

Система компьютерной поддержки принятия решений при проектировании сборочных приспособлений в самолетостроении

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»*

Изложены результаты разработки создания исследовательского прототипа ИСППР «СОЛА», предназначенной для компьютерной поддержки конструкторско-технологических решений при проектировании и изготовлении сборочных приспособлений, включающие схему и архитектуру с диалоговым интерфейсом и режимами функционирования прототипа. Разработано программное обеспечение ИСППР «СОЛА» и выполнены экспериментальное и производственное апробирование, дана оценка эффективности ИСППР «СОЛА». Показано, что предложенная система с использованием новой информационной технологии, реализованная на электронно-вычислительной технике, обеспечивает значительный экономический эффект за счет уменьшения вероятных ошибок при принятии решений традиционными методами, уменьшения затрат на проектно-конструкторские работы, снижения материальных затрат на изготовление сборочных приспособлений, ускоряет темпы освоения в серийном производстве новых ЛА, что в конечном счете повышает конкурентоспособность их на рынках сбыта.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства самолетов, сборочное приспособление, инженерия квантов знаний, поддержка принятия решений, программное обеспечение.

Производство новых летательных аппаратов (ЛА), превосходящих по эффективности ныне существующие, в условиях рыночных отношений и обострившейся конкуренции между производителями, требует на всех этапах жизненного цикла сокращения длительности выполнения конструкторской, технологической и организационной подготовки к серийному изготовлению ЛА. На протяжении многих лет в мировом авиастроении добивались сокращения сроков подготовки производства новых ЛА за счет совмещения во времени отдельных этапов жизненного цикла ЛА: например, этапа разработки конструкторской документации и этапа разработки директивных технологических материалов; этапа разработки рабочих технологических процессов и этапа изготовления технологической оснастки и др. В последующие десятилетия сложилась такая объективная ситуация, когда актуальное значение приобрела проблема комплексной автоматизации производственных и интеллектуальных процессов и активный переход к использованию информационных технологий, базирующихся на возможности компьютерного проектирования по всем стадиям жизненного цикла ЛА для сокращения сроков подготовки производства и улучшения качества изделий.

Из анализа практики применения известных инструментов автоматизированного проектирования типа CAD/CAM/CAE следует, что большинство из них уже довольно широко и эффективно используется в авиастроении на этапах проектирования и конструирования ЛА и для подготовки рабочих программ к станкам с числовым программным управлением для изготовления деталей механической обработкой, а также проектирования инструментальных штампов и прессформ. Что же касается автоматизированного проектирования сборочных приспособлений (СП), на разработку которых традиционными методами

затрачивается огромный интеллектуальный труд конструкторов по оснастке, до настоящего времени не было создано единой комплексной автоматизированной системы поддержки принятия решений, позволяющей конструктору-проектировщику принимать решения при проектировании конструктивно сложных сборочных приспособлений, сочетая собственные субъективные знания с компьютерным анализом объективных баз данных для выработки окончательных проектных выходных результатов при проектировании конструкций СП.

Как свидетельствует мировая практика самой дорогостоящей стадией технологической подготовки производства ЛА к серийному их производству является создание сборочных приспособлений. Затраты на разработку и изготовление СП составляют 70-80% от общих затрат на технологическую подготовку новых ЛА, а длительность полного оснащения сборочных цехов может достигать многих лет.

Поэтому, создание интеллектуальной системы поддержки принятия решений (СППР) для проектирования и изготовления сборочной оснастки, ориентированной на использование информационных технологий является актуальной задачей.

Разрешение этой актуальной проблемы для самолетостроения, как показано в ранее опубликованных наших работах [1, 2, 3], может быть достигнуто современными информационными технологиями на основе использования знаниеориентированного метода разноуровневых алгоритмических квантов знаний (РАКЗ-метод) [4, 5] и разработанной концепции методологии построения знаниеориентированной компьютерной системы поддержки принятия решений (СППР) при создании СП [6]. Согласно концепции создания СППР-СП и разработанного комплексного информационного графа технологических знаний (КИГТЗ), представляющего собой главный сценарий формирования причинно-следственных решений при создании СП, поставлены и решены задачи: 1) формализации и синтеза t-квантовой модели функционирования и управления СППР-СП [7], 2) формализации и разработки t-квантового метода иерархической поддержки принятия решений при создании СП [8].

Эти теоретические разработки позволили создать функциональную схему и программное обеспечение исследовательского прототипа знаниеориентированной информационной технологии с именем «сборочная оснастка летательных аппаратов» – ИСППР «СОЛА». Как интерактивный программный комплекс ИСППР «СОЛА» предназначен для компьютерной поддержки принятия достоверных решений в задачах распознавания и прогнозирования технологических, конструкторских и производственных ситуаций при создании сборочных приспособлений.

Входные данные для ИСППР «СОЛА» формируются из сообщений экспертов и пользователей конкретной предметной области, баз данных из других источников в виде входных файлов доменизированных матриц «объект-признак» [4, 6, 8], а также закономерности данной предметной области, которые представляют исходные tk-знания.

Выходная информация ИСППР «СОЛА» содержит:

– новые знания-следствия, т.е. искомые решения в форме tk-знаний (tРАКЗ-моделей), выводимые посредством точной квантовой сети вывода решений (tКСВР-СП) из посылочной информации о t-квантах;

– выходной файл самой tКСВР-СП как системы обнаруженных при обучении устойчивых функциональных закономерностей.

Разработка ИСППР «СОЛА» выполнена на базе использования ПЭВМ типа «Pentium».

Архитектура ИСППР «СОЛА» полностью отвечает современной концептуальной модели ИСППР [4, 7, 8]. Она содержит типовые блоки: 1) интерфейс «пользователь-система», 2) база данных, 3) база tk-знаний, 4) блок логического вывода и принятия решений, 5) блок объяснения решений (рис.1).

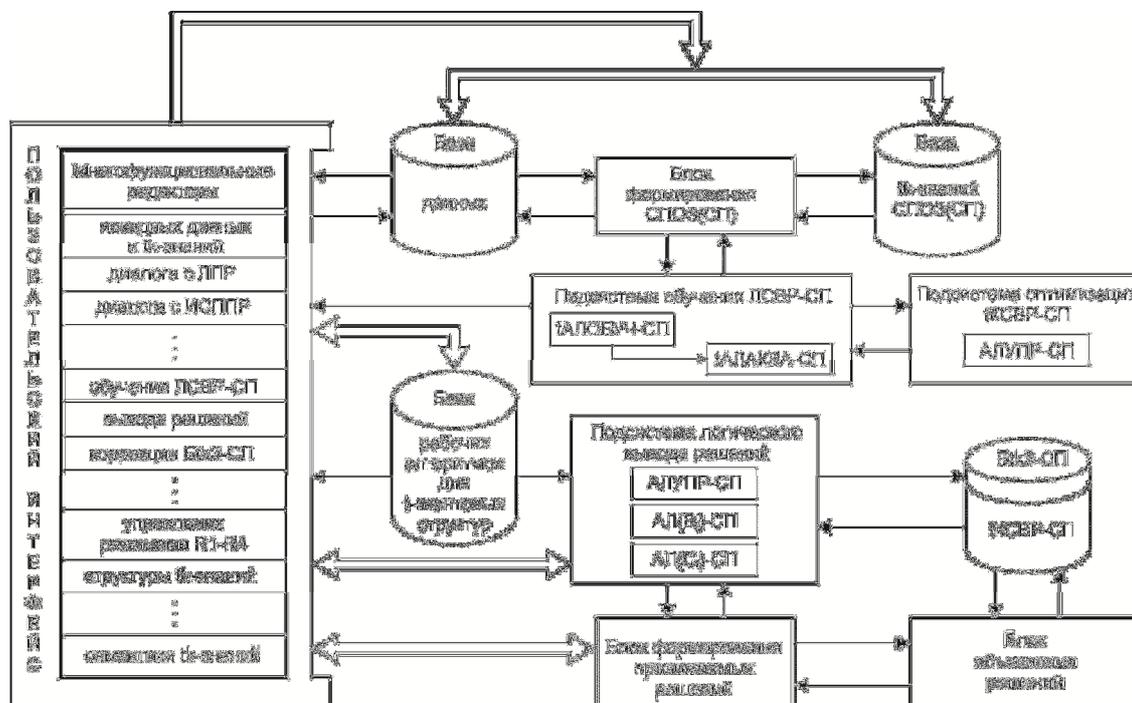


Рис. 1 – Общая архитектура и функциональная схема ИСППР «СОЛА»
 ⇨ – управление; → – функциональные связи

Многофункциональный пользовательский интерфейс представляет собой способную к расширению программу, позволяющую через систему ниспадающих меню выполнять широкий спектр функций редактирования исходных данных и tk-знаний, структуры и семантики t-квантов знаний, наблюдений за объектом принятия решения (ОПР), а также осуществлять обмен и управление информацией между пользователем и системой.

База данных во взаимодействии с блоком формирования сценарных примеров обучающих знаний (СПОЗ-СП) посредством интерфейса обеспечивают подготовку к автоматической генерации обучаемой логической сети возможных рассуждений (ЛСВР-СП).

Подсистемы обучения ЛСВР-СП и оптимизации совместными действиями выполняют генерацию ЛСВР-СП, СПОЗ(СП) и их трансформацию в оптимальную t-квантовую сеть вывода решений (t-КСВР-СП) с помощью соответствующих алгоритмов обучения, квантования и оптимизации (tАЛОБУЧ-СП, tАЛАКВА-СП и tАЛОПТ-СП) [4, 5].

На основе tКСВР-СП формируется база tk-знаний БtkЗ-СП как механизм причинно-следственного вывода решений по наблюдениям за ОПР.

Подсистема логического вывода решений непосредственно реализует этот механизм посредством алгоритмов $AL(V_i)$ (вывод идентификационных решений)

и $АЛ(C_i)$ (вывод прогнозных решений) под управлением алгоритма управления (tАЛУПР-СП) и взаимодействием с базой рабочих машинных алгоритмов. Последняя служит для алгоритмического обеспечения t-квантов-событий, содержащих процедурные знания и графические файлы.

Блок формирования принимаемых решений организует выдачу сообщений о целевых заключениях в выходной файл. В выходном файле также содержатся текстовая формулировка с графическим пояснением окончательно принимаемых решений в заданном формате.

Блок объяснений обеспечивает ответ на вопрос «ПОЧЕМУ?» путем раскрытия содержания соответствующего t-кванта при движении суперпозицией ко входам **tКСВР-СП** по цепи вывода данного решения из заданных посылок.

Инструментальные средства для разработки ИСППР «СОЛА» включают языки Borland Paskal 8.0 и Delphi 5.0, а также пакет Microsoft Visual Studio 2003. Выбор этих средств мотивирован тем, что указанные версии включают в себя простую и удобную диалоговую оболочку, позволяющую эффективно отлаживать программы на уровне исходных текстов и оптимизировать их, повышая производительность. Кроме того, эти средства позволили применить при разработке ИСППР прогрессивный объектно-ориентированный подход (ООП) к программированию, позволяющий повысить производительность труда программиста и сократить затраты на сопровождение программного обеспечения ИСППР. Поэтому все элементы ИСППР «СОЛА» реализованы в виде нескольких объектов. При этом большинство используемых в программе объектов имеют один базовый тип TObject. Выбор этого типа в качестве базового рекомендован в описании библиотек Turbo Vision. Исходные данные поступают для обработки в ИСППР в виде трех текстовых файлов: *.SMK, *.FCT, *.ZPR (* – это любое имя файла).

Для тестовой проверки компьютерной поддержки производственных решений при создании СП была использована математическая теория инженерии квантов знаний (ИКЗ) [4, 5], наполненная инженерным содержанием знаниеориентированной методологии принятия решений в технологической подготовке производства самолетов.

КИГТЗ (см.[6]) содержит три основные (узловые) блока компьютерного принятия комплексных решений: 1 – технологический; 2 – конструкторский; 3 – производственный, которые экспериментально проверялись с помощью ИСППР «СОЛА» на тестовых задачах правильности поддержки решений.

На схеме, изображенной на рис. 2, приведен пример ЛСВР-СП при формировании комплексных решений для разработки основного документа «ТУ на проектирование СП». Несмотря на некоторую громоздкость содержательной трактовки этой ЛСВР-СП, приведем описание семантики соответствующего комплексного решения. Вот его смысл: «**ЕСЛИ** разработано ТЗ на сборку рассматриваемой сборочной единицы (СЕ) (6) **И** профессионально выбран метод сборки СЕ (11) **ИЛИ** «от обшивки» (7), **ИЛИ** «от каркаса» (8), **ИЛИ** «по УФО» (9), **ИЛИ** «с помощью робототехники» (10), **И** в качестве методов преноса форм и размеров (16) принят эталонно-шаблонный (12), **ИЛИ** плазово-шаблонный (13), **ИЛИ** координатно-шаблонный (14), **ИЛИ** электронно-цифровой (15), **И** тип СП (21) **ИЛИ** стационарный (17), **ИЛИ** переналаживаемый (18), **ИЛИ** трансформируемый (19), **ИЛИ** сборно-разборный (20), **И** определен вид СП (26) **ИЛИ** колонно-балочный (22), **ИЛИ** ферменный (23), **ИЛИ** комбинированный (24), **ИЛИ** механизированный (25), **И** выбран технологический процесс сборки данной СЕ

(31) с указанием **И** металлоемкости (27) СП, **И** его энергоемкости (28), **И** производительности (29), **И** экономических требований к СП (30), **ТО** перечисленные методы, типы и виды СП в совокупности с разработкой технологического процесса сборки СЕ составляют содержание создаваемого основного документа – «ТУ на проектирование СП для сборки данной СЕ».

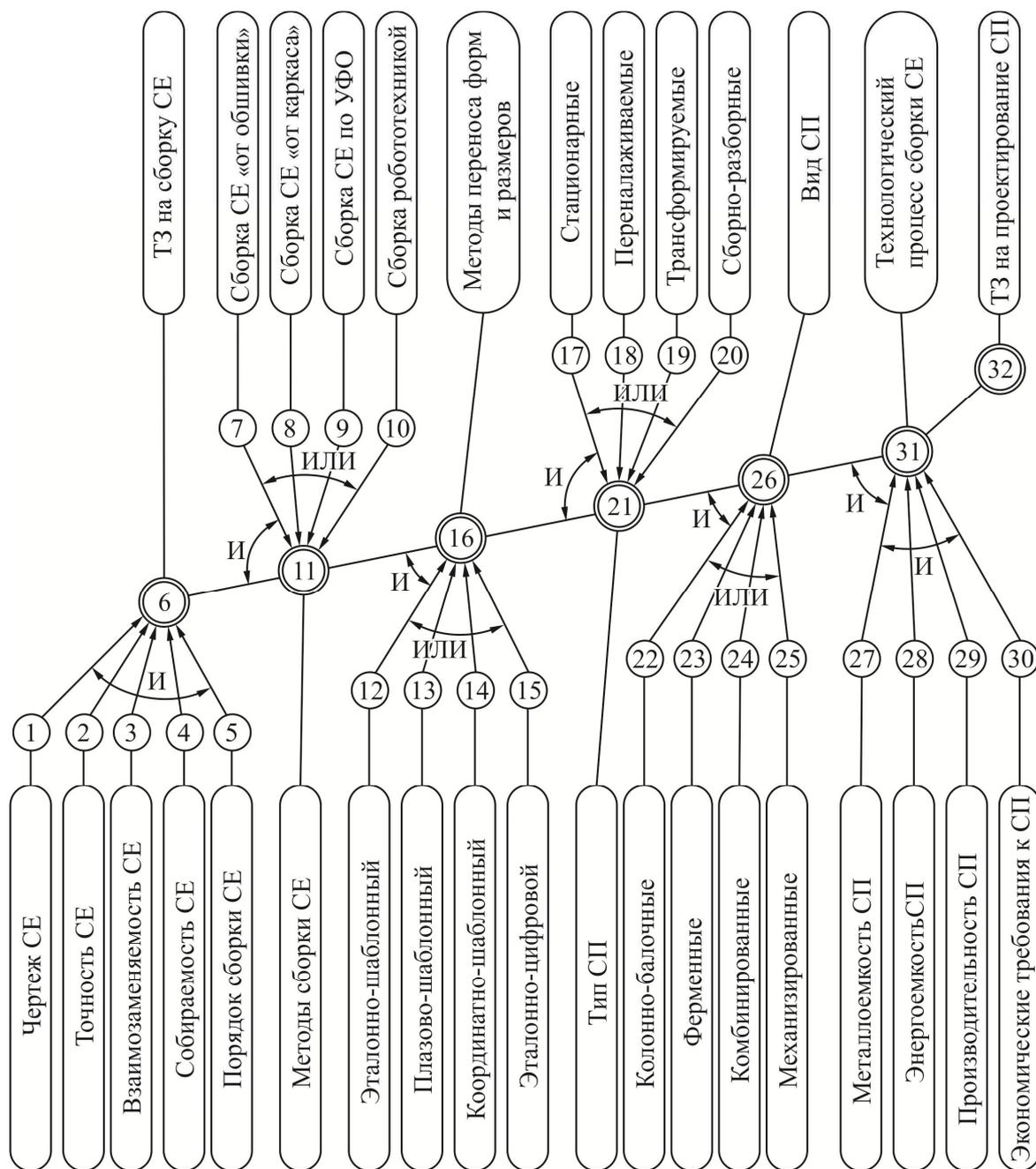


Рис. 2 – Логическая сеть возможных рассуждений (ЛСВР) при формировании комплексных решений относительно разработки ТУ на проектирование СП

На основе подобного подхода к формированию комплексного решения для определенного ОПР было сформулировано множество сценарных примеров обучающих знаний (СПОЗ) для экспериментальной проверки правильности алгоритмического построения указанной на рис.2 ЛСВР-СП в режиме обучения. Один из вариантов СПОЗ (СП), обладающих структурной полной относительно алгоритмического процесса обучения компьютера синтезу ЛСВР-СП для трансформации ее в tКСВР-СП относительно «ТУ на проектирование СП» имеет следующий вид:

1. **ЕСЛИ** имеется чертеж СЕ (1) **И** готово ТЗ (6) на сборку СЕ, **И** выбран требуемый метод сборки СЕ (11), **И** приняты методы переноса форм и размеров (16), **И** разработан технологический процесс сборки СЕ (31) с указанием допустимых показателей металлоемкости, энергоемкости, производительности и экономических требований к СП, **ТО** принять решение о чистовом оформлении ТУ (32) на проектирование СП.

2. **ЕСЛИ** известно ТЗ (6) на сборку СЕ **И** сборка СЕ по УФО (9) **ИЛИ** робототехникой (10), **ТО** принять промежуточное решение (11).

3. **ЕСЛИ** метод переноса размеров эталонно-шаблонный (12) **ИЛИ** координатно-шаблонный (14), **ТО** принять промежуточное решение (16).

4. **ЕСЛИ** тип СП стационарный (17) **ИЛИ** сборно-разборный (20), **ТО** принять промежуточное решение (21).

5. **ЕСЛИ** вид СП ферменный (23) **ИЛИ** колонно-балочный (22), **ТО** принять промежуточное решение (26).

6. **ЕСЛИ** определены требуемые показатели металлоемкости СП (27), **И** производительности СП (29), **И** экономических требований к СП (30), **ТО** принять промежуточное решение о готовности разработки технологического процесса сборки СЕ (31) для включения его в завершающий технологический документ ТУ (32). Конец.

Производственное использование ИСППР «СОЛА» с целью поддержки принятия решений было проведено на примере создания СП для сборки оконной панели фюзеляжа самолета Ту-134А (задача «ОПФС» рис. 3).

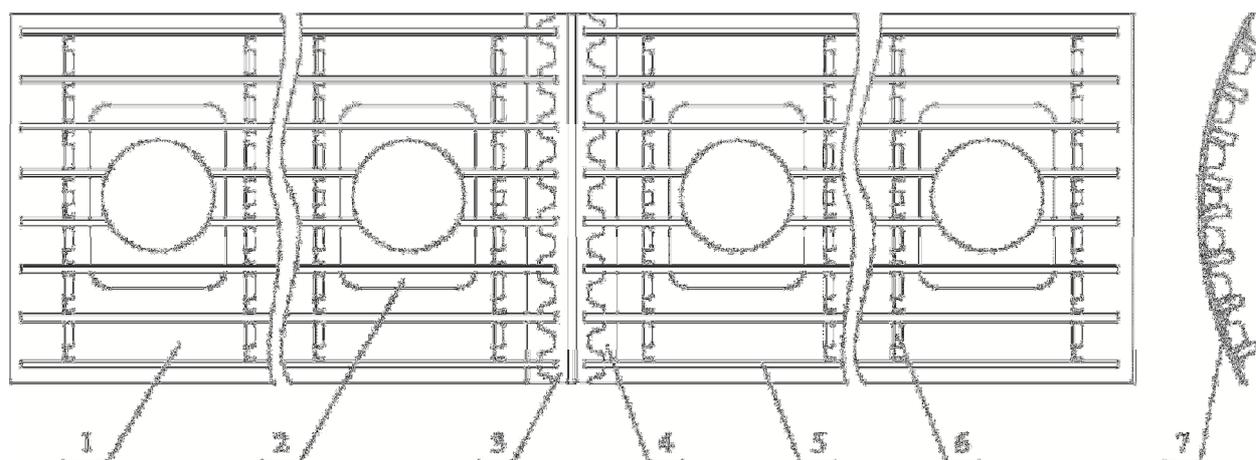


Рис. 3 – Общий вид панели оконной фюзеляжа самолета:
 1 – обшивка; 2 – накладка оконная; 3 – подкладной лист; 4 – накладка усиливающая; 5 – стрингер; 6 – компенсатор; 7 – кница

Производственная задача «ОПФС» в рассматриваемом примере ставится так.

Известны:

1) Разнотипные признаки (характеристики) посылочных ситуаций относительно исходных производственных объектов принятия решений (ОПР) при изготовлении СП для оконной панели фюзеляжа самолета. Количество исходных ОПР в задаче «ОПФС» составляет 46 единиц: ($e_1 \div e_{46}$), которые описаны в КИГТЗ [6] и характеризуют 10 комплексных ОПР: (1) ТУ на сборку СЕ; (2) ТП сборки СЕ; (3) ТУ на проектирование СП для ОПФС; (4) Технические предложения на проектирование СП (ТехП); (5) Эскизный проект СП (ЭП); (6) Электронно-алгоритмический облик СП (ЭАО); (7) Рабочий проект СП (РП); (8) ТУ на изготовление СП; (9) Технологический процесс изготовления СП; (10) Готовое СП.

2) Промежуточные ОПР С(1) – С(9) как промежуточные следствия со своими собственными СПОЗ(СП): С(1) ← ЕСЛИ e_1 И e_2 И e_3 И e_4 И e_5 ; С(2) ← ЕСЛИ С(1) И e_6 И ...И e_{10} ; С(3) ← ЕСЛИ С(2) И e_{11} И ...И e_{16} ; С(4) ← ЕСЛИ С(3) И e_{17} И ...И e_{22} ; С(5) ← ЕСЛИ С(4) И e_{23} И ...И e_{26} ; С(6) ← ЕСЛИ С(5) И e_{27} И ...И e_{32} ; С(7) ← ЕСЛИ С(6) И e_{33} И ...И e_{37} ; С(8) ← ЕСЛИ С(7) И e_{38} И ...И e_{41} ; С(9) ← ЕСЛИ С(8) И e_{42} И ...И e_{44} .

3) Целевой ОПР (C_1) как искомое целевое решение относительно создания требуемого СП для сборки ОПФС с необходимым СПОЗ(СП):

ЕСЛИ СЕ=ОПФС И С(1) И С(3) И С(6) И С(7) И e_{45} И e_{46} ТО $C_1 = \text{СП}_{(\text{ОПФС})}$.

4) Контрольная выборка t_k -знаний T_k ($m_k = 50, N = 32$) наблюдаемых ситуаций с $n = 46$ посылками $e_1 \div e_{46}$ и $S = 1$ целевым следствием C_1 , а также критерий эффективности $K_s \leq 10\%$ ошибочных решений на контрольной выборке T_k .

5) Допустимая пороговая величина математического ожидания $M_F^* = 10^{-3}$ оценки сверху достоверности D_F гипотезы о существовании функциональных закономерностей в форме t КСВР-СП r -го ранга, судя по объему $(m \times N) = (120 \times 32)$ обучающих ситуаций.

Требуется определить, в соответствии с формулами (1) и (2), эффективное (рациональное) решение $z_{\text{эф}} \in Z$ задачи «ОПФС» по критерию K_s , определяемое с помощью пяти t КСВР-СП, полученных при обучении компьютера на пяти модификациях заданного СПОЗ(СП) в данной задаче.

Оценка эффективности альтернативных решений проводилась согласно формулы [4], имеющей вид:

$$\Phi(z) = Q \left[K_s \left(\bigvee_{i=1}^s F_i(\varphi(X), B_i) \right) \right], \quad (1)$$

где $\varphi(X)$ – бинарные предикаты, описывающие t -квантовые события в путях графа КИГТЗ (G_{tk}), т.е в рассуждениях относительно принимаемых решений C_i в t -КСВР; B_i – кортеж параметров модели, описывающих количество вершин (t -квантов) в t -КСВР и логику в сети G_{tk} ; Q – оператор реализующий структуру модели и выбранную методику вычисления интервальных оценок критерия эффективности решений; K_s – критерий эффективности, который характеризует полезность комплекса целенаправленных решений $\{z_j\} = t$ -КСВР.

В нашем случае при использовании достоверных tk-знаний условия их неполноты, неточности, неизвестности информативных признаков ОПР с интервальными значениями, будем производить выбор эффективного решения $z_{\text{эф}} \in Z$ на основе обработки интервальных значений полезности решений согласно формуле [4]:

$$z_{\text{эф}} = \arg \min_{z \in Z} Q[\Phi(z)], \quad (2)$$

где $z_{\text{эф}}$ – представляет собой рациональную t-КСВР, которая обеспечивает вывод системы S целевых следствий (решений) с минимальной вероятностью ошибочных решений на контрольной выборке.

Решение поставленной задачи «ОПФС» выполняем согласно методу иерархической поддержки принятия знаниеориентированных решений при создании СП ЛА средствами ИКЗ с использованием ИСППР «СОЛА».

Сначала убеждаемся, что объем выборочных обучающих tk-знаний $T_0(m, N) = (120 \times 32)$ соответствует максимальному рангу $r_{\text{max}} = 6$, т.к. при подстановке в формулу (1) заданных значений $m = 120$ наблюдений, $N = 32$ значений признаков и $M_F^* = 10^{-3}$ выполняется оценка достоверности D_F при $r_1 = 2, r_2 = 3, r_3 = 4, r_4 = 5$ и $r_5 = r_{\text{max}} = 6$. На этом основании в диалоге с экспертами при обучении компьютера на 5-ти модификациях заданного СПОЗ(СП) наилучшей модификацией по критерию K_3 оказалась рациональная модификация СПОЗ(СП) вида:

$$\text{ЕСЛИ } CE \text{ И } C(1) \text{ И } C(3) \text{ И } C(7) \text{ И } C(9) \text{ И } e_{45} \text{ И } e_{46} \text{ ТО } C_1 = \text{СП}. \quad (3)$$

На основе использования модификации СПОЗ(СП) (3) с помощью алгоритма tАЛОБУЧ-СП синтезирована лучшая ЛСВР-СП, которая после трансформации посредством алгоритма tАЛАКВА-СП обеспечила получение самой эффективной по критерию K_3 tКСВР-СП. Именно она и обеспечивает вывод эффективного решения $z_{\text{эф}} \in Z$ задачи «ОПФС» с минимальным числом ошибочных решений (8%) на контрольной выборке $T_k(50, 32)$.

Далее приводим фрагмент выходного файла $\Phi_{\text{tКСВР-СП}}$, сгенерированный действующей ИСППР «СОЛА» и содержащий символьное представление tk-знаний, которые описывают рациональное комплексное целевое решение $z_{\text{эф}} = C_1$ одним составным t-квантом 2-го уровня (матричным) с именем $tk_2C_1(\text{СП})$ по правилам записи [4]:

$$tk_2C_1(\text{СП}) = [tk_1CE, \emptyset : tk_1C(3), \emptyset : tk_1C(7), \emptyset : tk_1C_1^n, \emptyset : \emptyset : (\gamma_1^n; A(C_1^n); \emptyset)]. \quad (4)$$

Домены составного t-кванта (4) в свою очередь имеют следующее собственное содержательное наполнение в виде векторных tk_1 -знаний 1-го уровня:

$$tk_1CE = [\partial, \emptyset : \text{Ш}, \emptyset : b, \emptyset : CE^n, \emptyset : \dots] = [100, \emptyset : 010, \emptyset : 001, \emptyset : 1000, \emptyset : (\gamma_1^1; A(CE); \emptyset)];$$

$$tk_1C(3) = [C(1), \emptyset : C(2), \emptyset : C^n(3), \emptyset : \dots] = [10000, \emptyset : 01000, \emptyset : 10, \emptyset : (\gamma_1^2; A(3); \emptyset)];$$

$$\begin{aligned}
tk_1C(7) &= [C(3), \emptyset : C(4), \emptyset : C(5), \emptyset : C(6), \emptyset : C^u(7), \emptyset : \dots] = \\
&= [10, \emptyset : 01, \emptyset : 01, \emptyset : 01, \emptyset : 10 : (\gamma_1^3; A(7); \emptyset)]; \\
tk_1C_1^u &= [C(7), \emptyset : C(8), \emptyset : C(9), \emptyset : e_{45}, \emptyset : C_1^u, \emptyset : (\gamma_1^4; AC_1^u; \emptyset)] = \\
&= [10, \emptyset : 10000, \emptyset : 010, \emptyset : 01, \emptyset : 10, \emptyset : (\gamma_1^4; A(\text{ОПФС}))].
\end{aligned}$$

Семантика составного целевого t-кванта $tk_2C_1(\text{СП})$ (4) имеет следующий вид:

«ЕСЛИ конструктивно-технологическая характеристика $CE=ОПФС$ **И** требуемые геометрические, **И** точностные параметры CE , **И** заданная последовательность сборочных операций, **И** принятая взаимозаменяемость деталей CE , **И** собираемость CE привели к **написанию С(1)=ТУ на сборку CE**; **И** на основании использования требуемых методов сборки CE , **И** необходимых средств сборки, **И** методов увязки форм и размеров в соответствии со схемой сборки, **И** соблюдении условий работы при сборке **определен С(2)=ТПр сборки CE**; **И** на основании известного назначения СП, **И** заданных требований к точности СП, **И** на основе рекомендуемого типа СП, **И** выбранного вида БФУ в СП, **И** соблюдении требований к удобству работы в СП, а также к безопасности и энергообеспечению СП **разработаны С(3)=ТУ на проектирование СП**; **И ЕСЛИ** на основании чертежа CE и характеристик последовательности сборки, **И** конфигурации СП относительно положения CE в СП, **И** согласно проектным параметрам СП, а также структурному составу СП, **И** предварительной экономической оценке СП, **И** определенности закладки деталей **составлены С(4)=Техн.предложения на проектирование СП**; **И** на базе использования геометрической конфигурации расположения элементов СП, **И** функциональной характеристики элементов СП, а также их конструкционных материалов, **И**, учитывая принципиальное видение проекта СП, **разработан С(5)=эскизный проект СП**; **И** на основе использования аналитической модели сборки CE в СП **И** модели расчета точности изготовления СП, а также моделей для вычислений мест расположения БФУ, силового нагружения СП, прочности и жесткости элементов СП, **И** модели увязки форм и размеров с учетом рекомендаций по выбору стандартных элементов СП **сформирован С(6)=ЭАО (электронно-алгоритмический облик) СП**; **И** на основании использования выбранных стандартных элементов каркаса, БФУ, а также дополнительных устройств. **И** выбора типовых средств механизации, **И**, наконец, изготовления рабочих чертежей СП **выполнен С(7)=РП (рабочий проект) СП**; **И ЕСЛИ** с учетом известных назначения и функций СП, **И** точности изготовления СП, а также монтажа, **И** условий монтажных работ, **И** взаимозаменяемости и ремонтпригодности СП **составлены С(8)=ТУ на изготовление СП**; **И** с помощью выбранных средств изготовления и контроля элементов СП, а также монтажа и контроля всего СП, **И** требуемого материального обеспечения для изготовления СП для ОПФС **разработан С(9)=ТП (технологический процесс) изготовления СП**, **ТО** выполняется монтаж и приемка готового СП для ОПФС в цехе-изготовителе с оформлением сопроводительной документации (паспорта СП), т.е. достигается **комплексное целевое решение-следствие** $C_1 = z_{эф} \in \{CE = ОПФС\}$, что соответствует завершению последнего производственного этапа изготовления и получения готового СП для ОПФС согласно КИГТЗ (рис. 4).

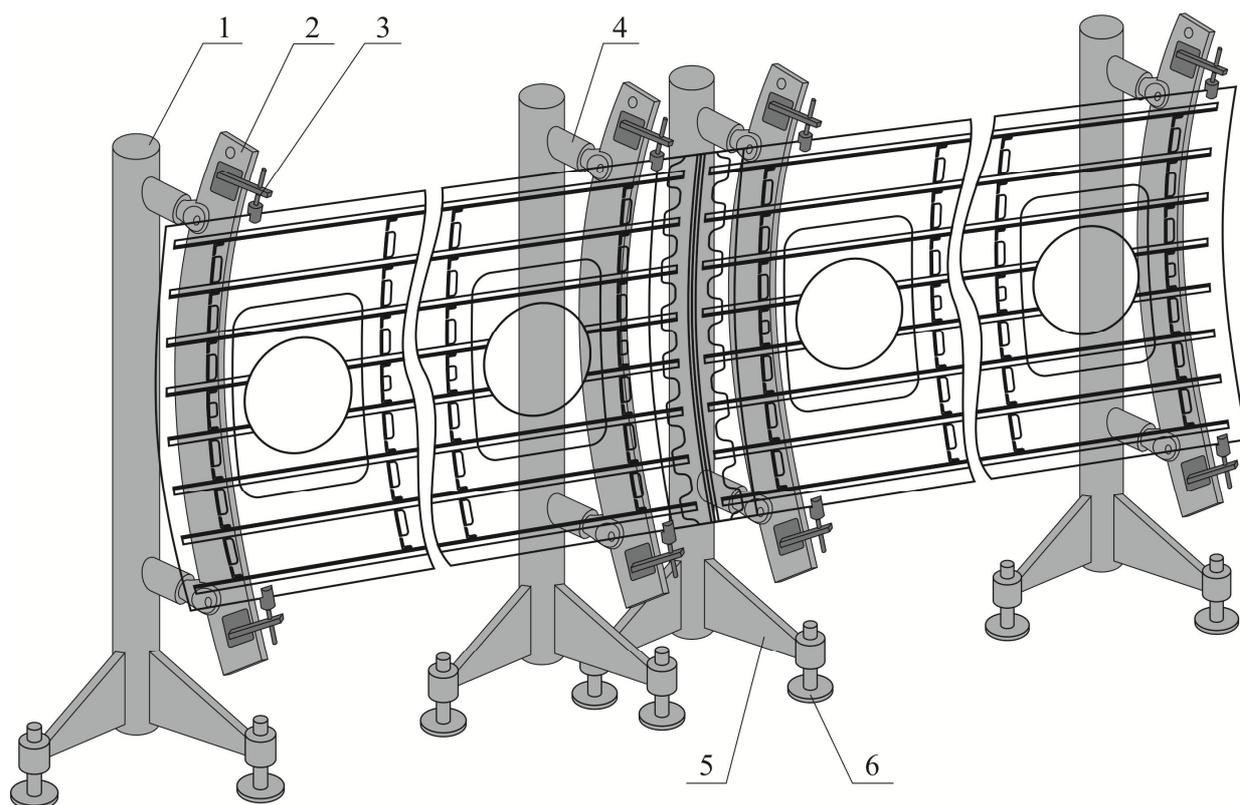


Рис. 4 – Эскизный технический проект СП для сборки оконной панели фюзеляжа:
1 – стойка; 2 – ложемент; 3 – фиксатор обшивки; 4 – узел для установки
ложемента; 5 – опорная лапа; 6 – узел регулировки

Следует отметить, что благодаря отмеченной особенности tKBPR-СП допускает обновление устаревших tk-знаний посредством дообучения на новых СПОЗ(СП), длительное хранение наиболее устойчивых закономерностей и всегда обеспечивает надежный механизм дедуктивного причинно-следственного вывода по графу с порядковой функцией и логикой рассуждений.

Заключение

Предложенная ИСППР-«СОЛА» позволит добиться значительного технико-экономического эффекта при подготовке производства новых типов самолетов за счет достижения повышенного качества СП (а следовательно и собираемых в них сборочных единиц самолета), значительного сокращения сроков проектирования и изготовления СП, уменьшения трудовых и материальных затрат на всех этапах жизненного цикла СП.

Список литературы

1. Бабушкин А.А. Автоматизированное проектирование ступенчатой сборочной оснастки / А.А.Бабушкин // Сб. «Новые технологии в машиностроении» (по материалам международной конференции), Х.: ХАИ, 1994. – С.155 – 157.

2. Бабушкин А.А. Концепция автоматизированного проектирования специальных сборочных приспособлений в самолетостроении. / А.А.Бабушкин // Труды харьковского авиационного института. – Х.: ХАИ. 1998. – С.47 – 48.

3. Бабушкин А.А. Методологические подходы при создании САПР сборочных приспособлений в самолетостроении. / А.А.Бабушкин // Труды харьковского авиационного института «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии». – Х.: ХАИ. 1999. – с225 – 232

4. Сироджа И.Б. Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний для принятия производственных решений при недостатке и нечеткости данных // И.Б.Сироджа, Т.Ю.Петренко. – К.: Наукова думка. 2000 – 247с.

5. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. / И.Б.Сироджа – Киев: Наукова думка. 2002. – 428с.

6. Бабушкин А.А. Концепция знаниеориентированной методологии принятия решений при автоматизации проектирования сборочных приспособлений в самолетостроении. / А.И.Бабушкин, А.А.Бабушкин, И.Б.Сироджа // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Сб. науч. тр. ХАИ. Вып. 42. 2009. – С.58-79.

7. Сироджа И.Б. Формализация функционирования и управления системой поддержки принятия решений при проектировании стапельно-сборочной оснастки летательных аппаратов. / И.Б.Сироджа, А.А.Бабушкин. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Науково-техн. журнал. №4(31) – 2008. – С.75-86.

8. Сироджа И.Б. Формализация компьютерной поддержки принятия решений при проектировании стапельно-сборочной оснастки летательных аппаратов. / И.Б.Сироджа, А.А.Бабушкин // Авиационно-космическая техника и технология, Научно-техн. журнал. №1(58). 2009. – С.89-96.

Поступила в редакцию 16.03.2017

Система комп'ютерної підтримки прийняття рішень при проектуванні складальних пристроїв в літакобудуванні

Викладено результати розробки створення дослідного прототипу ІСППР «СОЛА», призначеної для комп'ютерної підтримки конструкторсько-технологічних рішень при проектуванні і виготовленні складальних пристроїв, що включають схему і архітектуру з діалоговим інтерфейсом і режимами функціонування прототипу. Розроблено програмне забезпечення ІСППР «СОЛА» і виконані експериментальне і виробниче апробування, дана оцінка ефективності ІСППР «СОЛА». Показано, що запропонована система з використанням нової інформаційної технології, реалізована на електронно-обчислювальній техніці,

забезпечує значний економічний ефект за рахунок зменшення можливих помилок при прийнятті рішень традиційними методами, зменшення витрат на проектно-конструкторські роботи, зниження матеріальних витрат на виготовлення складальних пристроїв, прискорює темпи освоєння в серійному виробництві нових ЛА, що в кінцевому рахунку підвищує конкурентоспроможність їх на ринках збуту.

Ключові слова: технологічна підготовка виробництва літаків, складальні пристрої, інженерія квантів знань, підтримка прийняття рішень, програмне забезпечення.

Computer acceptance support system Solutions when designing assembly Devices in aircraft construction

The results of the development of the creation of the research prototype ISPPR "SOLA", designed for computer support of design and technological solutions in the design and manufacture of assembly devices, including a scheme and architecture with a dialog interface and modes of operation of the prototype are described. The software of ISPPR "SOLA" was developed and experimental and production testing was performed, the efficiency of ISLP "SOLA" was evaluated. It is shown that the proposed system using the new information technology implemented on electronic computers provides a significant economic effect by reducing the likely errors in the decision-making by traditional methods, reducing the costs of design and engineering work, reducing the material costs of manufacturing assembly tools, accelerating The pace of development in the mass production of new aircraft, which ultimately increases their competitiveness in the sales markets.

Keywords: technological preparation of aircraft production, assembly adaptation, knowledge quantum engineering, decision support, software.

Сведения об авторах:

Бабушкин Александр Анатольевич – канд. техн. наук, доц. каф. финансов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина.

Бабушкин Анатолий Иванович – д-р. техн. наук, проф. каф. экономической теории, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина.