

УДК 629.7.01; 004.8

В.В. Воронько

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

## ПОДХОД К РОБОТИЗАЦИИ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*Рассмотрена специфика роботизации сборочных процессов в самолетостроении. Предложен подход к автоматизации участка конвейерной сборки самолетостроительного предприятия с использованием робототехнической системы на основе интеллектуальных роботов-сборщиков. Описана логическая модель функционирования робототехнической системы, показана целесообразность ее представления средствами нечеткой логики.*

**Ключевые слова:** легкие самолеты, сборочный процесс, конвейерная сборка, метод виртуальных баз, роботизация, промышленный робот, интеллектуальный робот, робототехническая система, система управления, нечеткая логика.

### Введение

Повышение эффективности отечественного самолетостроительного производства и его интенсификация определяются необходимостью ускорения научно-технического развития, проявляющимся в росте экономической, социальной и технической значимости внедряемых инноваций. Величина экономического эффекта от внедрения инноваций в значительной степени зависит от того, как сокращаются затраты живого труда. Даже с учетом того, что сейчас в отечественном самолетостроении примерно 60% общей суммы расходов на производство продукции составляют материальные затраты, связанные с овеществленным трудом (производство и первичная переработка сырья, топлива, энергии), доля затрат живого труда на заключительной стадии изготовления (обработка, сборка) все же достаточно высока – свыше 40 % – и распределена неравномерно. Так, трудоемкость сборочных операций в общей трудоемкости изготовления самолетов нередко достигает 60 % и более, тогда как автоматизировано 9...12 % общего объема сборочных работ (для сравнения – в механообработке соответственно 20 и 80 %) [1]. Низкий уровень автоматизации сборочных процессов в отечественном самолетостроении объясняется следующими основными факторами:

- спецификой и многообразием сборочных операций, заключающимися в высоких требованиях к характеристикам сопряжения и необходимости выполнения ряда специфических переходов, в частности, кроме основных, технологический сборочный процесс включает также подготовительные (контроль, сортировка, комплектация), вспомогательные (выходной контроль, поштучное и партионное деление, отсчет, транспортирование к сборочной позиции), сопутствующие (например гибка, зачистка, рихтовка), а также послесборочные операции (доводка);

- быстрой сменяемостью объектов производства и их выпуском малыми сериями;

- необходимостью адаптации методов и средств автоматизации к существующим техпроцессам без соответствующего анализа технологичности изделия и самого процесса с точки зрения возможности его автоматизированного изготовления и определения требуемого уровня автоматизации.

Качественно новым решением проблемы сокращения доли живого труда в условиях конвейерной сборки самолетных конструкций является применение промышленных роботов в качестве переналаживаемых сборочных средств с гибкими технологическими свойствами. Последнее 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 и 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, 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 переналаживаемых структур и элементов робототехнических систем, организованных по модульному принципу.

**Целью данной статьи** является изложение принципов и методов, лежащих в основе комплексного подхода к созданию робототехнических систем для конвейерной сборки узлов при производстве легких самолетов на отечественных предприятиях.

**Общая характеристика проблемы.** Проблема роботизации сборочных процессов в самолетостроении непосредственным образом вытекает из противоречия между требуемым уровнем эффективности конвейерной сборки узлов и агрегатов самолета и возможностями достижения этого уровня путем применения стандартных моделей методов и средств роботизированной сборки самолетных конструкций. Указанная ситуация возникла вследствие ориентированности типовых подходов на роботизацию преимущественно массового и крупносерийного производств с учетом присущей им специфики. Вместе с тем, особенности самолетостроения требуют создания специального подхода к организации роботизированной конвейерной сборки на самолетостроительном предприятии.

### Особенности роботизации сборочных процессов в самолетостроении

В общем случае сборочный процесс включает следующие операции: ориентирование с требуемой точностью руки рабочего относительно определенных поверхностей деталей, подлежащих сборке; захват сопрягаемой детали, ее перемещение в пространстве к сборочному приспособлению или базовой детали; ориентирование сопрягаемой детали с требуемой точностью относительно поверхности базовой детали или приспособления; сопряжение деталей, ориентированных взаимно с требуемой точностью; фиксация скомплектованных деталей.

Таким образом, роботизация сборочных процессов связана с разработкой системы транспортных и манипулирующих механизмов, заменяющих руку человека при осуществлении ею сложных координированных движений и сравнивающих действий, необходимых для выполнения перечисленных операций.

Сборка как технологический процесс является частью производственного процесса, связанного с качественным преобразованием (изменением) объекта производства. При наличии исходного состояния  $S_{и}$  заданного множеством параметров, характеризующих форму, размеры комплектующих сборочную единицу деталей, марку материала и его свойства, относительное положение деталей в пространстве, а также конечного состояния  $S_{к}$  в виде множества параметров, характеризующих сборочную единицу, способ сопряжения и вид фиксации, функция сборочного процесса может быть представлена в виде

$$\beta_{сп} : S_{и} \rightarrow S_{к},$$

при этом  $\beta_{сп} = \prod_{\forall j, i \in n} \beta_{ji}$ , где  $\beta_{ji} : S_i \rightarrow S_j$  - единичное

преобразование для упорядоченной пары состояний - первичного  $S_i$  и вторичного  $S_j$ .

В основу преобразования  $\beta_{ij}$  положено понятие операции как части процесса, характеризуемой целенаправленным взаимодействием среды с объектом, в результате которого происходит изменение его со-

стояния. Как следует из анализа функции сборочного процесса, знание только двух состояний  $s_i$  и  $s_j$  не позволяет однозначно определить преобразование  $\beta_{ij}$ , а, следовательно, вид операции и ее параметры. Данное обстоятельство приводит к многовариантности задачи осуществления сборки, так как для реализации одной и той же операции, а также функции всего процесса могут быть использованы системы с различной структурой и составом функциональных элементов (модулей), обладающие различными технико-экономическими параметрами. Решение этой задачи достаточно сложно - оно базируется на широком использовании разнообразных моделей (информационных, сетевых), а также на основных положениях теории графов и математических методов поиска и оптимизации. Специфика сборочных процессов в самолетостроении накладывает ряд ограничений на выбор адекватного математического аппарата для синтеза соответствующих моделей поведения ПР и согласования их функционирования. Поскольку при сборке самолетных конструкций на первый план выходит точность сопряжения сборочных частей, базовыми принципами роботизации должны стать принципы взаимозаменяемости и регулирования [1].

Автоматизация сборки изделий с использованием принципа взаимозаменяемости предусматривает получение двух- или многокомпонентных изделий заданного качества без коррекции в процессе сборки размерных цепей или других параметров сборочных компонентов. При роботизации сборочных процессов возможно применение полной и групповой взаимозаменяемости.

Использование принципа регулирования позволяет расширить область применения ПР для автоматизации сборочных процессов. В этом случае достижение требуемой точности выходных параметров при сборке изделий обеспечивается непрерывным или дискретным изменением (коррекцией) замыкающего звена, что характерно для метода индивидуальной пригонки. Промышленные роботы, выполняющие сборочные операции с использованием метода регулирования, должны быть снабжены специальными технологическими модулями - адаптивными сборочными головками [2].

Перечисленные принципы обеспечивают заданную точность сборочной единицы, однако они не гарантируют исходных условий для реализации сборочного процесса в связи со значительными суммарными погрешностями относительной ориентации объектов роботизации, накопленными в результате транспортных и технологических перемещений ПР и периферийных устройств РТС, обеспечивающих первичную ориентацию и организацию однослойного потока изделий при подаче на сборочную позицию. Поэтому применение ПР в автоматизации сборочных процессов требует проведения тщательного анализа составляющих погрешности ориентации для различных видов соединений и способов сборки, прежде

всего, структурных связей конструктивно-технологических составляющих погрешности ориентации, определяемых компоновкой РТС [3].

В современных условиях интенсификация сборочно-монтажных работ, как и самолетостроительного производства в целом, предполагает его комплексную автоматизацию, в частности роботизацию сборочных операций [3]. Особенную актуальность имеет проблема роботизации сборочного производства легких самолетов (ЛС). Замена рабочего-сборщика средствами робототехники порождает проблему разработки соответствующих систем управления с элементами искусственного интеллекта. Указанная проблема сводится к повышению уровня «интеллектуальности» производственных роботов-манипуляторов, которые должны быть способны в достаточной степени воспроизводить поведение рабочего [1]. В качестве методической основы организации производственных процессов в условиях роботизированной конвейерной сборки ЛС представляется целесообразным применение «сборки по виртуальным базам», подробно описанной в [4].

Структурный анализ трудоемкости выполнения сборочных операций по элементам показывает, что в большинстве случаев наибольший удельный вес (до 80 % и более) приходится на подачу, ориентирование и сопряжение элементов в процессе сборки, что особенно характерно для соединений с большим (три и более) числом комплектующих деталей. Для достижения наибольшего эффекта по снижению трудоемкости сборки самолетных конструкций целесообразно основные усилия направлять на механизацию и автоматизацию именно этих элементов сборочного процесса, а также стремиться к такому его построению, при котором обеспечивалась бы концентрация сборочных операций при минимальном количестве переходов {однопозиционная сборка или сборка в сборочных центрах}.

На производственных предприятиях в настоящее время применяются роботы трех типов [4]:

1. Программные. Роботы этого типа функционируют по жестко заданной программе (циклограмме).

2. Адаптивные. Данный тип роботов наделен способностью автоматически перепрограммироваться (адаптироваться) в зависимости от обстановки, при этом изначально для него задаются лишь основы программы действий.

3. Интеллектуальные. Для таких роботов задание вводится в общей форме, а сам робот обладает возможностью принимать решения или планировать свои действия в распознаваемой им неопределенной или сложной обстановке.

Интеллектуальные роботы (ИР) образуют особую, робототехническую группу в классификационной схеме производственных систем с искусственным интеллектом [2]. Любой ИР должен обладать так называемой моделью внешнего мира, которая обеспечивает ему возможность действовать в условиях

неопределенности информации [5]. В том случае, если эта модель реализована в виде базы знаний, то целесообразно, чтобы эта база знаний была динамической. При этом коррекция правил вывода в условиях меняющейся внешней среды естественным образом реализует механизмы самообучения и адаптации.

История ИР началась с создания в 1969 году в Стенфордском исследовательском институте (США) робота «Шейки», который назывался тогда интегральным роботом или мобильным автоматом с использованием принципов искусственного интеллекта. В состав «Шейки» входила динамическая часть, ЭВМ SDS-940 и соответствующее программное обеспечение [6]. Данный робот был создан для изучения процессов управления в сложной окружающей среде в реальном масштабе времени. Все функции, которые он выполнял, принадлежали одному из трех классов: решение задачи, восприятие, моделирование. Система управления роботом, осуществляющая решение задач, использовала записанную в модели информацию для планирования и расчёта последовательности действий. По мере изменения внешней среды активными действиями самого робота или по другим причинам модель должна была преобразовываться с целью запоминания этих изменений. Кроме того, в модель должна была добавляться новая, текущая информация о внешней среде, которую «Шейки» приобретал в процессе её познания.

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 для выполнения сборочно-монтажных работ с визуальным контролем. 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. Захват 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 определяются 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 [7].

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 робот среды, как следствие имевшего место в то время уровня организации производства.

В настоящее время во всем мире принята концепция комплексной роботизации производства с использованием промышленных ИР с низким уровнем интеграции. Такие роботы массово производятся фирмами во многих странах мира, среди этих фирм ведущими являются ABB, STAUBLI, REIS, MOTOMAN, MITSUBISHI. Современные промышленные ИР 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.

### Функциональные компоненты интеллектуальных роботов – сборщиков

На сегодняшний день к атрибутам ИР относят:

**Исполнительные органы**, а именно манипуляторы, ходовая часть и др. устройства, с помощью которых робот может воздействовать на окружающие его предметы. По своей структуре это сложные технические устройства, имеющие в своем составе сервоприводы, мехатронные части, датчики (визуальные, аудиальные и тактильные) и систему управления [8].

**Датчики** – системы технического зрения, слуха, осязания, дальномеры, локаторы и другие устройства получения информации об окружающей среде.

**Система управления** – программно реализованная технология приема информации от датчиков, выработки управляющих воздействий и передачи их на исполнительные органы.

Важными свойствами системы управления является способность к обучению и адаптации, т.е. способность генерировать последовательности действий для поставленной цели, а также подстраивать свое поведение под изменяющиеся условия окружающей среды для достижения поставленных целей.

В состав системы управления ИР дополнительно входят следующие компоненты:

**Система распознавания** – совокупность программно-аппаратных средств распознавания изображений, распознавания речи и т. п. Задачей системы распознавания является идентификация интеллектуальным роботом предметов и их расположения в пространстве.

**Система планирования действий** – средства «виртуального» преобразования модели мира с целью получения какого-нибудь действия. При этом обычно проверяется достижимость поставленной цели. Результатом работы планирования действий является построение планов, т.е. последовательностей элементарных действий.

**Система выполнения действий** – совокупность средств передачи элементарных действий (команд) на исполнительные органы ИР и контроля их выполнения. Если выполнение элементарного действия оказывается невозможным, то весь процесс прерывается и должно быть выполнено новое (или частично новое) планирование.

**Система управления целями** – средства формирования и поддержки иерархии целей для контроля порядка достижения поставленных целей с учетом их значимости.

**Модель мира** – отражает состояние окружающей ИР среды в терминах, удобных для хранения и обработки. Модель мира выполняет функцию запоминания состояния объектов окружающей среды и их свойств.

На рис. 1 представлена обобщенная структура ИР.

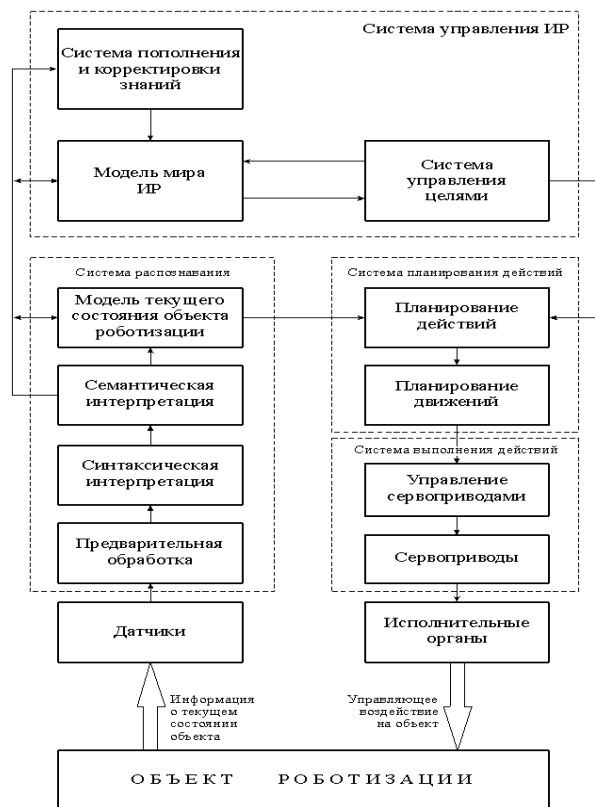


Рис. 1. Обобщенная структура ИР

Процесс создания РТС конвейерной сборки самолетных конструкций предполагает неперемную реализацию двух взаимосвязанных задач: синтеза модели мира отдельно взятого ИР и разработка на основе этой модели методов планирования его поведения в различных ситуациях, возникающих в условиях реального сборочного производства; разработки моделей и методов функционирования РТС в целом. При этом необходим такой инструмент моделирования, который мог бы использоваться на стадии технического проектирования при анализе вариантов РТС, а также на стадии эксплуатации системы (например, для выработки мероприятий по подготовке запуска новой номенклатуры изделий). При этом разрабатываемые модели мира должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать инвариантность при создании РТС, различающихся как количественно (числом модулей и их характеристиками), так и качественно (типом средств транспортирования, принципом накопления материальных потоков и методом увязывания сборочных частей);

- обеспечивать автоматическое управление процессом ориентирования объектов роботизации (ОР), которое заключается в дискретном или непрерывном переводе по командам системы управления объектов роботизации в точно заданное положение относительно ориентирующих поверхностей в пространстве (пространственное ориентирование) или относительно других ОР (взаимное ориентирование, часто называемое еще относительным ориентированием) путем линейных перемещений и угловых вращений относительно осей пространственной системы координат. При пространственном ориентировании ОР ориентация осуществляется относительно ориентирующих поверхностей функциональных устройств РТС (например, транспортных, лотковых), а при взаимном ориентировании объектам роботизации придается взаимная ориентация относительно осей, плоскостей или других ориентирующих элементов самих ОР.

### **Обобщенная модель функционирования РТС конвейерной сборки самолетных конструкций, представленная средствами формальной логики**

Дискретный характер технологических сборочных операций и свойства РТС как системы взаимодействующих модулей позволяют рассматривать такую систему на логическом уровне управления как дискретный объект управления, проходящий в процессе функционирования через конечное множество состояний Р. Каждое из этих состояний может быть полностью описано в соответствующий момент времени с помощью группы сигналов  $X = \{x(t)\}_i$  поступающих от датчиков, контролирующих работу ИР (технологического оборудования и состояние рабо-

чей среды). Совокупность всех групп сигналов образует множество  $X_i$ , адекватное множеству Р. Изменение состояния РТС является результатом обработки функциональными модулями системы некоторого управляющего воздействия  $Y_y$ , т. е. группы команд управления  $Y = \{y(t)\}_j$ , сформированных в данный момент времени. В свою очередь, каждое управляющее воздействие является компонентой строго упорядоченного вектора управления  $\overline{Y}_p$ , представляющей собой формализованное описание в символах управления требуемой технологии выполнения технологической операции. Следовательно, вектор  $\overline{Y}_p$  может рассматриваться как записанная в неявном виде программа работы РТС, содержащая всю необходимую для управления информацию. Исходя из этого, функционирование РТС может быть представлено как последовательность изменения его состояния под действием заданного вектора управления, т. е. последовательно формируемых системой управления (СУ) управляющих воздействий (команд управления). При этом РТС как управляемый объект реализует функцию отображения  $\Phi_y$  поступающего управляющего воздействия в соответствующее состояние

Необходимым условием функционирования РТС как совокупности переходов из одних состояний в другие является существование логической связи между данным состоянием и формируемым управляющим воздействием, представляемой в виде сложной логической функции  $\Phi_y$ . Эта функция связывает множество состояний РТС в вектор управлений, что позволяет интерпретировать программирование РТС как процедуру определения и задания такой функции. Для однозначности описания процедуры управления необходимо выбирать функцию  $\Phi_y$  такой, чтобы любое управляющее воздействие могло быть сформировано в том состоянии, которое было инициировано предыдущим воздействием (т. е. чтобы соблюдался принцип последовательности).

Формально такое требование записывается следующей системой условий:

$$\exists \Phi : \overline{Y}_p = \Phi_y(X_i);$$

$$\forall Y_k \in \overline{Y}_p : Y_{k+1} = \Phi[\Phi(Y_k)] \in \overline{Y}_p,$$

где  $\overline{Y}_p = \{y_1, \dots, y_k, \dots, y_p\}$ ;  $X_i = \{x_1, \dots, x_a, \dots, x_N\}_{N-2^i}$ ;  
 $y_k = y(t)_{t=t_k} = \{y_1(t), \dots, y_m(t)\}_{t=t_k}$ ;  $\Phi : Y_k \rightarrow x_k$ ;  
 $x_a = x(t)_{t=t_a} = \{x_1(t), \dots, x_i(t)\}_{t=t_a}$ .

Таким образом, логика функционирования РТС отражается сложной логической функцией управляющих воздействий, определенной на множестве возможных состояний РТС, причем в процессе управления осуществляется цикличное преобразование информации по цепочке действие – состояние – действие.

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 [9]. 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.

### Выводы

1. С учетом специфики самолетостроительного производства, в основу подхода к его роботизации должны быть положены базовые принципы взаимозаменяемости и регулирования.
2. Соблюдение принципов самообучения и адаптации обеспечит адекватное поведение роботов-сборщиков в условиях динамического изменения внешней среды, что характерно для сборочных процессов в самолетостроении.
3. При проектировании программы действий каждого робота-сборщика должен соблюдаться принцип последовательности (то есть любое управляющее воздействие должно быть продублировано для того состояния объекта роботизации, которое было инициировано предыдущим управляющим воздействием).

4. Принципы взаимозаменяемости, регулирования, самообучения, адаптации и последовательности могут быть в полной мере соблюдены лишь при использовании интеллектуальных роботов в качестве манипуляторов в составе робототехнической системы на участке конвейерной сборки самолетных конструкций.

5. Модели мира как отдельных интеллектуальных роботов-сборщиков, так и соответствующей РТС, целесообразно синтезировать на основе математического аппарата нечеткой логики.

### Список литературы

1. Афонин В.Л. Интеллектуальные робототехнические системы / В.Л. Афонин, В.А. Макушкин. – М.: ИНТУИТ, 2005. – 208 с.
2. Интеллектуальные системы принятия проектных решений [Текст] / А.В. Алексеев, А.Н. Борисов, Э.Р. Виллюмс, Н.Н. Слядзь, С.А. Фомин. – Рига: Зинатне, 1997. – 320 с.
3. Фу К. Робототехника: Пер. с англ. / К. Фу, Ф. Гонсалес, К. Лик. – М. Мир; 1989. – 624 с.
4. Воронько В.В. Основные направления и тенденции развития зарубежных технологий сборки авиационных конструкций [Текст] / В.В. Воронько // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» - Вып.45. – Х., 2010. – С.87–98.
5. DARPA official materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.darpa.mil>.
6. Макаров И.М. Робототехника: история и перспективы / И.М. Макаров, Ю.И. Топчиев. – М.: Наука, Издательство МАИ, 2003. – 322 с.
7. FIRA official materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fira.net>.
8. RoboCup Federation. Official materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.robocup.org>
9. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. 2011. – 798 с.

Поступила в редколлегию 11.03.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### ПІДХІД ДО РОБОТИЗАЦІЇ ЗБИРАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ НА ВІТЧИЗНЯНИХ ЛІТАКОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

В.В. Воронько

*Розглянуто специфіку роботизації збиральних процесів в літакобудуванні. Запропоновано підхід до автоматизації ділянки конвеєрної збірки літакобудівного підприємства з використанням робототехнічної системи на основі інтелектуальних роботів-збирачів. Описана логічна модель функціонування робототехнічної системи, показана доцільність її подання засобами нечіткої логіки.*

**Ключові слова:** легкі літаки, збиральний процес, конвеєрна збірка, метод віртуальних баз, роботизація, промисловий робот, інтелектуальний робот, робототехнічна система, система управління, нечітка логіка.

### APPROACH TO ROBOTIZATION ASSEMBLY PROCESS IN THE DOMESTIC AIRCRAFT MANUFACTURING ENTERPRISES

V.V. Voronko

*Specificity of robotic assembly processes in aircraft is considered. An approach to automating plot conveyor assembly aircraft manufacturing enterprise, using a robotic system based on intelligent robots and assemblers are offered. Describes the logical model of the robotic system, the expediency of its presentation means of fuzzy logic is shown*

**Keywords:** light aircraft assembly process, conveyor assembly, the method of virtual databases, robotics, industrial robots, intelligent robot, robotic systems, control systems, fuzzy logic.