



Литература

1. ГОСТ 26228-90 – Системы производственные гибкие. Термины определения. Номенклатура показателей [текст]. Введ. 1991-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов. 1990. – 10 с.
2. Сердюк А. И., Сергеев А. И., Корнипаев М. А., Гильфанова Ф. Ф. Стратегия и тактика формирования технического предложения по созданию гибких производственных систем механообработки // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – №. 1. – С. 138-145.
3. Shang J., Sueyoshi T. A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system // European Journal of Operational Research. – 1995. – Т. 85. – №. 2. – С. 297-315.
4. Saitou K., Malpathak S., Qvam H. Robust design of flexible manufacturing systems using, colored Petri net and genetic algorithm // Journal of intelligent manufacturing. – 2002. – Т. 13. – №. 5. – С. 339-351.
5. Ломазова И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой. – М.: Научный мир, 2004. – 208 с.
6. Кульга К. С., Китаев А. А., Сидоров И. О., Кожинов Д. Г. Применение программного обеспечения САХ-систем и виртуального моделирования для проектирования компоновок гибких производственных систем // СТИН. – 2015. – №12. – С. 6-14.

К.С. Кульга, А.В. Половинкин

СТРУКТУРНЫЙ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОНСТРУКЦИЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

(Уфимский государственный авиационный технический
университет «УГАТУ»)

Актуальность проблемы. Проектирование специальных станочных приспособлений (СП) для изготовления деталей и сборочных единиц (ДСЕ) авиационных двигателей и машиностроения обладает следующими особенностями: 1) обеспечение высокой точности изготовления ДСЕ; 2) сложность и разнообразие конструкций ДСЕ. Это приводит к существенным ограничениям применения универсальных СП, а также к необходимости проектирования множества видов СП и усложнению их конструкций; 3) использование разнообразных технологий изготовления ДСЕ. Это обуславливает разнообразие применяемых видов и конструкций СП; 4) применение труднообрабатываемых материалов ДСЕ. Например, при механической обработке ДСЕ, возникают значительные силы резания, которые повышают требования к жёсткости и прочности СП, а также усложняют конструкцию СП.

Системный анализ научных исследований в области методологии проектирования специальных СП выявил следующие недостатки [1]: 1) создание но-



вой конструкции СП основано на экспертных оценках, включает значительные затраты времени на изучение проектной и справочной информации, непосредственно на проектирование и оформление комплекта конструкторской документации; 2) учитываются только общие вопросы базирования заготовок с профильными посадочными поверхностями; 3) не учитываются особенности проектирования и технологических процессов изготовления базовых деталей СП, что приводит к снижению качественного уровня конструкции СТО; 4) отсутствуют математические модели для решения прямой и обратной задач автоматического проектирования СП на основе моделирования размерных, точностных, силовых и жесткостных характеристик (структурный синтез конструкции СП), а также определения значения целевой функции с учётом конструкторских, технологических, производственных и экономических ограничений (параметрический синтез конструкции СП); 5) проектирование СП выполняется без применения методов автоматического формирования параметрических трёхмерных геометрических моделей СП и формирования комплекта конструкторской документации СП (сборочные и детализовочные чертежи, спецификации и т.п.). Во всех опубликованных работах преобладают рутинные функции для проектирования и оформления комплекта конструкторской документации СП, осуществляемые с помощью базовой функциональности ПО САД-систем и БД типовых конструктивных элементов; 6) высокая вероятность появления ошибок при значительных затратах времени на проектирование СП; 7) отсутствие программного взаимодействия на уровне наборов данных и управления с интегрированными автоматизированными системами (ИАИС) *Stalker PLM*[2] и *ERP(Enterprise Resource Planning)*-системами в едином информационном пространстве (ЕИП) на основе электронной структуры изделия.

Таким образом, актуальной является проблема создания и экспериментальной апробации многоуровневой интегрированной информационно-управляющей системы нового поколения – системы автоматического проектирования (САПР), предназначенной для повышения качества и существенного (до 75%) сокращения сроков проектирования специальных СП, предназначенных для механической обработки ДСЕ высокотехнологической продукции в условиях позаказного авиационного и машиностроительного производства.

Цель. Разработка моделей и методов создания САПР для проектирования специальных СП, предназначенных для механической обработки ДСЕ высокотехнологической продукции, включая программное взаимодействие на уровне наборов данных и управления в ЕИП с ИАИС и *ERP*-системой предприятия.

Теоретическая часть. Разработка ПО САПР для проектирования специальных СП осуществлялась на основе методологии, подробно описанной в монографии [2].

Функциональная модель САПР. Объектно-ориентированная функциональная модель САПР разработана с применением методологии *Rational Unified Process (RUP)* и платформенно-независимого объектно-ориентированного языка *UML (Unified Modeling Language)* [3]. Этапы разработки объектно-ориентированной ФМ САПР [1, 2]: бизнес-моделирование; определение функ-



циональных и нефункциональных требований; анализ и проектирование; реализация; тестирование; развертывание. Каждый этап включал выполнение задач для достижения конечной цели функционального моделирования – разработка ПО САПР для проектирования СП. Реализация вышеуказанных этапов подробно рассмотрена в работе [1]. ФМ является основой для создания информационной и математической моделей, а также базовых информационных технологий САПР.

Информационная и математическая модели САПР. Основой информационной модели САПР является диаграмма классов [2], в которой каждый класс представляет собой информационное представление объектов математических моделей САПР.

Математическое обеспечение САПР включает в себя реализацию:

1) прямой и обратной задач автоматического проектирования специальных СП (структурный синтез конструкции СП) на основе разработанных математических моделей и алгоритмов расчетов размерных, точностных [4], силовых и жесткостных характеристик СП (с применением метода конечных элементов - МКЭ);

2) параметрического синтеза конструкции специального СП на основе предлагаемого обобщенного критерия оптимальности, учитывающего различные частные конструкторские, технологические, производственные и экономические критерии оптимальности;

3) автоматического формирования параметрических трёхмерных геометрических моделей и комплекта конструкторской документации для специального СП на основе применения API (*Application Programming Interface*)-функций CAD-систем и БД параметрических конструктивных элементов СП и стандартных изделий;

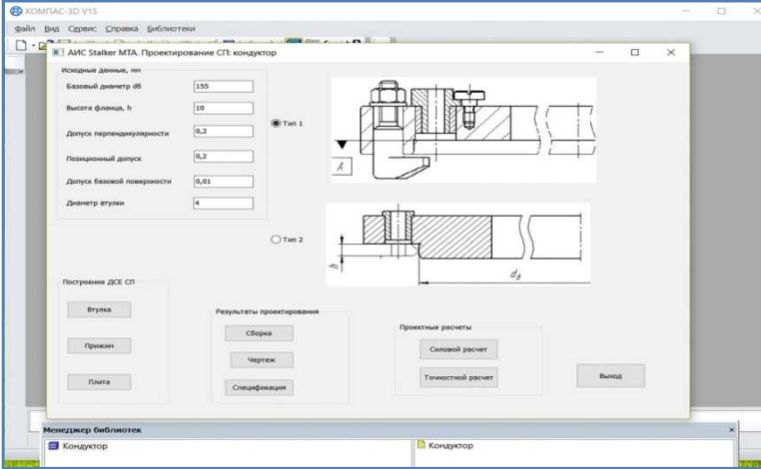
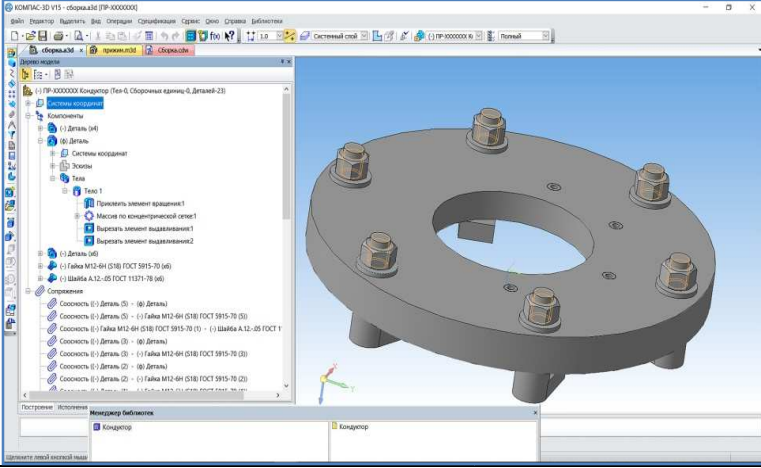
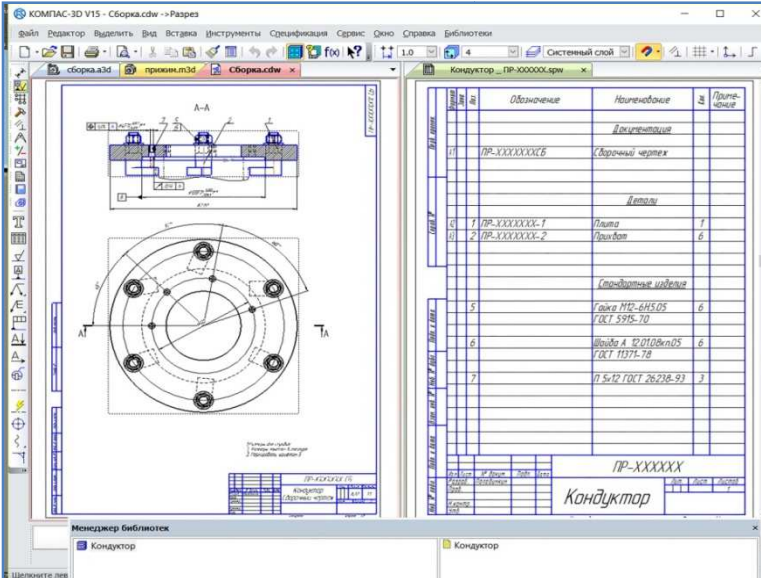
4) прямого и обратного программного интерфейса предлагаемой САПР СП с ИАИС и ERP-системой в ЕИП предприятия на основе электронной структуры изделия.

Базовые информационные технологии САПР. Предложенные модели, методы и обобщённый критерий оптимальности использовались при создании ПО САПР для проектирования специальных СП. На этом этапе методологии [2] разработано ПО САПР *Stalker MTA*, включая использование возможностей менеджера библиотек и API-функций CAD-системы КОМПАС-3D [5].

Рассмотрим пример автоматического проектирования специального СП «Кондуктор», предназначенного для механической обработки детали типа «Корпус» на вертикально-сверлильном станке с помощью ПО САПР *Stalker MTA* (табл. 1).



Таблица 1 – Базовые информационные технологии ПО САПР *Stalker MTA*

№ п.п.	Описание базовой информационной технологии ПО САПР	Реализация базовой информационной технологии ПО САПР																																													
1.	Интеграция ПО САПР <i>Stalker MTA</i> и ПО CAD-системы <i>КОМПАС-3D</i> [5] на уровне наборов данных и управления.																																														
2.	Структурный синтез конструкций специальных СП: 2.1. Размерные, точностные, силовые и жесткостные (с помощью МКЭ [5]) расчёты СП; 2.2. Автоматическое построение параметрических трёхмерных геометрических моделей ДСЕ СП.																																														
3.	Параметрический синтез конструкций специальных СП.	Расчет обобщенного критерия оптимальности, учитывающего разнородные частные конструкторские, технологические, производственные и экономические критерии оптимальности.																																													
4.	Автоматическое построение сборочного чертежа специального СП и формирование его спецификации в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД).	 <table border="1" data-bbox="1085 1523 1436 1904"> <thead> <tr> <th>№</th> <th>Обозначение</th> <th>Наименование</th> <th>Из</th> <th>Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ПР-XXXXXXX</td> <td>Сборочный чертеж</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Детали</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ПР-XXXXXXX-1</td> <td>Плита</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ПР-XXXXXXX-2</td> <td>Пластина</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Стандартные изделия</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Гайка М12-6H ГОСТ 5915-70</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Шайба А 12-6H ГОСТ 11371-78</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>П 5-12 ГОСТ 26238-93</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	№	Обозначение	Наименование	Из	Примечание	1	ПР-XXXXXXX	Сборочный чертеж			Детали					1	ПР-XXXXXXX-1	Плита	1		2	ПР-XXXXXXX-2	Пластина	6		Стандартные изделия					5	Гайка М12-6H ГОСТ 5915-70		6		6	Шайба А 12-6H ГОСТ 11371-78		6		7	П 5-12 ГОСТ 26238-93		3	
№	Обозначение	Наименование	Из	Примечание																																											
1	ПР-XXXXXXX	Сборочный чертеж																																													
Детали																																															
1	ПР-XXXXXXX-1	Плита	1																																												
2	ПР-XXXXXXX-2	Пластина	6																																												
Стандартные изделия																																															
5	Гайка М12-6H ГОСТ 5915-70		6																																												
6	Шайба А 12-6H ГОСТ 11371-78		6																																												
7	П 5-12 ГОСТ 26238-93		3																																												



В работе [1] подробно описана реализация программного взаимодействия на уровне управления и наборов данных между ИАИС *Stalker PLM* и *ERP*-системой предприятия для расчета параметров предварительной, плановой и фактической себестоимостей в условиях позаказного изготовления высокотехнологической продукции.

Заключение. На основе предложенных моделей и методов авторами разработано и экспериментально апробировано ПО САПР *Stalker MTA*, отличающиеся реализацией автоматического проектирования специальных конструкций СП на стадии технической подготовки производства ДСЕ высокотехнологической продукции и информационным взаимодействием с ИАИС *Stalker PLM* и *ERP*-системой в едином информационном пространстве авиационного и машиностроительного предприятия [2].

Литература

1. Кульга К.С., Половинкин А.В. Автоматизация проектирования станочных приспособлений // СТИН. – 2015. – №10, С. 4-9.
2. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством / Кульга К. С., Кривошеев И. А. – М. : Машиностроение. – 2011. – 377 с.
3. Рамбо Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка / Рамбо Дж. – 2-е изд. – СПб. : Питер. – 2007. – 544 с.;
4. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Вардашкина Б. Н. – М. : Машиностроение. – 1984. – 430 с.
5. Компания АСКОН [Электронный ресурс] // Комплексные решения для машиностроения. – Режим доступа: <http://www.ascon.ru> – Проверено 12.02.2017.

В.А. Трусов, В.В. Трусов, Л.А. Авдоница, А.Е. Вершинин

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ АСУ ТП И КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА

(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)

Главной задачей этой подсистемы является увеличение производительности труда, улучшение качества обработанных деталей и увеличение объема выпускаемой продукции. В выборе ее математической логики нужно: 1 – создавать математические модели (ММ) управления технологическими процессами; 2 – при построении ММ использовать такие методы, как отброс грубых измерений, восстановления недостающих значений, поверку однородности дисперсий, анализ данных управления по дисперсии, построение и анализ регрессионной модели, создание разнообразных ММ и оформление их в виде массива.