н.М., Чумаченко И.В. Аналитический подход к управлению инвестициями // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Вип. 1. – Харків: ХВУ, 2003. – с. 88-91

Поступила в редакцию 23.09.2003 г.

Рецензент: Вартанян В.М., д-р. техн. наук, проф., АОЗТ "Авионика"

УДК 681.3

А.С. САДОВНИЧИЙ, А.В. ПОПОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина

МЕТОД ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются принципы системы имитационного моделирования. Предлагаются внутренние механизмы обработки, повышающие эффективность алгоритмов и точность результатов.

принятие решений, алгоритм, имитационное моделирование, управление, граф, производственная система

Принятие адекватных управленческих решений, учитывающих не только текущее состояние объекта производства, но и перспективы его развития, является важнейшей задачей руководителей всех уровней. Качество принимаемых решений во многом зависит не только от квалификации и опыта работы соответствующего менеджера, но и от наличия информации как о текущем, так и о прогнозируемом состоянии объекта управления.

На действующем производстве менеджеру необходимо иметь информацию о загрузке оборудования и временных затратах на выпуск той или иной продукции. Эти данные служат основанием для принятия решения о запуске нового заказа.

При проектировании нового производства портфель заказов обычно уже определен. Средства анализа производства позволяют заранее обнаружить проблемные места и внести коррективы в производственный процесс еще на этапе проектирования.

Существует несколько методов для анализа производственной системы (ПС). Один из наиболее распространенных – это метод сетевого планирования. Метод базируется на построении и анализе графа производственного процесса. Вершины графа отображают события, а вектора отображают длительность проведения работ. Математический аппарат метода сетевого планирования позволяет прогнозировать сроки работ (минимальные, максимально допустимые), а также загруженность средств производства.

Достоинствами этого метода являются: простота использования, наглядность, сравнительно простые вычисления. Недостатки этого метода в том, что с его помощью трудно проследить за состоянием производственной системы во времени. Кроме того, этот метод не позволяет анализировать систему имеющую неопределенности, а эти неопределенности возникают если нельзя точно определить продолжительность работы. Существенным недостатком также является невозможность проведения анализа производственной системы имеющей работы, выполняемые по условию, а также обратные связи.

В качестве альтернативы методу сетевого планирования в данной статье предлагается метод дискретно-событийного имитационного моделирования (ИМ). Метод ИМ позволяет проследить поведение ПС во времени при одновременном выполнении нескольких заказов. При использовании ИМ кроме предопределенных действий (обработка, сборка, складирование и т.д.) легко моделируются неопределенные действия: отказы оборудования, сбои в поставках, появление брака и т.д.

Метод ИМ предусматривает применение современной вычислительной техники, поскольку при его реализации необходимо одновременно, на протяжении всего процесса моделирования, просчитывать множество параметров ПС. Программное обеспечение, реализующее метод ИМ совместно с вычислительными средствами образуют систему имитационного моделирования (СИМ).

Реализацию метода ИМ целесообразно рассматривать с двух позиций: с позиции пользователя (менеджера) СИМ и программиста (разработчика).

С точки зрения пользователя для построения модели, как и при сетевом планировании, необходимо построить граф производственного процесса (ПП). Отличия в том, что в СИМ вершины графа – это сложные события (этапы работы) а вектора указывают на последовательность и взаимосвязь событий.

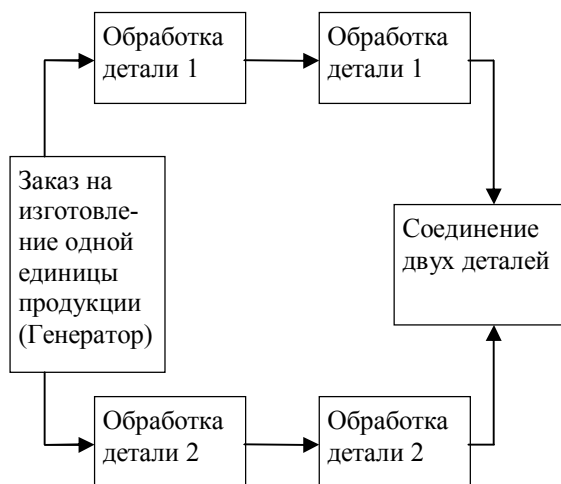


Рис. 1. Граф производственного процесса

Если при сетевом планировании граф должен иметь линейную структуру, то при ИМ вершины графа могут иметь нелинейные функции. Например, если деталь проходит обработку на «спутнике» или в таре, то по окончании обработки «спутник» должен вернуться в начальное состояние, т.е. возникает функция обратной связи.

Первым этапом построения графа является создание списка используемых устройств, в который заносится все оборудование производственной системы. Например, в этот список могут быть включены станки, транспортировочные устройства, сборочные столы (места сборки узлов, деталей) и т.п.

На рис. 1 изображен граф типового производственного процесса изготовления изделия.

В СИМ каждая вершина графа – это программа, которая может содержать константы, переменные, арифметические операторы и условия. Вершина может иметь несколько точек входа и выхода. За

каждой вершиной графа (работой) закрепляется одно или несколько устройств из списка.

Для приведенного примера вершина "Соединение двух деталей" будет выглядеть как указано в таблице 1.

Таблица 1

Описание вершины		
1	Название вершины (работы)	Соединение двух деталей
2	Устройство	Сборочный стол
3	Продолжительность работы (функция задержки)	$F()$, где $F()$ – функция распределения времени выполнения работы
4	Условия начала работы	На все входы вершины поступил запрос (логическое "И")

Время выполнения работы вычисляется методами статистического анализа, в результате чего выводится функция распределения времени.

Моделирование ситуаций

Основной элемент, над которым осуществляется контроль в СИМ – это заявка. Заявка имитирует продукцию, с приложенными к ней действиями, на всех стадиях технологического процесса. Для пользователя процесс моделирования выглядит как прохождение заявок по графу. При этом статистические данные, полученные в результате прохождения каждой вершины, собираются, обрабатываются и выдаются системой моделирования на монитор.

С точки зрения программиста (разработчика) СИМ внутреннее устройство СИМ можно представить в виде структуры изображенной на рис. 2.

Монитор в СИМ выполняет функции управления: следит за системным временем, обрабатывает заявки, изменяет статус устройств.

В данной структуре список будущих событий это очередь заявок, упорядоченных по времени выполнения.

Процесс моделирования в системе проходит следующим образом.

Перед началом моделирования СИМ анализирует все начальные события (генераторы). Для каждого генератора создается заявка, время начала вы-

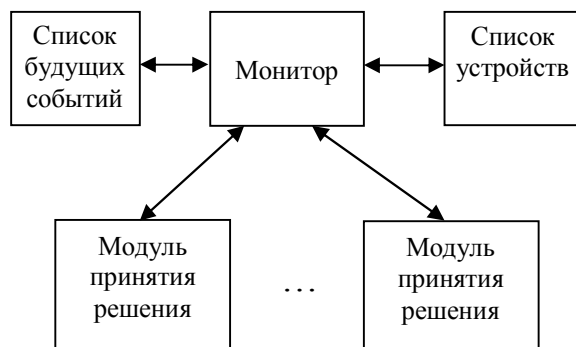


Рис. 2. Структурная схема СИМ с точки зрения программиста

полнения которой устанавливается в 0, и помещается в список будущих событий. Системное время устанавливается в 0.

Монитор в списке будущих событий находит все заявки с временем выполнения равным системному. Анализируя их, для каждой заявки выполняет следующие действия:

- если заявка связана с генератором, то создается новая заявка, время выполнения которой устанавливается согласно функции задержки и помещается в список будущих событий;
- если заявка закончила обрабатываться на устройстве, то для этого устройства снимается флаг занятости;
- согласно графу ПП определяется какие устройства будут обрабатывать текущую заявку. Если устройства не заняты, то для них устанавливается флаг занятости, а время выполнения заявки устанавливается согласно функции задержки. Если устройство занято, то время выполнения заявки увеличивается на величину, равную шагу времени моделирования.

Системное время увеличивается на один шаг, и обработка заявок в списке будущих событий начинается сначала.

При моделировании возможно возникновение следующей ситуации. Допустим граф ПП имеет вид представленный на рис. 3. В момент системного времени T имеет место привязка заявок и устройств к событиям, как показано на рис. 3. Время выполнения заявок 1..3 равно T .

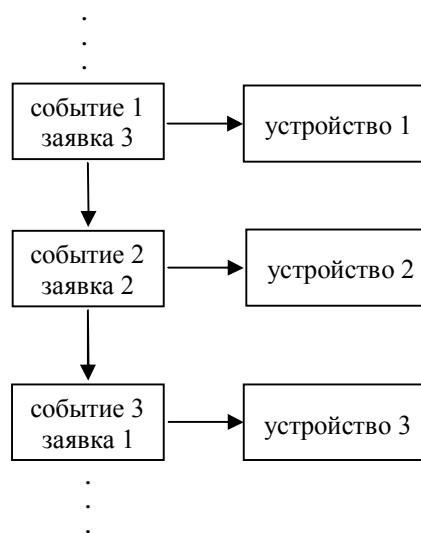


Рис. 3. Пример графа производственного процесса

Если система будет работать по приведенному выше алгоритму, то обнаружит, что настало время выполнения "заявки 3", следовательно она снимет флаг занятости с "устройства 1". Анализируя граф выявит, что "заявка 3" должна поступить на "устройство 2", но поскольку это устройство занято, то "заявка 3" будет помещена в список будущих событий с временем выполнения $T+\Delta t$, где Δt это величина шага системного времени. Аналогичное произойдет с "заявкой 2". "Заявка 1", освободив "устройство 3" поступит дальше на обработку.

Таким образом, видно, что заявки 3 и 2 поступят на обработку в устройства 2 и 3 в момент времени $T+\Delta t$, хотя реально была возможность поступить на обработку в момент времени T .

Для предотвращения такой ситуации необходимо изменить алгоритм работы системы: сделать его двухпроходным.

На первом проходе монитор должен только снимать флаг занятости с устройств, не убирая связь заявок с устройствами и событиями. А на втором проходе работать по описанной схеме. Увеличение системного времени должно происходить только после второго прохода. С учетом усовершенствованного алгоритма выше описанная ситуация будет моделироваться так:

На первом проходе монитор снимет флаг занятости с устройств 1, 2 и 3, поскольку настало время выполнения заявок 3, 2 и 1.

На втором проходе монитор анализируя граф выявит, что "заявка 3" должна поступить на "устройство 2", поскольку устройство свободно, "заявка 3" будет привязана к "событию 2" и "устройству 2". Аналогичные действия будут произведены с "заявкой 2". "Заявка 1" поступит дальше на обработку.

Моделирование отказов оборудования

СИМ позволяет моделировать отказы оборудования. Для этого в СИМ добавляются вершины, не входящие в граф, (генераторы) имитирующие время необходимое на ремонт оборудования. Момент срабатывания генератора (выдача команды в граф) вычисляется исходя из надежности оборудования или задается конкретно пользователем на основании статистических данных. Для заявок, создаваемых генератором, выставляется наибольший приоритет, с возможностью прерывания выполняемой работы (т.е. если устройство занято, то его работа прерывается и имитируются ремонтные работы).

Результаты моделирования отображаются в виде набора статистических данных по каждому заказу, работе, устройству.

- максимальное/среднее/минимальное время выполнения всего технологического процесса;
- процент загрузки каждого оборудования;
- затраты на простой оборудования (в том числе из-за планово-ремонтных работ);
- время простоя оборудования;
- время ожидания обслуживания и др.

Заключение

Разработанная система имитационного моделирования позволяет проводить анализ производственного процесса, моделирование отказов оборудования и одновременного выполнения нескольких заказов. Предложенные внутренние механизмы обработки заявок позволяют строить эффективные алгоритмы решения задач, связанных с моделированием и анализом сложных производственных сис-

тем, а также повысить точность получаемых результатов.

Литература

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высш. шк., 1998. – 319 с.
3. Шеннон Р. Дж. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
4. Вавилов А.А. Имитационное моделирование производственных систем. – М.: Техника, 1983. – 264 с.
5. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. – М.: Прогресс, 1971. – 384 с.
6. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. – 296 с.
7. Технология системного моделирования / Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
8. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя: Пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 538 с.
9. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.

Поступила в редакцию 26.09.03

Рецензент: д.т.н., профессор Федорович Олег Евгеньевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

УДК 681.322

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, А.С. ГУБКА*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АГРЕГАТНОЙ ЛИНИИ**

Рассматривается работа и характеристики линии монтажа и регулировки агрегатов. На основе графа событий имитационной модели динамики функционирования линии проводится моделирование работы линии с целью повышения ее производительности.

имитационное моделирование, автоматизированная линия, граф событий, модель линии, событие, условие взаимосвязи

Введение

В современных рыночных условиях Украины и стран СНГ наблюдается постепенный переход промышленных предприятий от плановой экономики к рыночной. В связи с этим портфель заказов предприятий динамично меняется, что требует переналадок оборудования и в частности автоматизированных линий. Для получения хороших результатов работы линий необходимо выявить возможности их работы под конкретный портфель заказов. С помощью имитационного моделирования такого рода задачи решаются эффективно и в кратчайшие сроки. Имитационные модели основаны на многократном воспроизведении последовательности операции в моделируемой системе с имитацией детерминированных и случайных воздействий и с последующей обработкой полученных статистических результатов, что дает возможность оценить искомые показатели системы как статистические характеристики по данным большого количества реализаций (проигрышей) работы моделей системы [1-4]. Имитационное моделирование позволяет учесть влияние большого числа случайных и детерминированных факторов, сложных зависимостей путем ввода в модель соответствующих элементов и операций [5].

Рассмотрим процесс моделирования на примере линии монтажа и регулировки агрегатов.

1 Формулирование проблемы

Технологический процесс монтажа и регулировки имеет существенные отличия от других технологических процессов. На линии основными и вспомогательными рабочими выполняются операции регулировки и монтажа агрегатов, поступающих на вход линии. Пронумеруем позиции линий от 1 до n . На каждой i -й позиции находятся m_i рабочих мест (РМ) и r_i вспомогательных рабочих мест для дополнительной регулировки неисправных агрегатов. Линия движется в соответствии с жестко заданным режимом (тактом) движения τ . По истечении времени, отведенного на операцию (такт линии) агрегат, если он отрегулирован, передается на следующую позицию, в противном случае - в буферный накопитель для дальнейшей регулировки на вспомогательных рабочих местах. По результатам обследования для каждой i -й операции (позиции) задается вероятность возникновения необходимости дополнительной регулировки B_i и верхняя t_i^B и нижняя t_i^H границы длительности дополнительной регулировки t_p . Каждая i -я позиция имеет два буферных накопителя: не отрегулированных (Q_{2i}) и отрегулированных (Q_{1i}) агрегатов. Накопитель Q_{1i} является входным для $(i+1)$ -ой позиции.

Моделирование динамики функционирования линии ведется по декадам. Каждая декада

Условие C6: накопитель Q_{1i} пуст;

Условие C7: агрегат поступил на последнюю позицию;

Условие C8: входной накопитель не пуст;

Условие C9: входной накопитель пуст.

Введем следующие обозначения:

IM - количество агрегатов на входе линии;

OUT - количество на выходе линии;

Вершинами графа служат следующие события:

Событие 1 (Генерация номера декады, определение внутрисменных простоев и поступление агрегатов на первую позицию).

Событие 2 (j) (Резервирование j -го РМ на первой позиции):

$$M(j)=1; IM=IM-1; MI(j)=2.$$

Событие 3 (j, i) (Определение необходимости дополнительной регулировки агрегата на j -м РМ i -й позиции): генерация P_j .

Событие 4 (j, i) (Помещение агрегата в очередь Q_{2i}):

$$Q_{2i}=Q_{2i}+1; M(j)=0.$$

Событие 5 (Ri, i) (Определение длительности дополнительной регулировки на Ri -ом вспомогательном РМ i -й позиции):

генерация t_r ; $M(Ri)=1$; $Q_{2i}=Q_{2i}-1$.

Событие 6 (Ri, i) (Окончание дополнительной регулировки):

$$M(Ri)=0; Q_{2i}=Q_{2i}+1.$$

Событие 7 (j, i) (Поступление занятого j -го РМ на $(i+1)$ -ю позицию):

$$MI(j)=MI(j)+1.$$

Событие 8 (j, i) (Выход агрегата):

$$OUT=OUT+1.$$

Событие 9 (j, i) (Возвращение j -го РМ на первую позицию).

Событие 10 (j, i) (Поступление свободного j -го РМ на $(i+1)$ -ю позицию):

$$MI(j)=MI(j)+1.$$

Событие 11 (j, i) (Резервирование j -го РМ на i -й позиции):

$$M(j)-1; Q_{1,i-1}=Q_{1,i-1}-1.$$

В модели можно выделить две условно-независимые части:

- в первой генерируются номера декад, длительность внутрисменных простоев и интенсивность подачи агрегатов на вход линии;

- во второй (рис. 1) реализуется движение рабочих мест на линии и регулировка агрегатов.

Для упрощения выделим отдельные ветви графа событий, моделирующие выполняемые на линии операции (рис. 2) и пронумеруем эти ветви римскими цифрами. Тогда граф событий примет вид, представленный на рис. 3.

Вершинами графа на рис. 3 служат следующие события:

Событие I (j) (Поступление j -го РМ на первую позицию).

Событие II (j) (Движение по линии свободного j -го РМ).

Событие III (j, i) (Поступление на i -ю позицию агрегата на j -м РМ и определение необходимости его дополнительной регулировки):

генерация: P_j ; $MI(j)=MI(j)+1$.

Событие IV (Ri, j) (Дополнительная регулировка агрегата на Ri -м вспомогательном РМ) $M(Ri)=1$.

Событие V (j) (Поступление j -го РМ на последнюю позицию).

Рассмотрим работу событийных модулей, реализующих имитационную модель.

В первом модуле происходит изменение номера декады, определение фонда рабочего времени текущей декады в тактах движения конвейера, запоминается количество выпущенных и в предыдущей декаде приборов и планируется возвращение в этот модуль по истечении продолжительности декады. По окончании месяца планируется переход в финишный модуль.

Во втором модуле в соответствии с ходом реального производства определяется время простоев в текущей декаде и на этот срок блокируется подача агрегатов. В третьем модуле

фиксируется окончание внутрисменного простоя, вычисляется плановый фонд рабочего времени до конца смены, планируется переход на второй модуль и на четвертый через нулевой промежуток времени.

В четвертом модуле планируется подача агрегатов во входной накопитель линии с заданной интенсивностью.

Пятый модуль соответствует вершине I графа на рис. 3. В этом модуле проверяется наличие агрегатов во входном накопителе. Если агрегаты есть, то один из них удаляется из накопителя, резервирует РМ на первой позиции, и планируется передача РМ на следующую позицию (модуль 7). В противном случае планируется передача свободного РМ на следующую позицию (модуль 6).

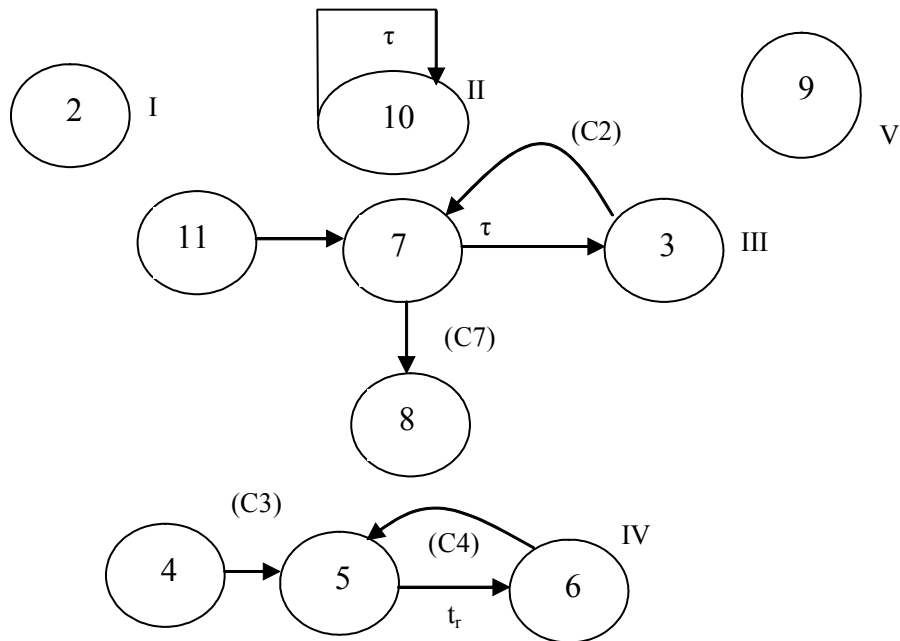


Рис. 2. Отдельные ветви графа событий модели линии

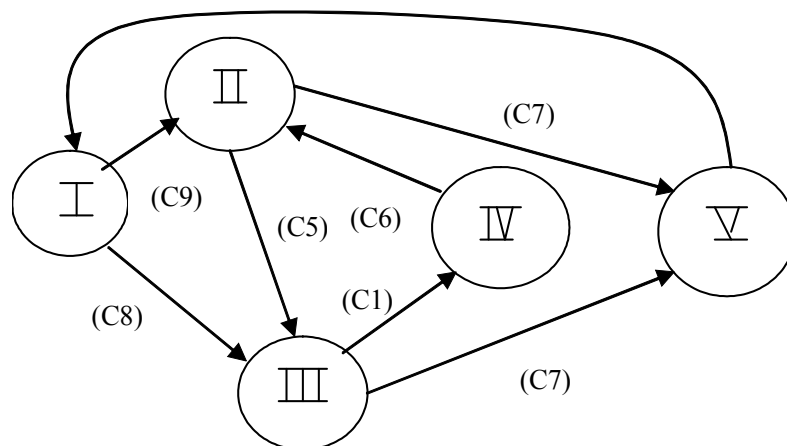


Рис. 3. Преобразованный граф событий

Шестой модуль соответствует вершине II графа на рис. 3. В этом модуле выполняется проверка наличия агрегатов во входном накопителе i -ой

позиции. Если агрегаты есть, то РМ резервируется и планируется переход на седьмой модуль; в противном случае свободное РМ передается на

$(i+1)$ -й модуль. Если эта позиция оказывается последней, то РМ возвращается в первую позицию, иначе – планируется возврат на шестой модуль через такт движения линии.

Седьмой модуль соответствует вершине III графа на рис. 3. В этом модуле разыгрывается КЗ – вероятность P_j необходимости дополнительной регулировки агрегата на i -й позиции. Если эта вероятность меньше заданной B_i , то агрегат помещается в выходной буфер позиции и планируется его дополнительная регулировка (восьмой модуль); в противном случае планируется передача агрегата на следующую позицию (возврат в седьмой модуль через такт движения линии). Если следующая позиция является последней, то планируется переход на десятый модуль.

Девятый и восьмой модуль соответствуют вершине IV графа на рис. 3. В восьмом модуле определяется номер свободного вспомогательного РМ на i -й позиции. Если такого РМ нет, то планируется переход на управляющий модуль, в противном случае РМ резервируется агрегатом из накопителя, разыгрывается время дополнительной регулировки t_r исходя из заданных пределов t_i^B , t_i^H и планируется переход на девятый модуль через время t_r .

В девятом модуле освобождается вспомогательное РМ на i -й позиции. Если в накопителе нет агрегатов, ожидающих дополнительной регулировки, то планируется переход на управляющий модуль; в противном случае освобожденное РМ резервируется агрегатом из накопителя Q_{2i} , разыгрывается время t_r его дополнительной регулировки и через это время планируется возврат в девятый модуль.

В десятом модуле поступивший на последнюю позицию агрегат помещается в выходной

накопитель линии, а освобожденное РМ передается на первую позицию (пятый модуль).

Одиннадцатый модуль предназначен для вывода результатов моделирования.

Заключение

В результате моделирования получаем следующие характеристики линии монтажа и регулировки агрегатов:

- общее количество выпущенных агрегатов и процент выполнения плана;
- количество выпущенных агрегатов по декадам месяца;
- средний интервал выхода готовых агрегатов;
- процент агрегатов, побывавших в дополнительной регулировке.

Литература

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
2. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем – М.: Высшая школа, 1998. – 319 с.
4. Технология системного моделирования / Под редакцией С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 520 с.
5. Бивер Д. Имитационное моделирование // Исследование операций. – М.: Мир, 1981. – С. 456 -584.

Поступила в редакцию 21.09.03

Рецензент: д.т.н., профессор, Левыкин Виктор Макарович, ХНУРЭ, Харьков

УДК 658.051.012

Е.А. ДРУЖИНИН¹, О.К. ГАБЧАК¹, А.А. СИОРА²¹*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*²*ЗАО «Радий», г. Кировоград, Украина*

ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

В данной работе предлагается системный подход к формированию устойчивой системы качества, через построение и рассмотрение систем качества, как на предприятиях, так и сертификационных центрах, формирование модели управления качеством на этапах жизненного цикла сложной техники и в процессе реализации данных этапов.

система качества, жизненный цикл, автоматизированная система управления качеством сложных изделий, корректирующие действия, организационная структура управления качеством

Введение

Одним из важнейших факторов роста эффективности производства является создание и поддержка устойчивой системы качества (УСК) продукции. В настоящий момент создание и поддержание высокого уровня производства высококачественных изделий затруднено рядом причин: выработка основных ресурсов предприятий, необходимость модернизации существующего оборудования и др. В промышленно развитых странах во многих фирмах и компаниях функционируют системы качества (СК), успешно обеспечивающие высокое качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции. В большей части эти системы аналогичны отечественным системам управления качеством продукции, но их отличие - значительная эффективность.

Состав и сущность СК регламентируется рядом международных стандартов. Наличие таких систем у изготовителей продукции является гарантией того, что данная техника отвечает требованиям надежности, ремонтопригодности и др. Поэтому потребитель при заключении контрактов требует проверки имеющейся у изготовителя системы обеспечения качества на соответствие её требованиям международных стандартов и выдвигаемым показателям качества (например, требованиям экологической

безопасности авиационной техники, безопасной эксплуатации автоматизированных систем управления объектов ядерной энергетики)

Исходя из вышесказанного, направление исследований данной работы, связано с разработкой моделей управления качеством проектов создания систем управления и контроля. Для чего необходимо: провести анализ существующих подходов управления качеством проектов; разработать формализованные системные модели процессов создания на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) с использованием языка регулярных схем системных моделей (РССМ); сформировать формализованное представление процессов управления качеством проектов в заданной организационной структуре СК предприятия; разработать методы формирования корректирующих действий, обеспечить возможность управления процессами УСК при рассогласовании на всех этапах ЖЦ как в рамках предприятия, так и в рамках контролирующих органов, которые сопровождают предприятия на всех этапах разработки и производства.

1 Развитие системного подхода к управлению качеством

На предприятиях Советского Союза системный подход начал применяться в 40-50-х годах, то есть

через 20 лет после организации отделов технического контроля продукции (ОТК). Характерными представителями системной организации работ считается:

- саратовская система бездефектного изготовления продукции и сдачи её ОТК и заказчику с первого предъявления. В основу системы был положен самоконтроль результатов труда непосредственно исполнителем;

- система КАНАРСПИ (качество, надёжность, ресурс с первых изделий), разработанная рядом проектно-конструкторских организаций Горьковской области. Система предусматривает постоянное взаимодействие между опытно-конструкторским бюро - разработчиком и заводом, осуществляющим серийное производство. Основная задача - выявление и устранение на предпроизводственной стадии и в процессе подготовки производства новых изделий, возможных причин дефектов;

- ярославская система НОРМ (научная организация работ по увеличению моторесурса), где планирование количественного показателя качества и его реализация осуществлялись на всех стадиях жизненного цикла продукции;

- рыбинская НОТПУ (научная организация труда, производства и управления) предусматривала количественную оценку уровня организации труда, производства и управления в рамках предприятия, отделов, цехов, участков;

- львовская комплексная система управления качеством продукции (КС УКП). Осуществлялась путём формирования функций и задач управления качеством, а также их тщательного и скоординированного распределения между органами управления предприятием.

В настоящее время наиболее передовой опыт в области качества продукции накоплен в разных фирмах промышленно развитых стран. При этом разработаны различные модели систем УКП. Наибольший интерес представляют модели Фейгенбаума,

Эттингера-Ситтига и Джурана. Модель Фейгенбаума, автора теории комплексного управления качества „TQM”, заложила основы контроля качества продукции. Голландскими учеными Дж. Ван Эттингером и Дж. Ситтигом разработана специальная область науки квалитетрия, позволяющая давать количественные оценки качественным характеристикам товара. Системная модель Эттингера-Ситтига, разработанная специалистами Европейской организации по контролю качества (ЕОКК), изображается кругом, разделённым на секторы (определённые этапы работы). Модель Джурана - это восходящая спираль, отображающая этапы непрерывного формирования и улучшения качества продукции [1].

На основе этих моделей детально разработаны системы управления и обеспечения качества продукции в Японии и США. В Японии, работы в области качества продукции развёртывались по более широкому использованию методов контроля качества продукции. Особое место занимают статистические методы контроля (Г. Тагути). В США большая часть воздействий носит, в основном, техническую и организационную направленность. Обеспечение качества осуществляет специализированный отдел управления качеством. Крайне серьёзное внимание в американских фирмах уделяют контролю качества продукции, который охватывает все стадии жизненного цикла продукции.

В настоящее время все разрабатываемые системы управления качеством предприятий Украины должны соответствовать установленным требованиям международных стандартов ISO 9000 версии 2000 года, которая состоит из четырех групп стандартов. Стандарт ISO 9001:2000 заменяет стандарты ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 версии 1994 года, и если ранее система качества рассматривалась как совокупность 20 элементов, часть из которых касалась только отдельных функций организации, а часть - всей организации, то в стандарте ISO 9001:2000 использован другой подход. Вся деятель-

ность, в рамках системы качества, рассматривается как сеть взаимосвязанных процессов. Требования стандарта к системам управления качеством разделены на четыре основные группы: "Ответственность руководства", "Управления ресурсами", "Процессы создания продукции и услуг", "Измерения, анализ и усовершенствования", которые связаны между собой, в непрерывный цикл усовершенствования.

В соответствии с имеющимся собственным и зарубежным опытом и действующими международными стандартами необходимо пересмотреть модель действующей системы управления качеством сложной техники.

2 Анализ обобщенной структуры устойчивой системы качества

Весь опыт проведения работ по решению проблемы качества продукции на предприятиях определил необходимость использования, при этом, системного подхода. Если представить обобщенную УСК, как системную модель, то она будет выглядеть как показано на рисунке 1.

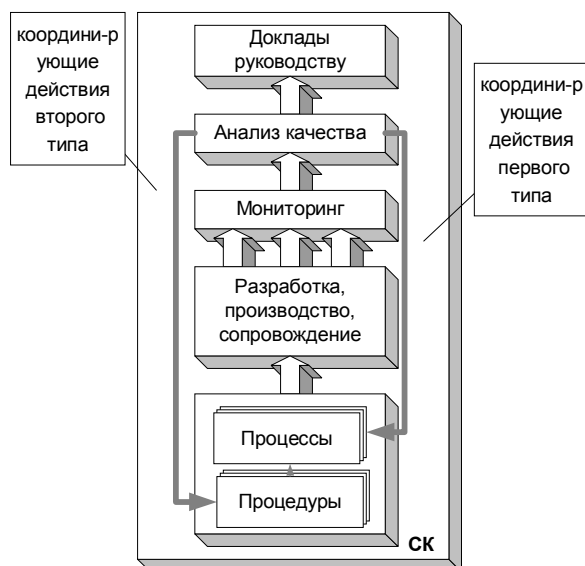


Рис. 1. Обобщенная модель УСК предприятия

Одной из важнейших задач УСК является целенаправленная координация действий всех внешних и внутренних элементов организационной структуры системы качества для достижения общей (гло-

бальной) цели. Глобальной целью системы качества – обеспечение разработки и производства объектов сложной техники, соответствующих заданным тактико-техническим и эксплуатационным характеристикам, требованиям к надежности и безопасности.

Вся деятельность в рамках системы качества рассматривается как сеть взаимосвязанных процессов, которые в свою очередь состоят из ряда процедур. Таким образом, объектом УСК является комплекс взаимосвязанных процедур и процессов на различных этапах жизненного цикла производства изделия, включая сопровождение и утилизацию.

Система должна обладать свойством мониторинга, который служит для постоянного наблюдения за результатами работ на всех этапах жизненного цикла изделия с целью сбора и систематизации. Ответственное лицо или организация (субъект УСК) должны осуществлять анализ выявленных несоответствий и их причин, производить разработку мероприятий по усовершенствованию процессов путем реализации корректирующих действий первого и второго типа: первый тип корректирующих действий – усовершенствование процессов, влияет на все процедуры, входящие в данный процесс; второй тип корректирующих действий – усовершенствование процедур.

Наличие обратных связей в системе обеспечивает устойчивость системы качества.

УСК будет обеспечиваться через управление ресурсами, в рамках организационной системы качества предприятия.

3 Формализация модели УСК

Для построения модели УСК, необходимо построить модель сети процессов (МСП). Так как данная модель включает большое количество работ с закрепленными за ними ресурсами, для анализа процессов необходимо формализовать данную структуру. Так же возникает проблема распределения работ, которые выполняются на данном пред-

приятии и вне их (государственные контролирующие органы, сертификационные центры). Для этого, в соответствии с правилами использования языка регулярных схем системных моделей (PCCSM) обозначим:

a_i - оператор, описывающий действия предприятия;

s_i - оператор, описывающий действия сертификационного центра;

u_i - оператор, описывающий действия государственных контролирующих органов.

МСП многоуровневая, верхний уровень составляют основные этапы жизненного цикла сложной техники. Базис операторов этапов ЖЦ включает подсистемы процедур:

1) A_1^{Sys} - проектирование (маркетинговые исследования $a_{1.1}^{UnSys}$, аванпроект $a_{1.2}^{UnSys}$, эскизное проектирование $a_{1.3}^{UnSys}$, макет $s_{1.4}^{UnSys}$, техническое проектирование $a_{1.5}^{UnSys}$, временное производство $a_{1.6}^{UnSys}$, сертификационно-заводские испытания $s_{1.7}^{UnSys}$, сертификационно контрольные испытания $u_{1.8}^{UnSys}$)

2) A_2^{Sys} - стадия производство (производство $a_{2.1}^{UnSys}$, эксплуатационных испытаний $a_{2.2}^{UnSys}$, конструкторского сопровождения $a_{2.3}^{UnSys}$)

3) A_3^{Sys} - эксплуатация (эксплуатация $a_{3.1}^{UnSys}$, сопровождение $a_{3.2}^{UnSys}$)

4) A_4^{Sys} - снятие с эксплуатации, утилизация.

Формализованная модель этапов и стадий ЖЦ сложной техники:

$$\begin{aligned} R_{-A}^{SSys} &= A_1^{Sys} \cdot A_2^{Sys} \cdot A_3^{Sys} \cdot A_4^{Sys} = \\ &= a_{1.1}^{UnSys} \cdot a_{1.2}^{UnSys} \cdot a_{1.3}^{UnSys} \cdot s_{1.4}^{UnSys} \cdot a_{1.5}^{UnSys} \cdot \\ &\cdot a_{1.6}^{UnSys} \cdot s_{1.7}^{UnSys} \cdot s_{1.8}^{UnSys} \cdot [a_{2.1}^{UnSys} \wedge \\ &\wedge a_{2.2}^{UnSys} \wedge a_{2.3}^{UnSys}] \cdot [a_{3.1}^{UnSys} \wedge a_{3.2}^{UnSys}] \cdot A_4^{Sys} \end{aligned} \quad (1)$$

Рассмотрим более подробно стадию технического проектирования. В соответствии со стандартами [2] эта стадия содержит следующие работы:

– определение окончательного конструкторского решения изделия $a_{1.5.1}$;

– выполнение расчетов, подтверждающих технико-экономические показатели и показатели надежности изделия $a_{1.5.2}$;

– выполняют необходимые функциональные и принципиальные схемы $a_{1.5.3}$, согласовывают с заказчиком или основным потребителем габаритные и посадочные размеры изделия $a_{1.5.4}$;

– проводят анализ конструкции изделия на технологичность в условиях производства, с учетом оборудования $a_{1.5.5}$, разработка методологического обеспечения $a_{1.5.6}$;

– выполняют при необходимости, дополнительное испытание макетов или экспериментальных образцов $s_{1.5.7}$, завершают разработку дизайн-эргономического и цветофактурного решения изделия $a_{1.5.8}$;

– проводят оценку изделия на соответствие требованиям эргономики, дизайна и технической эстетики $s_{1.5.9}$, требованиям к транспортировке, хранению, монтажу на месте его применения $s_{1.5.10}$, а также эксплуатационных возможностей $s_{1.5.11}$;

– выполняют проверку патентной ситуации и конкурентоспособности изделия $s_{1.5.12}$, обеспечения требований стандартизации и унификации изделия $s_{1.5.13}$, необходимость приобретения ПК и разработки новых приборов $a_{1.5.14}$, соответствия требованиям техники безопасности и производственной санитарии $a_{1.5.15}$;

– уточняют перечень работ, которые необходимо провести на стадии рабочей документации в дополнение к требованиям ТЗ $a_{1.5.16}$;

– определяют технический уровень изделия $u_{1.5.17}$.

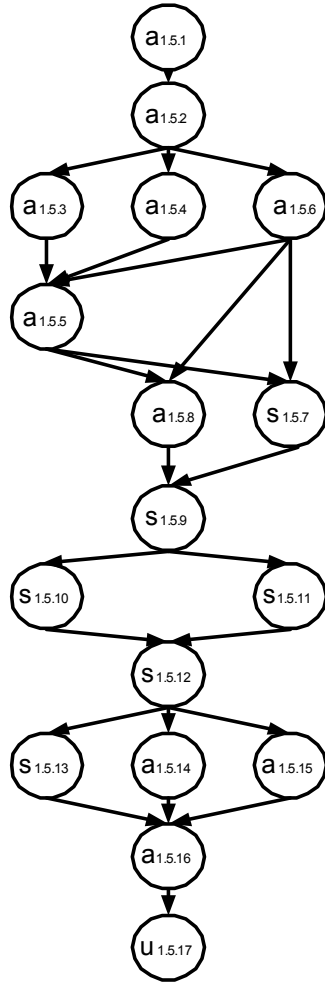


Рис. 2. Стадия технического проектирования

На рисунке 2 представлено графовое представление структурной модели работ стадии технического проектирования.

После формализации необходимо рассмотреть случаи несоответствия, их формализацию и модели управления разработкой в соответствии с типом несоответствия. Введем классификацию несоответствий в зависимости от изменений в конструкции изделий:

1) элементарное несоответствие - несоответствие, которое исправляется путем повторения от-

дельного технологического процесса или операции x_1 . В нашем примере данное несоответствие выявлено при проверке сертификационным центром соответствия требованиям эргономики $s_{1.5.9}$ и приводит к необходимости повторить работы по разработке дизайн-эргономического и цветофактурного решения $a_{1.5.8}$;

2) второстепенное - несоответствие, которое исправляется путем повторения всех работ в рамках одного этапа жизненного цикла x_2 . В примере данное несоответствие выявлено на этапе конструкторского сопровождения $a_{2.3}^{UnSys}$ и приводит к повторению всей стадии производства A_2^{Sys} ;

3) головное несоответствие - несоответствие, которое приводит к необходимости повторения всего процесса разработки, начиная с макетного образца x_3 . Например при выявлении ошибок на этапе сопровождения $a_{3.2}^{UnSys}$, появляется необходимость повторить все стадии ЖЦ, начиная с проектирования a_1^{Sys} .

Таким образом, формализованная модель несоответствий с учетом более детального рассмотрения стадии технического проектирования будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned}
 R_{-} A^{SSys} = x_3 \{ & A_1^{Sys} \bullet A_2^{Sys} \bullet A_3^{Sys} \}_{x_3} \bullet A_4^{Sys} = \\
 = & a_{1.1}^{UnSys} \bullet a_{1.2}^{UnSys} \bullet a_{1.3}^{UnSys} \bullet s_{1.4}^{UnSys} \bullet \\
 & \bullet a_{1.5.1} \bullet a_{1.5.2} \bullet [[a_{1.5.3} \wedge a_{1.5.4}] \bullet \\
 & \bullet a_{1.5.5}] \wedge a_{1.5.6}] \bullet^{x_1} \{ [s_{1.5.7} \wedge a_{1.5.8}] \bullet \\
 & \bullet s_{1.5.9} \}_{x_1} \bullet [s_{1.5.10} \wedge s_{1.5.11}] \bullet s_{1.5.12} \bullet \\
 & \bullet [s_{1.5.13} \wedge a_{1.5.14} \wedge a_{1.5.15}] \bullet a_{1.5.16} \bullet \\
 & \bullet u_{1.5.17} \bullet a_{1.6}^{UnSys} \bullet s_{1.7}^{UnSys} \bullet s_{1.8}^{UnSys} \bullet \\
 & \bullet x_2 \{ [a_{2.1}^{UnSys} \wedge a_{2.2}^{UnSys} \wedge a_{2.3}^{UnSys}] \}_{x_2} \bullet \\
 & \bullet [a_{3.1}^{UnSys} \wedge a_{3.2}^{UnSys}] \bullet A_4^{Sys}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Данные работы в системе качества распределяются по организационной структуре управления качеством. Организационная структура УСК пред-

приятия взаимодействует с организационными структурами государственных органов управления качеством, сертификационными центрами.

Рассмотрим организационную структуру управления качеством, традиционно сложившуюся на предприятиях [3]. Руководство назначает контролирующий орган, ответственный за систему качества предприятия (СК) (отдел либо руководитель в зависимости от предприятия), отдел контроля СК управляет следующими подразделениями:

- отдел технического контроля (ОТК), находящиеся в каждом цехе;
- испытательные стенды и лаборатории (ИСЛ);
- информационно-аналитическая служба (ИАС);
- патентно-лицензионная служба (ПЛС);
- метрологическая служба (МС).

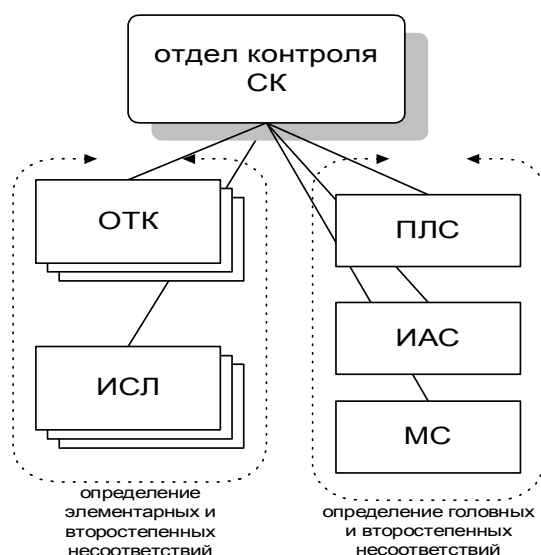


Рис. 3. Организационная структура управления качеством предприятия

Декомпозицию организационной структуры проводят до рабочих $OC_{i,j}$, а затем строится бинарное соответствие в виде списка, где за каждой работой $a_{m,l,k}$ закрепляется контролирующий орган:

$$\rho_{oc.a} = [OC_{i,j}, a_{m,l,k}] \quad (3)$$

Организация управления ресурсами происходит по следующим правилам. Рассмотрим элементарное несоответствие. Если несоответствия устраняются

путем повторения работы (процедуры), технологического процесса, необходимо провести корректирующие действия первого типа (замена, ремонт оборудования, оснастки, инструмента либо обучить, сделать предупреждения персоналу). Если несоответствия устраняются путем повторения технологического процесса, ЖЦ, он связан с ошибками и нарушениями технологии выполнения работ (методик), если не устраняются, необходимо просмотреть бизнес процессы поставки материалов. Если после этого несоответствия не устранены, скорее всего, это второстепенные изменения.

Заключение

Полученная МСП позволяет сформировать основу для автоматизированной системы управления качеством сложных изделий (АСУК СИ). Разбиение базиса операторов позволяет выделить объем работ, выполняемых предприятием и сертификационным центром, а соответственно ресурсы необходимые для данных работ, что формирует АСУК предприятий и сертификационных центров. Такой подход может применяться для всех сложных видов техники: авиационной техники, систем управления и контроля объектов ядерной энергетики и др.

Литература

1. Москалева Л.И. Системы управления качеством продукции. Зарубежный опыт - М.ВНИИКИ, 1992 – 68с.
2. ДСТУ 3974-2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Правила выполнения опытно-конструкторских работ. Общие положения. Держстандарт України. Київ. 2001
3. Гиссин В.И. Управление качеством продукции - Ростов на Дону. Феникс, 2000 – 256с.

Поступила в редакцию 12.10.03

Рецензент: доктор технических наук, профессор, Нефедов Леонид Иванович, ХНАДУ, г.Харьков

УДК 519.876.2

К.О. ЗАПАДНЯ, Т.Ф. МАНДРИЙЧУК*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ**

Статья посвящена решению задачи разработки модели анализа потоковых процессов в сложных распределенных технологических комплексах. Для исследования потоковых процессов и задач управления ими была разработана компьютерная имитационная модель, реализованная в интегрированной системе моделирования

потоковые процессы, технологический комплекс добычи, переработки и транспортировки нефти, моделирующие алгоритмы, система имитационного моделирования

Введение

Потоковые процессы в производственных системах характерны для распределенных технологических комплексов, таких как технологический комплекс добычи, переработки и транспортировки нефти (ТКДПТН). Для эффективного управления потоковыми процессами необходима интеграция отдельных технологических процессов, создание многоуровневых информационно-управляющих систем, с помощью которых можно осуществлять долгосрочное планирование и оперативное диспетчирование всей технологической цепи от поставщика до потребителей. Специфика таких комплексов заключается в непрерывном цикле работы и обслуживания техники, высоких эксплуатационных требованиях к используемому технологическому оборудованию.

В работе рассматривается новый класс моделей, которые могут более полно и достоверно с большой степенью адекватности описывать потоковые процессы производства с учетом возможных возмущений объективного и субъективного характера. Эффективным инструментом, позволяющим учесть влияние различных факторов и ситуаций, является системное имитационное моделирование. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой модели анализа потоковых процессов, для решения задач анализа и про-

гнозирования плановых показателей производства.

1 Особенности процессов управления ТКДПТН

ТКДПТН представляет собой сложную распределенную систему, состоящую из следующих основных объектов:

- месторождения в виде кустовых скважин, из которых добывается нефть;
- цех первичной переработки нефти (ЦППН);
- цех по предпродажной подготовке нефти (ЦПРПН);
- головная перекачивающая станция (ГПС);
- промежуточные перекачивающие станции (ППС);
- резервуарные парки (РП);
- наливные насосные станции (ННС);
- линейные участки трубопроводов.

Схема сооружений магистрального трубопровода показана на рис. 1. № 1 – головная перекачивающая станция; № 2 – промежуточная перекачивающая станция, совмещенная с наливной станцией; № 3, № 4 – промежуточные перекачивающие станции; 1 – резервуарный парк; 2 – нефтеперерабатывающий завод; 3 – наливная эстакада; 4 – наливная насосная; 5 – перекачивающая насосная.

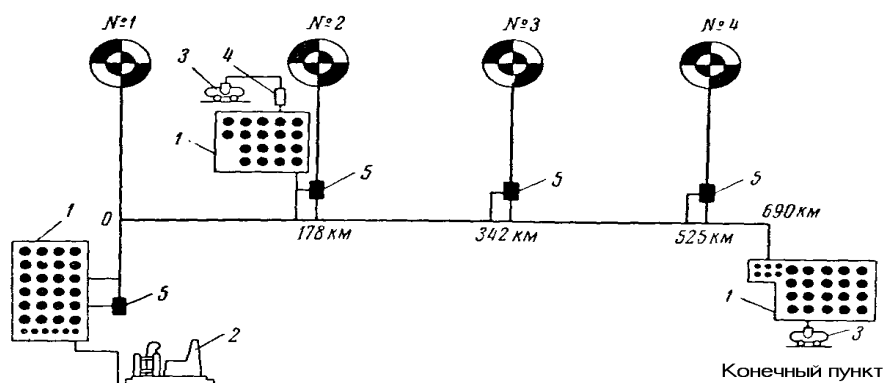


Рис. 1. Схема сооружений магистрального трубопровода

Для снижения стоимости строительства головные перекачивающие станции магистральных продуктопроводов и нефтепроводов размещают на площадках нефтеперерабатывающих заводов и установок подготовки нефти, вблизи резервуарных парков, что позволяет использовать (существующие) емкости, систему энергоснабжения, водоснабжения, канализации и другие подсобные сооружения.

Промежуточные станции размещают вдоль трассы, с учетом равномерного распределения давления по всем станциям трубопровода, с соблюдением требования о расположении площадок вблизи населенных пунктов, железных и шоссейных дорог, а также источников электро- и водоснабжения.

Перекачивающие и наливные станции в большинстве случаев размещают на общей площадке. Отдельные наливные станции сооружают только в случае, если их нельзя территориально совместить с другими объектами, что практически бывает редко.

На наливных станциях производится прием нефтепродуктов или нефти из магистрального трубопровода и налив их в железнодорожные цистерны или наливные суда. По составу сооружений и выполняемым технологическим операциям они идентичны крупным перевалочным нефтебазам. Единственным отличием являются имеющиеся на наливных станциях устройства для приема смеси последовательно перекачиваемых нефти или нефтепродуктов.

На магистральных нефтепроводах, оканчивающихся на нефтеперерабатывающих заводах, специальных конечных станций не имеется, и нефть передается непосредственно в резервуарный парк завода.

На магистральных трубопроводах, передающих нефть или нефтепродукт на головную станцию другого магистрального трубопровода, также не имеется специальных конечных станций, и передача производится в резервуары этой головной станции.

В настоящее время на большинстве действующих трубопроводов промежуточные станции имеют емкости. В то же время почти на всех вновь строящихся трубопроводах емкости на промежуточных станциях не предусматриваются. Это дает не только значительную экономию капиталовложений и эксплуатационных расходов, а также снижение потерь, но и уменьшает пожарную опасность станций.

Перекачивающие станции разделяются на головные и промежуточные.

Головные станции предназначены для приема нефти с установок по ее подготовке или нефтепродуктов с нефтеперерабатывающих заводов и перекачки их из емкости в магистральный трубопровод. В состав технологических сооружений головной станции входят: резервуарный парк, перекачивающая насосная с совмещенной или отдельной подпорной насосной, трубопроводы, установка фильтров.

Промежуточные станции служат для повыше-

ния давления перекачиваемой жидкости в магистральном трубопроводе. В состав технологических сооружений промежуточных станций входят: перекачивающая насосная, трубопроводы, установки фильтров, а в некоторых случаях еще и резервуары и подпорные насосные.

ТКДПТН в силу своих особенностей, основными из которых являются распределенность и большой перечень задач управления решаемых на различных уровнях иерархии, относится к классу систем, исследование, анализ и синтез которых невозможен без привлечения современных методологий проектирования и моделирования. При этом сам процесс добычи, переработки и транспортировки нефтепродуктов характеризуется большими энергозатратами, высокими эксплуатационными требованиями к используемому технологическому оборудованию, непрерывным циклом работы и обслуживания техники. Одним из основных направлений исследования при этом является анализ динамики поведения нефтекомплекса с учетом многочисленных возмущений объективного и субъективного характера.

При проектировании сложных распределенных систем различного назначения широко применяются методы математического моделирования, которые позволяют определить количественные и качественные характеристики проектируемой системы. В основном эти методы используются для структурно-функционального синтеза и анализа создаваемых систем, для сокращения лабораторных и натурных испытаний разрабатываемых систем с целью удешевления и ускорения процесса проектирования.

Во многих работах, связанных с формализацией знаний о создаваемой системе характерно описательное представление, алгоритмы поиска рациональных проектных решений, понятия состояний и ограничения. Ряд авторов на начальных этапах проектирования сложных систем предлагает применять логико-комбинаторные подходы к описанию знаний о проектируемом объекте. Ввиду того, что знания

зачастую носят не только количественный, но и качественный характер, многие авторы (О.И. Ларичев, А.Н. Борисов) используют для построения системы знаний методы нечетких множеств и отношений. Методы многокритериального синтеза используют Ю.А. Дубов, О.И. Ларичев и др. Также во многих работах используются методы теории принятия решений и эвристические методы.

Существующие в настоящий момент методы имитационного моделирования не позволяют описать с единых позиций все потоковые процессы, протекающие в ТКДПТН, и не используют методы промышленной логики. Поэтому предлагается подход, который обладает универсальностью в описании процессов управления ТКДПТН и высоким уровнем детализации при построении моделей.

2 Событийное имитационное моделирование процессов управления

Созданию имитационной модели предшествует этап обследования сложной системы, на котором формируют цели исследования, перечень характеристик, описание изменяемых переменных, алгоритмы функционирования системы. Сложная система в имитационной модели представляется как совокупность структурных элементов (узлов) и связей между ними, где каждому элементу соответствует программный модуль, в котором имитируется его работа. После определения элементов описываются связи, которые задают переходы между отдельными элементами, имитируя при этом потоки в системе. Имитация имеет своей основной целью моделирование динамики, т.е. изменения состояний элементов системы во времени.

При событийном моделировании сложной системы выделяют узловые моменты динамики в виде событий. Каждое событие выполняется мгновенно во времени, модельное время затрачивается только на переход от события к событию. Реализация событий во времени напоминает цепную реакцию: при

отработке любого события планируется одно или несколько последующих (будущих) событий. Для этого организуется список будущих событий. На каждом шаге моделирования обрабатывается одно событие E_j из упорядоченного по времени списка будущих событий. В начале моделирования список будущих событий содержит только начальное событие E_n (имеет время $T=0$) и конечное событие E_k . При выборке события значение переменной модельного времени T становится равным значению времени из списка. После выполнения действий, связанных с текущим событием, механизм управления осуществляет переход на следующее событие и т.д. Процесс продолжается до тех пор, пока из списка не будет выбрано конечное событие E_k , которое вызовет окончание работы системы моделирования.

Использование событийного моделирования предполагает наличие следующих основных компонент: список будущих событий (упорядоченный по времени); список устройств; список очередей; генераторы заявок; монитор, отслеживающий события. Для усиления адекватности модели и получения достаточно объективных и достоверных результатов необходимо подробное представление структуры и процессов, происходящих в технологическом комплексе, а также внешней среды.

3 Архитектура модели анализа ТКДПТН

Архитектура системы магистральных нефтепроводов в работе представлена как совокупность следующих основных множеств:

- S_M - множество поставщиков системы;
- S_C - множество потребителей системы;
- S_R - множество резервуарных парков системы;
- S_P - множество перекачивающих станций;
- S_O - множество наливных станций.

Элементами этих множеств являются соответственно: поставщик системы M , потребитель системы C , резервуарный парк системы R , перекачивающая станция P , наливная станция O .

Таким образом, имеется пять основных типовых структурных элементов системной имитационной модели. Этого вполне достаточно, поскольку они универсальны и служат основой для формирования более сложных групповых элементов, включающих два или несколько простых. Указанные выше множества, формирующие состав и структуру системы, находятся в определенных отношениях между собой (табл. 1).

Таблица 1

Отношения между основными множествами системы

Отображение	Связи	Значение
$M \Rightarrow P$	1-1	Поставщик передает нефть перекачивающей насосной станции (ПНС)
	N-1	Несколько поставщиков передают нефть ПНС
$P \Rightarrow P$	1-1	Одна ПНС перекачивает нефть другой ПНС
	1-N	Одна ПНС перекачивает нефть нескольким ПНС
	N-1	Несколько ПНС перекачивают нефть отдельной ПНС
$R \Rightarrow P$	1-1	Резервуарный парк установлен на станции
$O \Rightarrow R$	1-1	Наливная станция коммутируется с резервуарным парком
$C \Rightarrow O$	1-1	Потребитель подключен к отдельному порту наливной станции
	N-1	Несколько потребителей подключены к одному порту наливной станции
	1-N	Потребитель подключен к нескольким портам отгрузки

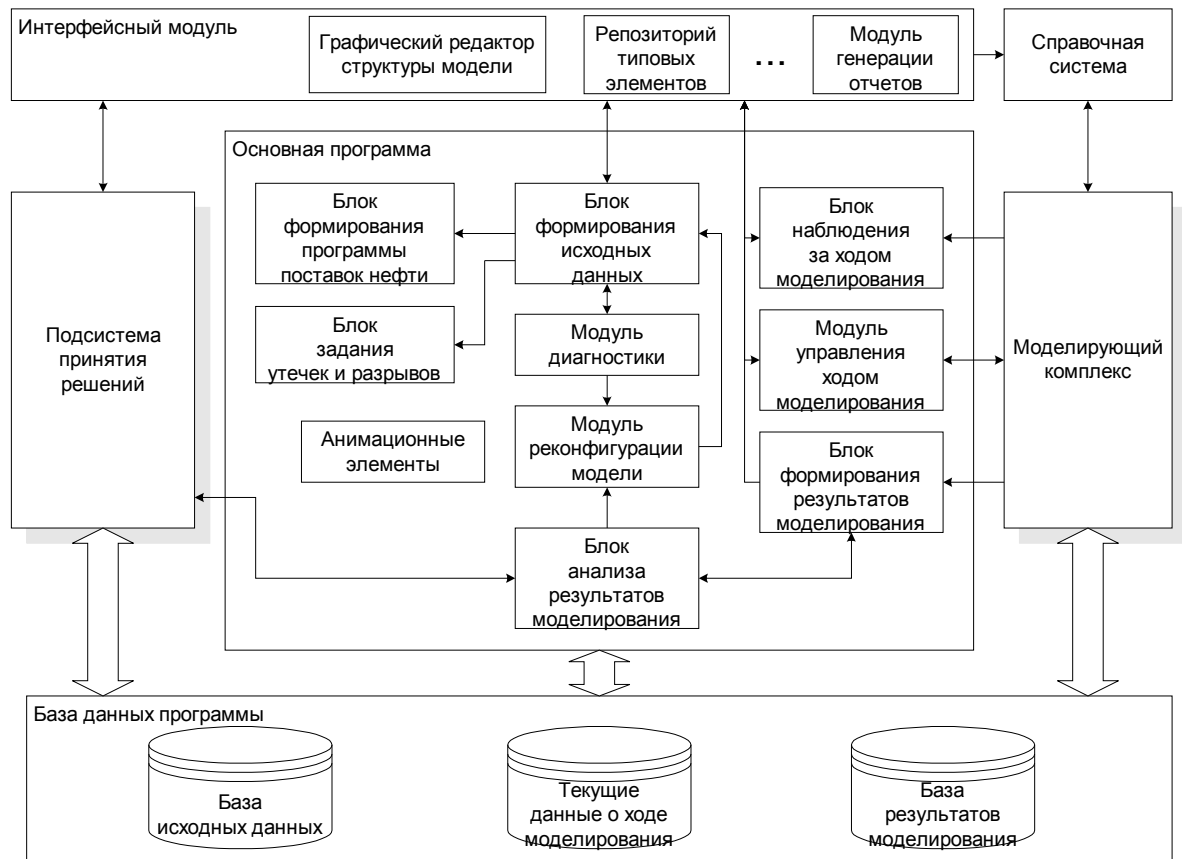


Рис. 2. Структура компьютерной системы моделирования

4 Структура компьютерной системы моделирования ТКДПН

Для исследования потоковых процессов и задач управления ими была разработана компьютерная имитационная модель, которая представляет собой интегрированную систему для быстрого создания интерактивных представлений сложных распределенных комплексов на примере нефтеперекачки и проведения вычислительных экспериментов с ними.

Реализация системной имитационной модели выполнена в виде программного комплекса (рис.2), состоящего из следующих основных компонент: интерфейсного модуля; библиотеки типовых элементов; графического редактора; моделирующего комплекса; подсистемы принятия решения (пред-

ставляющей собой отдельный программный продукт); блока формирования программы поставок нефти; блока автоматического задания утечек и разрывов; блока формирования исходных данных; модуля диагностики; модуля реконфигурации модели; модуля управления ходом моделирования; блока наблюдения за ходом моделирования; блока анализа результатов моделирования; базы данных программы; справочной системы.

Реализация программной модели осуществлена с помощью современной технологии объектно-ориентированного модульного программирования.

При использовании компьютерной системы моделирования разработка моделей осуществляется с использованием технологии визуального проектирования, которая включает в себя следующие этапы: разработка графической схемы имитационной модели, отражающей структуру технологического ком-

плекса; описание и параметризация модели; отладка модели; проведение имитационного эксперимента с моделью; сбор, обработка и интерпретация результатов моделирования.

Процедура сбора результатов моделирования предполагает запись их в базу данных, как в процессе, так и по завершению прогона модели. Процедура обработки результатов моделирования предполагает построение и исследование зависимости влияния одного или нескольких факторов на значения локальных и интегральных оценок. Обработка результатов может заключаться также в нахождении доверительных интервалов для локальных и интегральных оценок путем выполнения нескольких прогонов модели с различными параметрами модели. Процедура интерпретации результатов моделирования заключается в формулировке выводов о поведении технологического комплекса при различных сочетаниях входных параметров и их уровней, а также в оценке влияния его структуры или отдельных механизмов на значения контролируемых характеристик.

Заключение

Разработанная компьютерная имитационная модель потоковых процессов производства обеспечивает решение следующих задач: анализ выполнения основных плановых показателей добычи, транспортировки и продажи нефти с учетом возможных перебоев и срывов; анализ результатов управления запасами нефти и свободными емкостями резервуарных парков; рассматривать работу комплекса в краткосрочном и долгосрочном аспектах (прогнозирование наличия и объемов поставок нефти с учетом изменения характеристик месторождения); учет влияния основных аварийных ситуаций, изменение ценовой политики.

Таким образом, компьютерная система моделирования позволяет анализировать, прогнозировать и планировать сложные технологические комплексы с накоплением статистической информации и подго-

товкой данных для принятия решений по управлению потоковыми производственными процессами.

Литература

1. Федорович О.Е., Прохоров А.В., Рамирес Томас. Решение задач планирования и анализа программы развития предприятия с помощью системного моделирования // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*, Вип. 14. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т". – 1999, с. 190-194.
2. Прохоров А.В., Рамирес Томас. Системная модель анализа сложных технических комплексов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Вип. 20. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т". – 2000. – С. 122-126.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
4. Технология системного моделирования / Под ред. С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
5. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. – М.: Наука, 1987. – 142с.
6. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 302с.
7. Дубов Ю.А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. – М.: Наука, 1986. – 296с.

Поступила в редакцию 25.09.03

Рецензент: доктор техн. наук, профессор Федорович О.Е., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков

УДК 681.50

В.А. ПОПОВ

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

МОДЕЛИ СТРУКТУР СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ИХ КОМБИНАТОРНО-ГРУППОВОЙ АНАЛИЗ

Рассматривается модель сложной системы, выделяются структуры – производственная, управленческая и структура компьютерной системы, являющейся информационной поддержкой для системы управления. На основе теории перечисления Пойа предложены комбинаторно – групповые описания типовых структур с использованием теории графов и отображений множеств вершин в заданную номенклатуру некоторых элементов, из которых строится система.

сложная система, структура, группа подстановок, группа графа, перечисление классов эквивалентности

1. Постановка задачи

Проблема исследования технических, экономических и других систем на основе применения моделей сложных систем является актуальной, так как в настоящее время производственные и другие системы настолько усложнились, что без использования средств современного моделирования их анализ является явно недостаточным. В связи с этим возникают новые сложные задачи по разработке таких системных моделей, которые позволили бы на их основе строить частные модели в условиях учета главных факторов, существенно влияющих на эффективность процесса анализа и получаемые практически полезные результаты. [1-4].

Целью данной работы является разработка комбинаторно – группового подхода к анализу и оптимизации структур сложных систем или их фрагментов на основе системного представления на концептуальном уровне.

2. Представление сложной системы

Сложной системой (СС) называют объект из нескольких частей и связей между ними. Кроме того, всякий сложный объект характеризуется некоторым входом и выходом [1]. Например, какая-либо произ-

водственная система может быть представлена следующим образом (рис.1.):

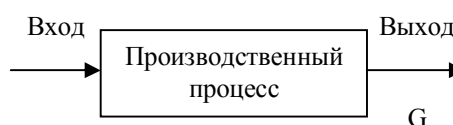


Рис. 1. Производственная система

Производственная система главным образом характеризуется основным производственным процессом, который реализуется с помощью основного производственного оборудования. На вход системы поступают сырье, материалы, полуфабрикаты, комплектующие, электроэнергия, газ, вода, деньги и т.п. Выходом такой системы является выпускаемая продукция, соответствующая потребителям существующего рынка. Таким образом, производственная система представляет собой систему, существующую в условиях окружающей среды G (государство, властные структуры, банки и др.).

Кроме этих двух составляющих, обязательной является и административная система управления (СУ) предприятием, которая предназначена для организации всех работ по переработке всех входных данных в выход системы. Эту систему управления можно разбить на две части: основной процесс управления и основные (или главные) исполнители

(люди, персонал). Для осуществления поддержки этой СУ создается информационная управляющая система (ИУС), которая берет на себя определенную часть функций *административной системы управления*. Эту систему можно представить в виде двух процессов: основной информационный процесс и сетевое оборудование.

На основе вышеизложенного возникают важные задачи оптимального построения системы. Одним из методов решения данной задачи является применение *комбинаторно-группового анализа* (КГА) для структуры всей системы в целом или её отдельных фрагментов как основы альтернативного проектирования.

3. Алгоритм комбинаторно-группового анализа (КГА)

Представим алгоритм КГА в виде следующей последовательности действий.

анализ объекта, выявления наиболее важных его свойств и построение структуры объекта, его составных частей с учетом простейшего описания функционирования объекта (т.е. в нашем случае главное внимание уделяется структуре объекта или ее фрагментам);

представление обобщенного словесного описания структуры анализируемого объекта и затем описание ее в виде графа определенной конфигурации $\Gamma(N, L)$, где N – множество вершин, означающих соответствующие элементы анализируемого объекта, а L – множество ребер графа, означающих связи между элементами объекта;

формулирование общей постановки задачи на комбинаторно-групповой анализ;

выявление цели анализа, а так же условий и дополнительных требований для проведения КГА;

выделение двух основных задач КГА.

Первая задача – перечисление графов на основе исходного графа для выбранной структуры по некоторому принципу для выявления множества воз-

можных способов построения объекта и обоснования наиболее рациональной структуры объекта (т.е. набора элементов и связей между ними).

Вторая задача КГА строится на основе заданного графа $\Gamma(N, L)$. В этом случае совокупность вершин графа представляет собой исходное множество элементов D , которые отображаются в некоторое другое множество R . На основе отображения множества D в R ($D \rightarrow R$) можно находить классы эквивалентности (КЭ) (т.е. находить число $K_{кэ}$ и проводить генерацию представителей этих классов).

Таким образом, задачу КГА сложной системы оказалось возможным свести к задаче определения классов эквивалентности при наличии исходного множества D (т.е. множества вершин графа) и заданного множества R , при этом множество D представляет собой множество мест системы, на которые могут быть выбраны элементы из множества R (т.е. множество R – множество возможных элементов для построения анализируемой системы).

Данная задача может решаться на основе первой модели Пойа, когда имеем группу подстановок на множестве D , для которой находим цикловой индекс и подставляем мощность множества R вместо переменных циклового индекса, что дает количество классов эквивалентности для однозначного отображения $D \rightarrow R$;

$K_{кэ} = Z(H_D, x_i = |R|)$ – число классов эквивалентности, $Z(H_D)$ – цикловой индекс группы H_D .

При использовании второй модели заданы группы (H_D, H_R) соответственно на множества 2-й D и R . Эта модель работает для взаимнооднозначных отображений D в R при $|D| < |R|$, где $|D|$ и $|R|$ – мощности множеств D и R соответственно. Третья модель работает так же, как и вторая модель, но для случая $|D| = |R|$. В случае четвертой модели величина $|D|$ имеет значение как большее, так и меньшее, чем $|R|$, а так же равное ему, т.е. $|D| \leq |R|$ (здесь находится общее число классов эквивалентности).

При проведении КГА большое значение имеет правильное обоснование и постановка задачи с учетом особенностей предметной области. Это проявляется в использовании той или иной группы подстановок, группы графа или композиции групп. Особое значение имеет интерпретация получаемых результатов (классы эквивалентности, их представители, перечисляющие многочлен для графов и для отображения вершин графа D в некоторое множество R и др.). Полезным может оказаться проверка результатов КГА с помощью известных формул комбинаторики и приемов технической интерпретации.

Рассмотрим основные типы структур и их КГА.

4. Комбинаторно – групповые характеристики типовых структур

4.1. Радиальная структура (рис. 2)

Примером такой структуры можно считать клиент-серверную сеть, когда на первом (верхнем) уровне находится сервер, а на втором – ПК рабочих мест.

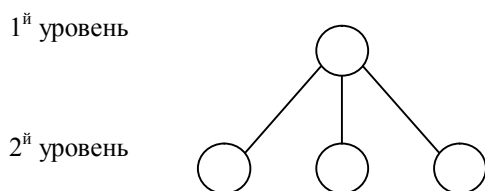


Рис. 2. Радиальная структура

Множество вершин данного графа представляет собой места для постановки в них определенных элементов, например:

$R_1 = (\bullet, \otimes, \oplus)$ – можно поставить один из трех серверов на первом уровне.

$R_2 = (\alpha, \beta, \gamma)$ – на второй уровень можно поставить один из трех разных компьютеров.

Для построения группы графа выберем следующие условия:

1) Сверху стоит элемент самостоятельного значения, который может иметь свои собственные модификации, характеризующиеся множеством R_1 .

2) Нижний уровень характеризуется тем, что здесь вершины или элементы графа считаются равноправными, для чего используется симметрическая группа S_p , где p – число элементов нижнего уровня.

3) Два вышеуказанных условия позволяют нам записать следующую группу графа:

- тождественная группа E_1 – на первом уровне;
- симметрическая группа S_p – на втором уровне.

Тогда получим $H_G = E_1(1) + S_p(2)$ – группу графа радиальной структуры, где p – число элементов на нижнем уровне, степень симметрической группы, H_G – полная группа графа, равная сумме отдельных групп подграфов.

Для решения задачи определения K_{K3} необходимо найти цикловой индекс графа, который в данном случае определяется так:

$$K_{K3} = Z(H_G, x_i = (R)) = Z(E_1(1)) \cdot Z(S_p(2)),$$

где 1 и 2 являются указателями уровня, т.к. вместо них будут подставлены элементы множеств R_1 и R_2 соответственно.

По первой модели Пойа найдем K_{K3} :

$$K_{K3} = Z(H_G) = Z(E_1(1)) \cdot Z(S_p(2)) = x_1(1) \cdot \frac{1}{2}(x_1^2 + x_2) = 3 \cdot \frac{1}{2}(9 + 3) = 6 \cdot 3 = 18$$

Если на множество R ввести соответствующую группу H_R , то можно использовать *вторую, третью и четвертую модели перечисления* [2].

4.2. Древоподобная структура (рис. 3.)

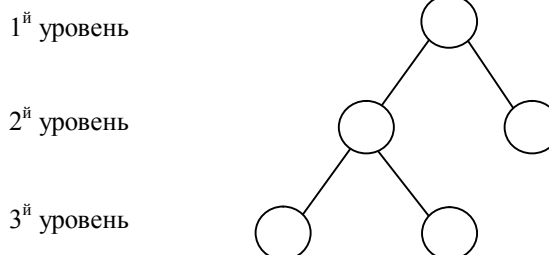


Рис. 3. Древоподобная структура

Для заданного случая зададим группу графа в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_r = S_1 + S_1 + S_1 + S_2 - \text{группа графа, состоящая из композиции симметрических групп,} \\ H_r = E_5 - \text{тождественная группа на множестве } R, \end{array} \right.$$

$Z(H_r) = x_1^5$ - цикловой индекс тождественной группы.

Цикловой индекс группы графа равен:

$$Z(H_r) = x_1(1) \cdot x_1(2) \cdot x_1(2) \cdot \frac{1}{2}(x_1^2 + x_2), \quad \text{так}$$

как сумма групп дает произведение их цикловых индексов.

Для получения ЦИ классов эквивалентности необходимо построить по *третьей модели* оператор дифференцирования на основе группы H_r и взять производную на основе циклового индекса $Z(H_r)$.

$$Z(H_r) = \frac{1}{2}(x_1^5 + x_1^3 \cdot x_2), \quad Z(H_r) = Z_1^5,$$

$$K_{\text{кз}} \frac{5!}{2} = 60 \quad (\text{здесь взята пятая производная от функции } Z(H_r)).$$

4.3. Итеративная структура (рис. 4)

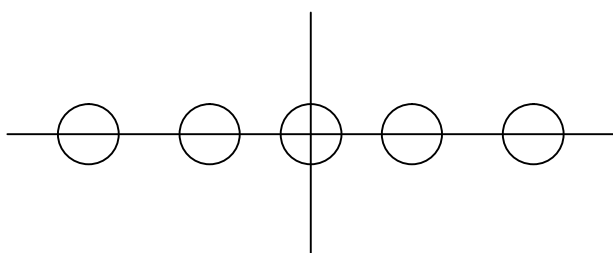


Рис. 4. Итеративная структура

Группа графа для структуры с центром:

$$H_r = E_1 + S_2 \left[E_{\frac{p-1}{2}} \right],$$

где p - число всех элементов графа.

Например, для двух ветвей с центром $H_r = E_1 + S_2[E_2]$, где $S_2[E_2]$ - группа Кранца (композиционная группа).

Распишем группу Кранца:

$$Z(E_2) = x_1^2;$$

$$Z(S_2) = \frac{1}{2}(x_1^2 + x_2);$$

Сделаем замену переменных в $Z(S_2)$ («х» на «у»), вместо переменных «у₁» подставим все выражение циклового индекса группы справа, а для «у₂» сделаем подстановку всего выражения циклового индекса группы справа (в квадратных скобках), но с индексами переменных в два раза больше, что дает:

$$\frac{1}{2}(y_1^2 + y_2) \Rightarrow Z(H_r) = x_1 \cdot \frac{1}{2}((x_1^2)^2 + x_2^2)$$

Имея цикловой индекс для итеративной структуры, можно решать задачи с использованием моделей 1, 2, 3 и 4, только для моделей 2, 3 и 4 необходимо иметь соответствующую группу подстановок для множества элементов R .

При наличии центра можно записать общий вид группа графа $H_r = E_1 + S_n[E_m]$ или без центра $H_r = S_n[E_m]$, где n - число ветвей, m - число элементов на ветви.

4.4. Радиально-кольцевая структура (рис.5,6,7)

Для изображенной на Рис. 5 структуры группа графа без центра $H_r = S_3[S_1 + S_2]$.

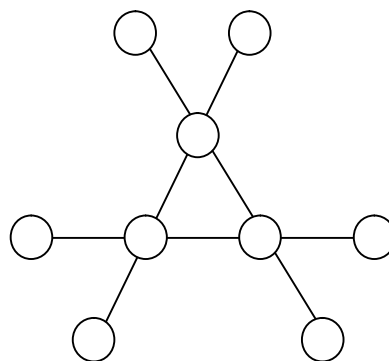


Рис. 5. Радиально - кольцевая структура первого типа

Для общего случая можно записать $H_r = S_m [S_1 + S_2]$, где m – число локальных ветвей структуры.

При наличии центра получаем структуру второго типа (Рис. 6) $H_r = E_1 + S_2 [E_1 + S_2]$.

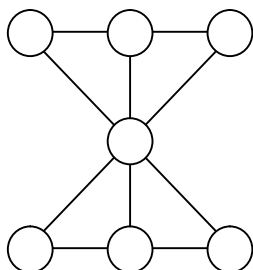


Рис. 6. Радиально – кольцевая структура второго типа

В общем случае для структуры с центром можно записать $H_r = E_1 + S_m [E_1 + S_2]$, где m – число всех ветвей структуры (графа).

Для структуры третьего типа $H_r = E_2 + S_2 + S_2$

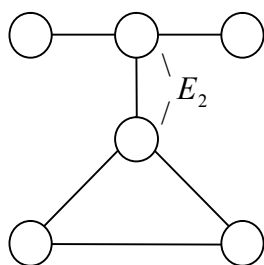


Рис. 7. Радиально – кольцевая структура третьего типа

В данном случае группа H_r строится как сумма (композиция) всех групп фрагментов системы.

5. Заключение

Таким образом, выделяя из сложной системы структурные описания в целом или для ее фрагментов, можно обосновано сформулировать задачу комбинаторно – группового анализа, что дает возможность выявить и построить варианты структур. Дальнейший анализ связан с привлечением методов выбора наиболее эффективных вариантов с позиции применяемого критерия.

Литература

1. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. — М: Мир, 1973. — 375с.
2. Н. Дж. Де Брейн. Теория перечисления Пойа // Прикладная комбинаторная математика. Под ред. Э. Беккенбаха. — М.: Мир, 1968. - С. 61–106.
3. Ф. Харари. Комбинаторные задачи перечисления графов // Прикладная комбинаторная математика. Под ред. Э. Беккенбаха. — М.: Мир, 1968. - С. 107–140.
4. Харари Ф. Пальмер Э. Перечисление графов. — М., 1977. — 387 с.

Поступила в редакцию: 11.08.03

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Жихарев В.Я., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

УДК 629.7.002

Вирішення проблеми створення авіаконструкцій з полімерних композиційних матеріалів на АНТК «Антонов» /В.Г. Бондар, С.А. Бичков, В.М. Король// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 5-13.

Наведено результати реалізації основних принципів і правил проектування технологічних процесів виготовлення виробів із полімерних композиційних матеріалів при створенні літаків на АНТК «Антонов».

Іл. 4. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 004.78

Проблеми розробки мультиагентної інтелектуальної інтегрованої системи підтримки прийняття рішень і авіаційному виробництві /І.В. Шостак, Л.О. Гордієнко, О.П. Киричук, О.С. Топал// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 14-22.

Розглянуто підходи до створення виробничих систем штучного інтелекту на основі використання квантового підходу до подання знань та мультиагентної технології. Результати досліджень проілюстровано на прикладі підтримки прийняття рішень щодо технологічної підготовки авіаційного виробництва.

Іл. 5. Бібліогр.: 8 назв.

УДК 621.396.962

Бістатичний радіометр для спостереження поверхні Землі з високою розподільністю /О.П. Верешак, В.В. Пискордж// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 23-30. Представлено нову концепцію побудови розміщеного на двох супутниках РСДБ радіометра для отримання двомірного зображення поверхні Землі з космосу. Можливості цього інструменту визначені у термінах кутової/ просторової розподільної здатності та чутливості. Наведений ілюстративний приклад бістатичного радіометра L – діапазону.

Іл. 1. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 621.436

Теоретичне дослідження імпульсного ежектора як пристрою збільшення тяги авіаційного двигуна /Ф.О. Слободкіна, А.В. Євтюхін// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 31-34. Запропоновано математичну модель, яка відбиває течію в ежекторі з пульсуючим активним струменем. Проведено аналіз параметрів, які управляють процесом в каналі ежектора з пульсуючим активним струменем. Розроблено відповідний комплекс алгоритмів та програм.

Іл. 3. Бібліогр.: 3 назв.

УДК 658.2

Основні напрями наукомістких розробок високотехнологічної продукції АТ «Авіоніка» та

UDC 629.7.002

Decision of the problem of creation of air designs from polymeric composite materials on ASTC “Antonov” /V.G. Bondar, S.A. Bychkov, V.N. Korol// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 5-13.

Given the results of realization of main designing principles and rules of producing articles of polymer composite materials when creating ASTC “Antonov” airplanes.

Fig. 4. Ref.: 6 items.

UDC 004.78

Problems in development of multiagent intellectual integrated system for making decision in aviation manufacture / I.V. Shostak, L.A. Gordienko, E.P. Kyrychuk, A.S. Topal// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 14-22.

The approaches for artificial intelligence industrial systems creation based on quantum approach for knowledge representation and multiagent technology are considered. Research results for decision making in technological preparation of aircraft manufacturing are illustrated.

Fig. 5. Ref.: 8 items.

UDC 621.396.962

Bistatic radiometer for the supervision of the surface of the ground with high resolution /A.P. Vereshak, V.V. Piskorz// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 23-30.

This paper presents the new concept of a two-satellite VLBI radiometer for 2-D imaging from space. The performances of this instrument is evaluated in terms of angular/spatial resolution and radiometric sensitivity. The L-band bistatic radiometer illustrative example is presented.

Fig. 1. Ref.: 6 items.

UDC 621.436

The theoretical research of the pulse ejector as the device of the increasing of the draft of the aviation engine /F.A. Slobodkina, A.V. Evtukhin// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 31-34. A mathematical model describing flow in the ejector with a pulse active jet is proposed. The parameters controlling the process in the ejector channel with the pulse active jet have been analyzed. The necessary set of algorithms and programs has been developed.

Fig. 3. Ref.: 3 items.

UDC 658.2

Basic directions of the high technology development of hi-tech production of «Avionica» «Avia-

БАТ «Авіаконтроль» /Г.Г. Кахраманов, Ю.І. Мілушин, В.М. Выборнов// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 35-38.

Розглянуто питання забезпечення економічної ефективності діяльності вузькоспеціалізованих підприємств. На конкретних прикладах показано досягнення конкурентоспроможності шляхом застосування нових технічних рішень в області створення бортового обладнання літальних апаратів та удосконалення його експлуатаційно-технічних характеристик.

Табл. 1. Бібліогр.: 2 назв.

УДК 338.244

Корпоративна система керування проектами в проектно-орієнтованих організаціях /В.І. Польшаков, В.І. Польшаков // Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 39-43.

Запропоновано концептуальну схему корпоративної системи управління портфелем проектів у проектно-орієнтованій організації. Розглянуто задачі інтегрованої адаптивної системи керування проектами. Викладено технологію створення адаптивної інформаційно-керуючої системи. Викладено методику корпоративної системи управління проектами. Розглянуто бюджетування проектів.

Іл. 4. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 65.001

Моделі та технології вибору і розміщення офісної меблі при управлінні проектом створення учбової комп'ютерної лабораторії ВНЗу /Л.І. Нефедов, В.Д. Сахацький, Т.В. Плузіна// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 44-48.

Розглядається проблема вибору офісних меблів та технології їхнього розміщення при управлінні проектом створення навчальної комп'ютерної лабораторії ВНЗу. Розроблено моделі вибору і розміщення офісних меблів, що у залежності від функціонального призначення проектованої лабораторії, дозволяють підібрати ефективний комплект офісних меблів та розмістити його, що забезпечує високу якість навчального процесу і науково-дослідну діяльність.

Іл. 4. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 338.244

Earned Value - інструмент и філософія управління проектами /Ю.М. Плахов, Ю.А. Назаренко// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 49-55.

Описано переваги та основні вигоди застосування методу керування ІТ-проектом по заробленій вартості. Проведено аналіз відповідності описаного методу ключовим елементам практики Моделі технологічної зрілості організації-розробника програмного забезпечення SEI CMM.

Табл. 1. Іл. 4. Бібліогр.: 4 назв.

kontrol/G.G. Kakhramanov, Y.Y. Mylushin, V.N. Vybornov// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 35-38.

Questions of maintenance of efficiency of activity of narrowly specialized enterprises are considered. On examples achievement of competitiveness is shown by use of new technical decisions in the field of creation of the onboard equipment of flying devices and perfection of his(its) ekspluatatsionno-characteristics.

Tabl. 1. Ref.: 2 items.

UDC 338.244

Corporate control system by a portfolio of projects in design - guided organization /V.I. Polshakov, I.V. Polshakov// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 39-43.

The conceptual circuit of a corporate control system by a portfolio of projects in design - guided organization is offered. Tasks of the integrated adaptive control system of project system are considered. The technology of creation of adaptive information-managing system is stated. The technique of introduction of a corporate control system is stated to projects. The question of budgeting of projects is considered.

Fig. 4. Ref.: 4 items.

UDC 65.001

Models and technologies of choice and accommodation of office furniture at management of the project of creation of educational computer laboratory of high school /L.I. Nefedov, V.D. Sakhazkiy, T.V. Plugina// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 44-48.

The problem of choice of office furniture and technology of accommodation for management of the project of creation of educational computer laboratory of high SCHOOL has been considered. The models of choice and accommodation of office furniture represented which depending on a functionality of designed laboratory, allow to select an effective complex of means ensuring educational process and research activity.

Fig. 4. Ref.: 5 items.

UDC 338.244

Earned Value – the tool an philosophy of management of projects /Y.M. Plakhov, Y.A. Nazarenko// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 49-55.

This article introduces strength and benefits of Earned Value based Method (EVM) for managing IT Projects. The results of EVM compliance assessment against SEI CMM Key Practices are briefly explained as well.

Tabl. 1. Fig. 4. Ref.: 4 items.

УДК 681.3

Ідентифікація проектних ризиків на етапі планування /М. О. Латкін, Т.І. Бондарева, А.Р. Емад// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2003. № 8. С. 56-59.

В статті розглянуто проблеми прийняття рішень при плануванні та управлінні проектом в умовах невизначеності і ризику. Запропоновано ідентифікація ризиків на етапі планування проекту, місце виникнення, причини та наслідки. Це дозволяє провести якісний та кількісний аналіз основних проектних ризиків, передбачити заходи їх нейтралізації, контролювати ризики у ході виконання проекту.

Табл. 1. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 658.011.47

Експериментальна перевірка методики системно-вартісного аналізу при плануванні затрат на НДДКР по створенню складного об'єкту /Ю.С. Виходець, І.О. Гончар// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2003. № 8. С. 60-66.

Статтю присвячено опису експериментальної перевірки методики планування витрат на НДДКР по розробці складного технічного об'єкту. У наданій методиці передбачено застосування методів системного аналізу (декомпозиція, стратифікація) створюваного об'єкту, побудова системної моделі проектних дій та проведення аналізу структури вартості аналогічних робіт.

Іл. 2. Бібліогр.: 10 назв.

УДК 656. 611.2:656. 078. 8

Шляхи підвищення конкурентоспроможності транспортних компаній /К.Л. Семенчук// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2003. № 8. С. 67-71.

Ця робота присвячена шляхам підвищення конкурентоспроможності транспортних компаній. Добитися підвищення конкурентоспроможності транспортних компаній можна шляхом пониження тарифних ставок та скороченням затрат (лідерство по цінам) чи поліпшенням якості послуг, що надаються, якщо це навіть впливає на збільшення витрат (диференціація).

Бібліогр.: 10 назв.

УДК 681.5

Моделювання прогнозів при управлінні навчальними проектами /І.В. Дронова// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2003. № 8. С. 72-75.

У статті розглядається управління навчальними проектами. Запропонований метод, що є основним на дискретній системі Вольтера-Лоткі, для прогнозування катастроф навчової спеціальності.

Бібліогр.: 3 назв.

УДК 519.9; 338.244; 681.3

Застосування методу спадної класифікації для ідентифікації ситуації інвестування

UDC 681.3

The identification of design risks at the stage of planning / M.A. Latkyn, T.I. Bondareva, A.R. Emad// *Aerospace technic and technology*. 2003. № 8. pp. 56-59.

In article problems of decision-making are considered at planning and management of the project in conditions of uncertainty and risk. Identification of risks at a stage of planning of the project, a place of their occurrence, the reason and a consequence is offered. It allows to carry out the qualitative and quantitative analysis of the basic design risks, to provide actions on their neutralization, to supervise risks during performance of the project.

Tabl. 1. Ref.: 4 items.

UDC 658.011.47

Experimental implementation of the technique of research and development (R&D) cost planning in case of development of a complex technical system /J.S. Vykhodec, I.A. Gonchar// *Aerospace technic and technology*. 2003. № 8. pp. 60-66.

The article is devoted to description of experimental implementation of the technique of research and development (R&D) cost planning in case of development of a complex technical system. In the technique following methods and models are used: decomposition and stratification of the system, development of the system model of project work, analysis of the analogous R&D cost structure.

Fig. 2. Ref.: 10 items.

UDC 656. 611.2:656. 078. 8

Ways of increasing of competitiveness in the transport companies /E.L. Semenchuk// *Aerospace technic and technology*. 2003. № 8. pp. 67-71.

This article about ways of increasing competitive navigation companies. Achieve of increasing competitive navigation companies may be reduce tariff, expenditure (cost leadership strategy) or increase quality giving service (differentiation strategy).

Ref.: 10 items.

UDC 681.5

Models of forecasts in management of educational projects /I.V. Dronova// *Aerospace technic and technology*. 2003. № 8. pp. 72-75.

In article management of educational projects is considered. The method based on discrete system Volterra-Lotka for forecasting accidents of an educational speciality is offered.

Ref.: 3 items.

UDC 519.9; 338.244; 681.3

The application of the method of descending classification for identification of the situation of in-

/Я.М. Коляда// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 76-79.

У статті наведена постановка задачі ідентифікації ситуації інвестування, рішення якої повинно передувати ухваленню рішення про інвестування. Запропонований метод кластеризації даних дозволяє провести аналіз даних для ідентифікації ситуації інвестування.

Бібліогр.: 4 назв.

УДК 681.322

Побудова протоколів управління функціональними задачами в складних соціотехнічних системах /Д.О. Горлов // Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 80-85.

В статті розглядаються проблеми формалізації представлення процесів управління складними соціотехнічними системами. Наведено засіб побудови протоколів і алгоритмів управління окремими задачами. Запропоновано принцип об'єднання окремих алгоритмів управління підзадачами в загальний алгоритм управління задачею.

Табл. 1. Іл.3. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 658.051.012

Аналіз можливості розвитку підприємств на основі аналізу реалізації проектів створення складної техніки /М.С. Мазорчук, І.С. Палій, А.П. Бегун// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 86-91.

У даній роботі пропонується укрупнена модель планування проектів розвитку підприємства через реалізацію безлічі проектів створення складної техніки, зокрема виробництва автоматизованих систем керування і контролю для атомних електростанцій.

Іл. 5. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 004.358

Система підтримки прийняття рішень для задач аналізу і управління технологічними комплексами /О.В. Прохоров, К.В. Головань// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 92-96.

У даній роботі описується оболонка системи підтримки прийняття рішень, що використовує у якості моделі подання знань багатозначне числення присутності і реалізує алгоритм логічного висновку. Запропонована система підтримки прийняття рішень є відкритою та адаптивною до змін ситуацій або переходу на іншу предметну галузь. Вона може застосовуватися для прийняття рішень у багаторівневих розподілених технологічних комплексах на всіх рівнях ієрархії, і може використовуватися в інформаційних управляючих системах різного призначення і рівня.

Іл. 03. Бібліогр.: 04 назв.

vestment /Y.M. Kolyada// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 76-79.

In article statement of a task of investment situation identification which decision should precede decision-making on investment is given. The offered method classification the data allows to execute the analysis of the data for identification of a investment situation.

Ref.: 4 items.

UDC 681.322

Protocols and algorithms of the functional tasks management in complex sociotechnical systems building /D.O. Gorlov// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 80-85.

The problems of the management processes formalization in complex sociotechnical systems are considered. The method of single tasks management protocols and algorithms building is proposed. The principle of particular algorithms of single tasks management aggregation into the general algorithm is suggested.

Tabl. 1. Fig. 3. Ref.: 5 items.

UDC 658.051.012

The analysis of an opportunity of enterprises development on the basis of the realization analysis of creation projects of complex engineering /M.S. Mazorchuk, I.S. Paliy, A.P. Begun// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 86-91.

In the given work the integrated model of projects planning of the enterprise development through realization of projects set of complex engineering creation, in particular manufactures of the automated control systems and the control for atomic power stations is offered.

Fig. 5. Ref.: 5 items.

UDC 004.358

Decision support system for tasks of technological complex analysis and control /A.V. Prokhorov, K.V. Golovan// Aerospace technique and technology. 2003. № 8. pp. 92-96.

The decision support system shell that uses multivalued presence calculation as a model of knowledge representation and realizes the algorithm of logic inference is described in this work. The decision support system proposed is adaptive to situation changes or to transition to another domain and it is also opened and easily modified. It can be applied for control of multilevel distributed technological complexes at all levels of hierarchy and can be used in informational control systems of different purpose and level.

Fig. 03. Ref.: 04 items.

УДК 621.396

Графові моделі об'єктів діагностування /В.Г. Кучмієв, Н.В. Доценко, Є.Є. Малафєєв, І.В. Чумаченко// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 97-99.

Стаття присвячена розвитку теорії діагностичних моделей. Досліджено властивості графових діагностичних моделей. Отримані результати будуть корисні при рішенні задач переліку, наприклад, при побудові типових діагностичних процедур і уніфікації типових проектних рішень.

Табл. 2. Іл. 2. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 629.7.054.07

Сучасні засоби візуального відображення інформації /В.М. Вартанян, В.П. Дробінов, Л.Д. Яцко// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 100-107.

У роботі розглянута класифікація сучасних технологій і засобів візуального відображення інформації. Особлива увага приділена авіаційним дисплеям і основним тенденціям їхнього розвитку і застосування.

Іл. 3. Бібліогр.: 3 назв.

УДК 681.325

Спосіб двомірного перетворення Уолша /Н.А. Корольова, К.О. Бохан, О.М. Сиренький// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 108-111.

У статті пропонується спосіб виконання перетворення зображень у двомірному базисі Уолша. Проводиться порівняння з іншими способами виконання ортогональних перетворень зображень.

Іл. 1. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 658.2

Економіко-математичні поліноміальні моделі діяльності авіаремонтних підприємств /В.Ф. Шмирьов, В.М. Торчило, М.М. Федоренко// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 112-116.

Розглянуто загальне рішення задачі оптимальної організації роботи авіаремонтного підприємства на основі теорії черг. На базі аналітичних моделей отримано співвідношення, визначаючи оптимальні характеристики виробничої діяльності.

Іл. 4. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 629.391

Метод біноміально-поліадичної нумерації двійкових даних /В.В. Баранник// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 117-122.

Викладається метод нумерації двійкових даних на основі формування коду-номера двухознаковому біноміальному числу в поліадичному просторі.

Бібліогр.: 6 назв.

UDC 621.396

Graph models of objects of diagnosing /V.G. Kuchmiev, N.V. Docenko, E.E. Malafeev, I.V. Chumachenko// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 97-99.

The article is devoted to the development of diagnostic graph model theory. The properties of diagnostic graph model are investigated. The received results will be useful at the decision of enumeration tasks, for example constructions of typical diagnostic procedures and unifications of the typical design decisions.

Tabl. 2. Fig. 2. Ref.: 6 items.

UDC 629.7.054.07

Modern means of visual display of the information /V.M. Vartanyan, V.P. Drobinov, L.D. Jazko// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 100-107.

In work classification of modern technologies and means of visual display of the information is considered. The special attention is given to aviation displays and the basic tendencies of their development and application

Fig. 3. Ref.: 3 items.

UDC 681.325

The way of bidimensional transformation of Wals /N.A. Koroleva, K.A. Bokhan, A.N. Syrenkiy// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 108-111.

In clause the way of fulfillment transformation with the images of bivariate basis Walsh is offered. The comparison with other ways of performance orthogonal transformations with the images will be carried out.

Fig. 1. Ref.: 6 items.

UDC 658.2

Economic-mathematical poly models of activity of the aircraft-repair enterprises /V.F. Shmirev, V.N. Torchilo, N.M. Fedorenko// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 112-116.

The common decision of the problem of the optimum organization of work on the aircraft-repair enterprise was considered on the basis of the theory of turns. On the basis of analytical models the parities, determining optimum characteristics of industrial activity, were received.

Fig. 4. Ref.: 4 items.

UDC 629.391

Method of binominal – polyadical numbering of binary data /V.V. Barannik// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 117-122.

Stated method of numbering binary given on the base of shaping a code-number two-sign binominal number in poliadical a space.

Ref.: 6 items.

УДК 681.51

Детермінований аналіз оптимізаційних моделей з інтервально-заданими параметрами /Ю.О. Романенков, Л.Г. Шах// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 123-127.

Розглянуто оптимізаційні моделі з інтервально-заданими параметрами. Описані методи отримання та аналізу різних еквівалентних детермінованих моделей. На прикладі показано підходи до аналізу моделей залежно від стратегії дослідження.

Іл. 3. Бібліогр.: 3 назв.

УДК 681.3

Метод імітаційного моделювання у задачах аналізу виробничих систем /А.С. Садовничий, А.В. Попов// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 128-131.

Розглядаються принципи системи імітаційного моделювання. Пропонуються внутрішні механізми обробки, що покращують ефективність алгоритмів та точність результатів.

Табл. 1. Іл. 3. Бібліогр.: 9 назв.

УДК 681.322

Моделювання автоматизованої агрегатної лінії /О.Є. Федорович, О.С. Губка// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 132-136.

Розглядається робота і характеристики лінії монтажу і регулювання агрегатів. На основі графа подій імітаційної моделі динаміки функціонування лінії проводиться моделювання роботи лінії з метою підвищення її продуктивності.

Іл. 3. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 658.051.012

Формалізовані моделі процесів керування якістю складної техніки /Є.А. Дружинін, О.К. Габчак, О.А. Сіора// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 137-142.

У даній роботі пропонується системний підхід до формування стійкої системи якості, через побудову і розгляд систем якості як на підприємствах так і сертифікаційних центрах, формування моделі керування якістю на етапах життєвого циклу складної техніки і у процесі реалізації даних етапів.

Іл. 03. Бібліогр.: 03 назв.

УДК 519.876.2

Моделювання потокових процесів у виробничих системах /К.О. Западня, Т.Ф. Мандрійчук// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 143-148.

Стаття присвячена рішенням задачі розробки моделі аналізу потокових процесів у складних розподілених технологічних комплексах. Для дослідження потокових процесів і задач управління їми була розроблена комп'ютерна імітаційна мо-

UDC 681.51

Determined analysis of optimized models with interval given parameters /Y.A. Romanenkov, L.G. Shakh// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 123-127.

The optimizing models with interval-set parameters were analyzed. Methods of reception and the analysis of the various equivalent determined models were described. The ways of analysis of models are shown depending upon the strategy of research on the example.

Fig. 3. Ref.: 3 items.

UDC 681.3

The method of imitating modeling in problems of the analysis of industrial systems /A.V. Prokhorov, A.V. Popov// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 128-131.

Principles of system of imitating modelling are considered. The internal mechanisms of processing raising efficiency of algorithms and accuracy of results are offered.

Tabl. 1. Fig. 3. Ref.: 9 items.

UDC 681.322

Simulation of the automated modular line /O.Ye. Fedorovich, A.S. Gubka// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 132-136.

The activity both characteristics of line mounting and regulation aggregates is esteemed. On the basis of the graph events simulation model of dynamics operation line the simulation activity of line is conducted with the purpose increase her productivity.

Fig. 3. Ref.: 5 items.

UDC 658.051.012

The formalized models of managerial processes by quality of complex technics /Y.A. Druzhinin, O.K. Gabchak, A.A. Siora// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 137-142.

The system approach to formation of steady quality system through construction and consideration of quality systems both at the enterprises and the certified centers, formation of quality management model at stages of life cycle of complex technical equipment and during realization of the given stages are offered in the given work.

Fig. 03. Ref.: 03 items.

UDC 519.876.2

Simulation of stream-oriented processes in industrial systems /K.O. Zapadnya, T.F. Mandriychuk// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. pp. 143-148.

The article is dedicated to problem solving of development the model of analysis of stream-oriented processes in composite distributed technological complexes. For a research of stream-oriented processes and problems of control they developed the

дель, реалізована в інтегрованій системі моделювання.

Табл. 1. Іл. 2. Бібліогр.: 7 назв.

УДК 681.50

Моделі структур складних систем і їх комбінаторно-груповий аналіз /В.О. Попов// Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003. № 8. С. 149-154.

Розглядається модель складної системи, виділяються структури – виробнича, управлінська і структура комп'ютерної системи, що є інформаційною підтримкою для системи керування. На основі теорії перерахування Пойа запропоновані комбінаторно – групові описи типових структур з використанням теорії графів і відображень безліч вершин у задану номенклатуру деяких елементів, з яких будується система.

Іл.5. Бібліогр.: 4 назв.

computer simulation model, which was realize in integration system of modeling.

Tabl. 1. Fig. 2. Ref.: 7 items.

UDC 681.50

Models of structures of complex systems and their combinatory group analysis / V.A. Popov// Aerospace technic and technology. 2003. № 8. С. 149-154.

The model of complex system is considered, structures - industrial, administrative and structure of the computer system being information support for a control system are allocated. On the basis of the theory of transfer Poia combinatory group descriptions of typical structures with use of the theory of the column and displays of sets of tops in the given nomenclature of some elements of which the system is under construction are offered.

Fig. 5. Ref.: 4 items.

БАРАННИК Владимир Викторович	Харьковский военный университет, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
БЕГУН Алина Петровна	Кировоградский государственный технический университет, ассистент
БОНДАРЕВА Татьяна Игоревна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
БОНДАРЬ Василий Герасимович	Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, главный специалист по композиционным материалам
БОХАН Константин Александрович	Харьковский военный университет, инженер, кандидат технических наук
БЫЧКОВ Сергей Андреевич	Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, Главный конструктор, доктор технических наук, профессор
ВАРТАНЯН Василий Михайлович	АО "Авионика", заместитель Генерального директора по науке
ВЕРЕЩАК Алексей Петрович	ОАО "АО Научно-исследовательский институт радиотехнических измерений", директор, кандидат технических наук, доцент
ВЫБОРНОВ Владимир Николаевич	ОАО "Авиаконтроль", Главный конструктор
ВЫХОДЕЦ Юлия Сергеевна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", кандидат технических наук, доцент

ГАБЧАК Ольга Константиновна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
ГОНЧАР Инна Александровна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", кандидат технических наук, доцент
ГОРДИЕНКО Лина Алексеевна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
ГОРЛОВ Дмитрий Александрович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", младший научный сотрудник
ГУБКА Алексей Сергеевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
ДОЦЕНКО Наталья Владимировна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
ДРОБИНОВ Вадим Павлович	ОАО "НТК" Электронприлад", Председатель правления
ДРОНОВА Ирина Валерьевна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", старший преподаватель
ДРУЖИНИН Евгений Анатольевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", кандидат технических наук, доцент
ЕВТЮХИН Андрей Викторович	РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, заведующий лабораторией, кандидат технических наук

<i>ЕМАД</i> Абдуль Рашид	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", докторант
<i>ЗАПАДНЯ</i> Ксения Олеговна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
<i>КАХРАМАНОВ</i> Георгий Гюльбасарович	АО "Авионика", директор
<i>КИРИЧУК</i> Елена Павловна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
<i>КОЛЯДА</i> Яков Михайлович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", ассистент
<i>КОРОЛЕВА</i> Наталья Анатольевна	Харьковский военный университет, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук
<i>КОРОЛЬ</i> Владимир Николаевич	Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, Генеральный директор, кандидат технических наук, доцент
<i>КУЧМИЕВ</i> Владимир Гаврилович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", кандидат технических наук, доцент
<i>ЛАТКИН</i> Матвей Алексеевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", кандидат технических наук, доцент
<i>МАЗОРЧУК</i> Мария Сергеевна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", ассистент

МАЛАФЕЕВ Евгений Евгеньевич	ОАО "АО Научно-исследовательский институт радиотехнических измерений", заместитель директора по научной работе
МИЛУШИН Юрий Ильич	ОАО "Авиаконтроль", исполнительный директор, заместитель председателя правления
МАНДРИЙЧУК Татьяна Федоровна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
НАЗАРЕНКО Юрий Анатольевич	TelesensKSCL Ukraine Ltd., зам. директора
НЕФЕДОВ Леонид Иванович	Харьковский Национальный Автомобильно-Дорожный Университет, зав. кафедрой АКИТ, доктор технических наук, профессор
ПАЛИЙ Ирина Сергеевна	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
ПИСКОРЖ Владимир Викторович	ОАО "АО Научно-исследовательский институт радиотехнических измерений", начальник отдела, доктор технических наук, профессор
ПЛАХОВ Юрий Михайлович	TelesensKSCL Ukraine Ltd., Главный инженер, кандидат технических наук
ПЛУГИНА Татьяна Викторовна	Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет, аспирант
ПОЛЬШАКОВ Валерий Иванович	Университет экономики и права "КРОК", зав. кафедрой технологий управления, доктор технических наук, профессор

ПОЛЬШАКОВ Илья Валерьевич	Черниговский государственный институт экономики и управления, аспирант
ПОПОВ Андрей Вячеславович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
ПОПОВ Вячеслав Алексеевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", кандидат технических наук, профессор
ПРОХОРОВ Александр Валерьевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", ассистент, кандидат технических наук
РОМАНЕНКОВ Юрий Александрович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
САДОВНИЧИЙ Андрей Сергеевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
САХАЦКИЙ Виталий Дмитриевич	Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет, доктор технических наук, профессор
СЕМЕНЧУК Екатерина Леонидовна	Одесский национальный морской университет, аспирант
СИОРА Александр Андреевич	ЗАО "Радий", г. Кировоград, директор
СИРЕНЬКИЙ Александр Николаевич	Харьковский институт ВВС, адъютант
СЛОБОДКИНА Франческа Александровна	ГУП ЦИАМ, старший научный сотрудник, доктор физико-математических наук, профессор

ТОПАЛ Алексей Сергеевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", аспирант
ТОРЧИЛО Виталий Никитович	АО "Авионика", заместитель директора
ФЕДОРЕНКО Николай Михайлович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", старший преподаватель
ФЕДОРОВИЧ Олег Евгеньевич	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
ЧУМАЧЕНКО Игорь Владимирович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", доктор технических наук, профессор
ШАХ Лариса Георгиевна	АО "Авионика", директор, кандидат физико-математических наук
ШМЫРЕВ Владимир Федорович	АНТК "Антонов", Главный конструктор, кандидат технических наук
ШОСТАК Игорь Владимирович	Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", кандидат технических наук, доцент
ЯЦКО Ласло Дюлович	ОАО "НТК "Электронприлад", Главный конструктор