

УДК 629.7.01;004.8

**В.В. ВОРОНЬКО, И.В. ШОСТАК***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В МОДЕЛЯХ МИРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОВ-СБОРЩИКОВ САМОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*В статье обоснована целесообразность роботизации сборочных процессов в самолетостроении, а также проведен сравнительный анализ применимости канонических подходов к представлению знаний в моделях мира интеллектуальных роботов-сборщиков самолетных конструкций. Рассмотрены особенности создания и применения промышленных интеллектуальных роботов (ИР) для обслуживания сборочных процессов в самолетостроении. Приведены примеры представления знаний в локальных системах управления интеллектуальных роботов из предметной области «Конвейерная сборка самолетных конструкций».*

**Ключевые слова:** роботизация, конвейерная сборка, интеллектуальный робот, модель знаний, метод виртуальных баз.

### Введение

Качественно новым решением проблемы сокращения доли живого труда в условиях конвейерной сборки самолетных конструкций является применение промышленных роботов в качестве перенастраиваемых сборочных средств с гибкими технологическими свойствами. Последнее обстоятельство сопряжено с рядом трудностей, вызванных необходимостью разработки новых принципов организации производства, изменения технологии сборочных процессов, создания нового технологического оборудования и средств упорядочения среды, с которой взаимодействует промышленный робот. Промышленный робот (ПР) — перепрограммируемое автоматическое устройство, применяемое в производственном процессе для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям человека, при перемещении предметов производства и (или) технологической оснастки [1]. Выполнение ПР двигательных функций сочетается с выполнением функций управления и контроля (например, ПР с адаптивным управлением).

Как показывает мировой опыт [2-5], успешное внедрение ПР в сборочное производство на самолетостроительном предприятии может быть обеспечено в результате применения комплексного подхода к решению перечисленных выше вопросов на основе использования гибких перенастраиваемых структур и элементов робототехнических систем, организованных по модульному принципу.

Цель статьи состоит в обосновании выбора средств представления знаний о предметной области в локальной системе управления интеллектуальным

роботом на участке конвейерной сборки самолетных конструкций.

### Постановка задачи исследования

Исходными данными для анализа выступают четыре канонических модели знаний, а именно: продукционные системы; фреймы; семантические сети и логико-предикативные системы. Анализ применимости канонических моделей для представления знаний о мире в локальных системах управления (ЛСУ) интеллектуальных роботов (ИР) должен быть основан на оценке их выразительной способности, а также возможностях анализа полноты, непротиворечивости и корректности знаний, представленных в ЛСУ ИР. Результатом решения задачи должна являться одна из известных моделей знаний с указанием путей ее расширения и дополнения для учета специфики сборочных процессов в самолетостроении.

### Характеристика современного этапа применения промышленных интеллектуальных роботов

Первый ИР, предназначенный для автоматизации производственных процессов, был создан в Электротехнической лаборатории (Япония) в начале 70-х годов. Эта разработка была реализована в рамках проекта "Промышленный интеллектуальный робот", целью которого являлось создание осязательного манипуляционного робота с элементами искусственного интеллекта (ИИ) для выполнения сборочно-монтажных работ с визуальным контро-

лем. Манипулятор робота имел шесть степеней свободы и управлялся мини-ЭВМ NEAC-3100 (объем оперативной памяти 32000 слов, объем внешней памяти на магнитных дисках 273000 слов), формировавшей требуемое программное движение, которое обрабатывалось следящей электрогидравлической системой. Схват манипулятора был оснащен тактильными датчиками. В качестве системы зрительного восприятия в первом промышленном ИР использовались две телевизионные камеры, снабженные красно-зелено-синими фильтрами для распознавания цвета предметов. В результате обработки полученной информации грубо определялась область, занимаемая интересующим робота предметом. Далее, с целью детального изучения этого предмета выявленная область сканировалась с большим разрешением при автоматическом передвижении камер, подобно тому, как человек скользит взглядом по предмету. Робот Электротехнической лаборатории был способен распознавать простые предметы, ограниченные плоскостями и цилиндрическими поверхностями при специальном освещении.

Уровень интеллекта и информационного обеспечения ИР определяется характеристикой окружающей среды, с которой действует (на которую воздействует) исполнительная система ИР. В робототехнических системах под окружающей средой понимаются объекты роботизации, которые могут находиться в неупорядоченном (неподготовленная среда), упорядоченном (подготовленная среда) и частично упорядоченном состояниях [1].

ИР первого поколения обладали весьма высоким уровнем интеллектуальности, что соответствовало концепции создания «гуманоидных роботов», интегрирующих в себе широкий спектр возможностей по реализации разумного поведения. Так, описанный выше промышленный ИР японского производства по своим возможностям соответствовал пятому, высшему уровню интеграции. Указанное обстоятельство объясняется неподготовленностью, либо в отдельных случаях, частичной подготовленностью окружающей робота среды, как следствие, имевшего место в то время уровня организации производства.

В настоящее время промышленные ИР массово производятся фирмами во многих странах мира, среди этих фирм ведущими являются АВВ, STAUBLI, REIS, MOTOMAN, MITSUBISHI. Современные промышленные ИР, как правило, входят в состав робототехнических систем (РТС). Они используются преимущественно в условиях массового и крупносерийного производства для манипулирования, сварки, покраски, упаковки, шлифовки, полировки и т. д. с большим спектром применения и

по точности, и по характеру выполняемых операций. При этом для современных промышленных ИР характерен невысокий уровень интеграции, соответствующий значительно возросшему уровню организации производства и, как следствие, подготовленности внешней среды.

### **Сравнительный анализ возможностей применения различных средств искусственного интеллекта для синтеза моделей мира отдельных ИР и РТС в целом на участке сборки самолетных конструкций**

**Искусственные нейронные сети** изначально были хорошо приспособлены для задач классификации, и первая модель перцептрона решала именно эту задачу. В силу указанного обстоятельства наиболее широкое применение искусственные нейронные сети (ИНС) находят в системах распознавания образов. В настоящее время аппарат нейронных сетей нашел применение в системах распознавания промышленных манипуляторов. Распознавание изображений давно стало необходимой частью сложных робототехнических систем. Системы объемного зрения позволяют получить информацию об ориентации объектов в пространстве. Ведутся попытки создания на базе однородных нейроподобных структур (вейвлет-нейронных сетей) систем планирования действий интеллектуальных роботов.

Вместе с тем, поскольку по своей природе ИНС не предназначены для воспроизведения процесса рассуждений, построение на их основе системы управления (СУ) ИР, в рамках изложенной в [6] концепции, нецелесообразно.

На данный момент общепринятым считается подход к созданию СУ ИР с использованием стандартных методов и средств инженерии знаний, к которым относятся производственные системы, семантические сети, фреймовые структуры и логические системы на основе формальных теорий первого порядка (как правило, исчисления предикатов).

Известно, что эффективность применения той или иной технологии представления и обработки знаний напрямую зависит от цели создания интеллектуальной системы. Интеллектуальные системы являются необходимым компонентом, решающим задачи создания модели мира, системы планирования действий и управления целями. База знаний (БЗ) в интеллектуальных системах является одной из главных частей модели мира и функций его преобразования. Рассмотрим с этих позиций применимость стандартных средств инженерии знаний к моделированию деятельности рабочего, а также

производственного коллектива на участке конвейерной сборки самолетных конструкций.

**Продукционные системы** строятся на выражениях вида ЕСЛИ-ТО, которыми можно описать практически все употребительные силлогизмы.

Продукционные модели (ПМ), впервые предложенные Постом [7], применяются в системах ИИ с 1972г. и являются на сегодняшний день наиболее популярными моделями знаний, используемыми в экспертных системах.

ПМ представляют собой набор правил вида «условия - действие», где условиями являются утверждения о содержимом базы данных (БД), а действия отражают процедуры, которые изменяют содержимое БД.

В продукционных системах принято различать три основные компоненты:

- а) БД (как правило, структурированная);
- б) множество продукционных правил, каждое из которых состоит из двух частей:
  - условий (антецедент); в этой части каждого правила указаны условия, от наличия которых зависит выполнение определенных действий;
  - действий (консеквент); данная часть правил содержит описание действий, которые должны быть выполнены над содержимым БД при наличии соответствующих условий;

в) интерпретатор, который по наличию условий определяет, какие продукции могут быть активированы в текущий момент, выбирает одно из них и выполняет действие над содержимым БД, соответствующее выбранному правилу.

В качестве примера использования ПМ для управления ИР рассмотрим фрагмент роботизированного участка сборки самолетных конструкций, включающий ИР – сборщик, в функции которого входит оценка характера поверхностей пары составных частей (СЧ) - СЧ1 и СЧ2 - для их последующего сопряжения. СЧ подаются попарно в рабочую зону ИР по конвейеру Тр1. В состав рассматриваемого фрагмента также входят конвейер Тр2 для подачи СЧ на соединение и накопитель НкД, в который помещаются СЧ, подлежащие доводке.

Предполагается, что движение конвейеров Тр1 и Тр2 пошаговое, и синхронизировано с движениями манипулятора ИР. В результате оценки с помощью датчиков сопрягаемых поверхностей СЧ, СУ ИР формирует управляющее воздействие (угол поворота манипулятора). Так, если в результате оценки допуск не превышает пороговой величины  $s$ , задаваемый угол поворота манипулятора даст возможность перенести и установить текущую пару СЧ на Тр2, в противном случае угол поворота будет достаточен для помещения этой пары в НкД.

Набор ПМ, описывающих алгоритм управле-

ния рассматриваемым фрагментом роботизированного участка (РУ), будет включать следующие правила:

Правило 1. ЕСЛИ СЧ1 И  $S_1 > s$  И СЧ2 И  $S_2 > s$  ТО угол поворота манипулятора  $m=x$ ;

Правило 2. ЕСЛИ СЧ1 И  $S_1 > s$  И СЧ2 И  $S_2 \leq s$  ТО угол поворота манипулятора  $m=x$ ;

Правило 3. ЕСЛИ СЧ1 И  $S_1 \leq s$  И СЧ2 И  $S_2 > s$  ТО угол поворота манипулятора  $m=x$ ;

Правило 4. ЕСЛИ СЧ1 И  $S_1 \leq s$  И СЧ2 И  $S_2 \leq s$  ТО угол поворота манипулятора  $m=y$ .

Модульность продукционной системы обеспечивает автоматическое изменение значений отдельных продукций, не вдаваясь при этом в смысл остальных. Главной особенностью продукционных систем, делающих их пригодными для создания моделей мира отдельных ИР – сборщиков самолетных конструкций, является сравнительная простота, наглядность и однородность, как самих правил, так и результатов вывода на знаниях. С другой стороны, указанная особенность дает возможность решать сравнительно простые, однотипные задачи (например, определение степени совпадения сопрягаемых частей при сборке). При решении же таких проблем, как координация функционирования коллектива ИР в составе РТС по сборке самолетных конструкций, имеет место резкое падение эффективности решения, поскольку данная проблема состоит из нескольких разнородных задач. Недостатком продукционных систем, как средства построения моделей мира ИР – сборщиков, является и необходимость периодического администрирования БЗ продукционного типа с целью выявления и устранения неполноты и противоречивости знаний. Указанный недостаток продукционных систем может быть до известной степени компенсирован путем реализации интеллектуальной системы в рамках одной из мультиагентных платформ [1]. Мультиагентные системы могут быть использованы для коллективного управления большим количеством роботов, способных функционировать как по отдельности, так и единой командой.

**Семантические сети** дают наиболее наглядное представление системы знаний о предметной области. Каждое отдельное знание при этом рассматривается как некое отношение между сущностями и понятиями и, формально, также, как и в продукционных системах, определенные заранее и уже существующие внутри системы знания, можно наращивать независимо с сохранением их модульности. В то же время все знания, относящиеся к одинаковым сущностям и понятиям, могут быть изображены в виде отношений между различными узлами, описывающими эти сущности, и это дает основание говорить о легкости и наглядности понимания такого пред-

ставления.

Под семантической сетью принято понимать ориентированный граф с помеченными вершинами и дугами, в котором вершины соответствуют конкретным объектам, а дуги, их соединяющие, отражают имеющиеся между ними отношения. Отношения, используемые в семантических сетях, можно разделить на следующие:

а) лингвистические, которые включают отношения типа: «объект», «агент», «условие», «место», «инструмент», «цель», «время» и др.;

б) атрибутивные (форма, цвет, размер и т. д.);

в) характеристики действия, т. е. род, время, наклонение, залог соответствующего глагола;

г) логические, отражающие действия логических связей, составляющих базис формальной теории (дизъюнкция, конъюнкция, импликация, отрицание);

д) квантифицированные, т. е. использующие кванторы общности и существования;

е) теоретико-множественные, которые включают понятия «множество», «элемент множества», «подмножество» и др.

Любая семантическая сеть может быть отнесена к одному из двух типов – интенциональному либо экстенциональному.

На основе семантических сетей, в принципе, всегда возможно организовать вывод на знаниях (ВНЗ), однако поскольку семантические сети являются собирательным названием всех систем представления знаний, использующих сети, определить для них полное множество алгоритмов, гарантирующих непротиворечивость процесса ВНЗ не представляется возможным. Следствием этого является отсутствие единого формализма для описания рассматриваемых систем знаний и существенное влияние субъективности на процесс синтеза интеллектуальных систем отдельных ИР – сборщиков и РТС в целом.

В практике разработки производственных систем с элементами ИИ находят применение различные модели представления знаний, в основе которых лежит концепция семантических сетей. В частности, здесь широко используется представление знаний в форме сетей Петри (СП) [8].

Наиболее часто вершины типа «Позиция» интерпретируются как объекты, необходимые для совершения какого-либо действия, о наличии таких объектов свидетельствует маркер в позиции; позиции же типа «Переход» интерпретируются как действия. Динамика производственного процесса отражается перемещением маркеров по СП.

Главным недостатком аппарата СП, как модели знаний в составе СУ ИР, является изначально низкая мощность представления классических СП (Safety

Petri Nets) при максимальной мощности разрешения. Под мощностью представления здесь понимается наличие средств отражения базовых (пространство, время и причинность) и производных от них категорий окружающего мира. Мощность разрешения свидетельствует о возможностях анализа СП как графовых структур на наличие в них активности, достижимости, покрываемости, а также тупиков и зацикливаний (dead locks).

Таким образом, повышение мощности представления СП путем, так называемого, расширения (временные, раскрашенные, стохастические СП) неизбежно ведет к снижению их мощности разрешения, а следовательно, и к ограничению возможностей по оценке качества знаний, содержащихся, например, в БЗ СУ ИР на предмет их полноты и непротиворечивости.

**Фреймовые структуры** определяют, как и в продукционных системах, форму представления знаний и отличаются от других систем представления знаний тем, что дают возможность одновременно с представлением знаний создавать алгоритмы ВНЗ. Для профессионального когнитолога такая особенность фреймовых структур является неоспоримым преимуществом, в то время как для рядового потребителя, каким является специалист по сборке самолетных конструкций, это создает значительные трудности. С точки зрения программной инженерии фреймовая система является расширением традиционных систем процедурного типа, не случайно данный формализм изначально был предложен его создателем, М.Минским, как структура данных о стереотипных ситуациях, иерархически связанных между собой по определенному признаку. Таким образом, каждый фрейм, как информационная структура, описывает одну из единиц обработки, обладающую до некоторой степени независимостью, и может представлять средства, связывающие между собой эти структурные единицы. Вместе с тем то обстоятельство, что во фреймовой иерархии знания задаются, по существу, процедурами, усложняет по сравнению с другими методами приобретение знаний и обедняет возможности динамической адаптации интеллектуальной системы к изменениям внешней среды. Кроме того, сложность отношений между фреймами прямо пропорциональна сложности описываемой предметной области.

Опишем фреймовую структуру БЗ СУ ИР – сборщика самолетных конструкций, используя для этого нотации Бекуса – Наура:

<фрейм> ::= (<имя фрейма><тело фрейма>)

<имя фрейма> ::= ИР-сборщик

<тело фрейма> ::= {(слот)}

<слот> ::= <аспект>

<аспект> ::= (<имя аспекта><тело аспекта>)

$\langle \text{имя аспекта} \rangle ::= (\langle \text{оценка поверхности СЧ1} \rangle | \langle \text{оценка поверхности СЧ2} \rangle)$

$\langle \text{тело аспекта} \rangle ::= (\langle \text{для СЧ1 } S_1 \leq s \rangle | \langle \text{для СЧ1 } S_1 > s \rangle | \langle \text{для СЧ2 } S_2 \leq s \rangle | \langle \text{для СЧ2 } S_2 > s \rangle)$

$\langle \text{для СЧ1 } S_1 \leq s \rangle ::= \langle \text{присоединенная процедура 1} \rangle$

$\langle \text{для СЧ2 } S_2 \leq s \rangle ::= \langle \text{присоединенная процедура 1} \rangle$

$\langle \text{для СЧ1 } S_1 > s \rangle ::= \langle \text{присоединенная процедура 2} \rangle$

$\langle \text{для СЧ2 } S_2 > s \rangle ::= \langle \text{присоединенная процедура 2} \rangle$

$\langle \text{присоединенная процедура 1} \rangle ::= \langle \text{поворот манипулятора ИР на угол X} \rangle$

$\langle \text{присоединенная процедура 2} \rangle ::= \langle \text{поворот манипулятора ИР на угол Y} \rangle$

$\langle \text{поворот манипулятора ИР на угол X} \rangle ::= 30$

$\langle \text{поворот манипулятора ИР на угол Y} \rangle ::= 115.$

Здесь  $S_1$  и  $S_2$  означают результаты оценки поверхностей СЧ1 и СЧ2 в паре СЧ,  $s$  – заданный допуск на качество поверхностей СЧ.

Главный недостаток фреймового представления моделей мира отдельных ИР – сборщиков и РТС в целом заложен в самой природе фреймов. Сам по себе каждый фрейм в иерархии отражает некую единую сущность, что затрудняет интерпретацию моделей мира ИР – сборщиков в виде соответствующих фреймов, а РТС – в виде фреймовой структуры, поскольку в этом случае неизбежно порождается наследование между отдельными фреймами, которое не имеет места в данной предметной области.

Таким образом, проведенный анализ возможностей применения продукционных систем, семантических сетей и фреймовых структур в качестве методической основы создания ИС РТС участка конвейерной сборки самолетных конструкций показал, что для каждого из рассмотренных формализмов характерно резкое усложнение процесса представления знаний при переходе от описания моделей мира отдельных ИР к синтезу единой модели мира РТС.

**Логико-предикативные системы** представления знаний также имеют указанный выше недостаток, однако если при использовании других стандартных средств на определенном этапе усложнение предметной области фактически лишает пользователя возможности управления знаниями (в том смысле, что не гарантируется достоверность получаемых результатов), логика предикатов дает возможность гарантировать достоверность результатов даже при понижении эффективности представления знаний. Следовательно, логика предикатов является единственной системой в классическом наборе средств представления знаний, применение которой

позволяет адекватно описать крупномасштабную предметную область, шаг за шагом задавая исходную информацию.

В интеллектуальных системах, основанных на логике предикатов, знания представляются с помощью перевода утверждений об объектах предметной области в формулы логики предикатов и добавления их как аксиом в систему. Конкретизация описания предметной области достигается путем установления однозначного соответствия между символами, входящими в состав предикатной формулы, и элементами (а также функциями и отношениями), определяемыми в данной предметной области.

Выводом в системе представления знаний на предикатах являются формулы, выводимые из аксиом с помощью правил вывода. Для организации вывода на знаниях могут использоваться различные правила, в частности Modus ponens, Modus tollens специализация, двойное отрицание и др. [9].

Решение конкретной задачи в логико-предикативной системе знаний сопряжено с переводом начального состояния объекта принятия решений и соответствующих операторов действий в формулы исчисления предикатов с добавлением их к множеству аксиом рассматриваемой формальной теории. Целевое же состояние объекта, при этом, выражается формулой и рассматривается как теорема, которая должна быть выведена из множества аксиом с помощью механизма, использующего упомянутые выше правила вывода. Трасса ВНЗ представляет собой, при таком подходе, последовательность дедукций приводящих объект принятия решений из начального состояния в целевое.

К несомненным достоинствам систем представления знаний на основе исчисления предикатов относится то, что они к настоящему времени достаточно глубоко исследованы как формальная система, их синтаксис и механизм интерпретации хорошо определены. Существуют строгие правила преобразования предикатных формул, а, следовательно, и четко определены операции над содержимым БЗ.

Основной недостаток рассматриваемой системы представления знаний состоит в их ограниченной выразительной способности, поскольку существует большое количество фактов, которые трудно или даже невозможно выразить средствами исчисления предикатов.

## Выводы

Проведенный анализ показал, что наиболее мощным средством представления знаний о предметной области в локальной системе управления ИР являются логические модели знаний. Однако в силу сложности математических структур, описывающих функционирование РТС средствами классической

логики, для формализации данной задачи целесообразно использовать метод определения лингвистической оценки формы поверхностей либо расположения осей сопрягаемых деталей, основанный на использовании математического аппарата нечеткого условного логического вывода. Использование аппарата нечеткой логики в данном случае связано с возможностью адекватно представить в моделях мира РТС, и каждого отдельно взятого ИР в ее составе, лингвистических понятий, которыми оперируют рабочие-сборщики в процессе принятия решений, а также имитировать рассуждения на основе тех категорий и правил, на которые они опираются. Кроме того, многие понятия и правила нечеткой логики являются обобщением или развитием логики предикатов. Лингвистические оценки, полученные при реализации таких моделей, дадут возможность легко формировать и реализовывать соответствующие управляющие воздействия на сервоприводы ИР.

Для формализации данной задачи целесообразно использовать метод определения лингвистической оценки формы поверхностей либо расположения осей сопрягаемых деталей, основанный на использовании математического аппарата нечеткого условного логического вывода.

## Литература

1. Афонин, В.Л. *Интеллектуальные робототехнические системы [Текст] / В.Л. Афонин, В.А. Макушкин. – М.: ИНТУИТ, 2005. – 208 с.*
2. *DARPA official materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.darpa.mil>. – 2.02.2013.*
3. *FIRA official materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fira.net>. – 2.02.2013.*
4. *IGVC official materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.igvc.org>. – 2.02.2013.*
5. *RoboCup Federation. Official materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.robotcup.org>. – 2.02.2013.*
6. *Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский; пер. с польского И.Д. Рудинский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.*
7. *Попов, Э.В. Искусственный интеллект [в 3-х кн.]. – Кн.1 Системы обобщения и экспертные системы: Справочник / под. ред. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.*
8. *Питерсон, Д. Теория сетей Петри и моделирование систем [Текст]: пер. с англ. / Д. Питерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.*
9. *Кузнецов, А.П. Дискретная математика для инженера [Текст] / А.П. Кузнецов, А.М. Адельсон-Вельский. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 480 с.*

*Поступила в редакцию 2.02.2013, рассмотрена в редколлегии 13.02.2013*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Е.И. Кучеренко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАТЬ В МОДЕЛЯХ СВІТУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РОБОТІВ-ЗБИРАЧІВ ЛІТАКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

*В.В. Воронько, І.В. Шостак*

У статті обґрунтовано доцільність роботизації складальних процесів в літакобудуванні, а також здійснено порівняльний аналіз можливостей застосування канонічних моделей подання знань при розробці інтелектуальних роботів-збирачів літакових конструкцій. Розглянуто особливості створення та застосування промислових інтелектуальних роботів (ІР) у збиральних процесах в літакобудуванні. Подано приклади представлення знань в локальних системах управління інтелектуальних роботів з предметної області «Конвеєрне збирання літакових конструкцій».

**Ключові слова:** роботизація, конвеєрне збирання, інтелектуальний робот, модель знань, метод віртуальних баз.

## KNOWLEDGE REPRESENTATION MODEL OF THE WORLD INTELLIGENT ROBOTS THAT GATHER AIRCRAFT STRUCTURES

*V.V. Voronko, I.V. Shostak*

In the article the feasibility of robotic assembly processes in the aircraft, as well as a comparative analysis of the applicability of the canonical models of knowledge representation for the synthesis of models in the world of intelligent robots and assemblers of aircraft structures. The features of industrial development and use of intelligent robots (IR), shows the characteristics of the functional component in industrial research and development. The examples of knowledge representation in local control systems intelligent robots in the domain of «Conveyor assembly of aircraft designs.»

**Keywords:** robotics, conveyor assembly, intelligent robot, knowledge model, the method of virtual bases.

**Воронько Віталій Володимирович** – канд. техн. наук, ст. науч. сотр., начальник учебно-аналитического отдела, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина e-mail: vitaliy.voronko@gmail.com.

**Шостак Игорь Владимирович** – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры инженерии программного обеспечения, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина e-mail: iv\_shostak@rambler.ru.