

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Н.В. Беляков, Ю.Е. Махаринский, Н.Н. Попок

В номенклатуре деталей, применяемых в машиностроении, порядка 5 – 20 % составляют корпусные детали. Причем 50 – 60 % из них являются деталями средних габаритных размеров. Трудоемкость проектирования технологических процессов их изготовления в 5 – 10 раз выше трудоемкости проектирования технологий изготовления деталей других классов. Автоматизация проектирования позволяет сократить трудоемкость проектных работ и повысить их качество.

Для автоматизации создания комплекта технологической документации на изготовление корпусных деталей на станкостроительных предприятиях в рамках задания 01.26 Региональной научно-технической программы «Инновационное развитие Витебской области» разработана САПР технологических процессов (ТП) изготовления корпусных деталей средних габаритных размеров. Задание выполнялось совместно с ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец» на базе САПР ОАО «Институт БЕЛОРГСТАНКИНПРОМ» с использованием методик, моделей и алгоритмов, разработанных в УО «ВГТУ».

Объект разработки – машиностроительные изделия, в частности детали средних габаритных размеров класса «корпус», конструктивные элементы, технологические процессы изготовления деталей, а также системы автоматизированного проектирования технологических процессов, их функциональные возможности, инструментарий, теоретические основы функционирования САПР.

Целью исследований являлось создание теоретических основ, принципов и методов разработки конструктивно-технологической модели заготовки, классификации объекта производства и алгоритмизация процессов проектирования.

Для достижения указанной цели поставлены следующие *задачи*: провести анализ существующих САПР ТП; разработать алгоритм функционирования САПР ТП изготовления корпусных деталей, метод формирования комплексных технологических процессов для корпусных деталей на базовых предприятиях; разработать систему классификации конструктивных элементов (функциональных модулей (ФМ)) базовых предприятий.

Для исследования и решения, поставленных задач использовались *методы* теории автоматизации проектирования, теории базирования, системно-структурного анализа и моделирования, алгебры логики, теории множеств, проводился анализ литературных источников, конструкторской и технологической документации станкостроительных заводов ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец».

В результате анализа существующих САПР ТП установлено, что на рынке САПР представлены системы США, Великобритании, Германии, Франции, Италии, Индии, Китая, России, Белоруссии и др. Большую часть рынка занимают CAD – Computer Aided Design (автоматизированное проектирование изделий); CAM – Computer Aided Manufacturing (автоматизированная технологическая подготовка производства); CAE – Computer Aided Engineering (автоматизированные расчеты и анализ); CAPP – Computer Aided Process Planning (автоматизированное проектирование технологических процессов); CAAP – Computer Aided Assembly Planning (автоматизированное проектирование процессов сборки); PDM – Product Data Management (управление проектными данными о продукте

(изделии)); PLM – Product Life Cycle Management (управление жизненным циклом изделия); ERP – Enterprise Resource Planning (планирование и управление предприятием); MRP – Manufacturing (Material) Requirement Planning (планирование производства); CNC – Computer Numerical Control (компьютерное числовое управление) системы. Проектирование ТП изготовления деталей обеспечивают системы CAPP. Системы CAM, CAPP, CAAP относят к САПР ТП. Системы CAPP могут входить в интегрированные САПР, например, системы CAE/ CAD/ CAM/ CAPP.

Таблица 1 – Сравнительный анализ возможностей систем автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей

Характеристика	ADEM	NATTA	Pro/TechDoc	SprutTP	SWR-технология	TECHCARD	Technologi CS	Techwind	T-FLEX Технология	"Автомат"	ВЕРТИКАЛЬ	Импуль	КАРУС	Темп	Технолог Гепард	Компас-Автопроект	ТехноПро
Проектирование ТП																	
диалоговое	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x
на базе типового ТП	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
модульный принцип	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
Автоматический режим для деталей																	
тела вращения	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-
призмы	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-
корпусы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLE-контейнер	x	x	-	x	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x
Размерный анализ ТП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
Наличие экспертной системы	x	x	-	-	-	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	-	-
Расчет режимов резания и норм времени	x	-	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x
Интеграция с PDM	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x
Дерево формирования ТП	x	x	-	x	-	x	x	-	x	-	x	x	x	x	x	x	x
Редактор бланков	-	-	-	-	x	x	x	-	x	-	x	-	-	-	x	x	-
Построение операц. эскизов	x	-	-	x	-	x	x	-	x	-	x	-	-	x	-	x	x

Наибольшее распространение в странах СНГ получило 25 различных САПР - систем. Это такие системы, как: ADEM, NATTA, Pro/TechDoc, SprutTP, SWR-технология, TECHCARD, Technologi CS, Techwind, T-FLEX Технология, "Автомат", ВЕРТИКАЛЬ, Импуль, КАРУС, Темп, Технолог Гепард, Компас-Автопроект, ТехноПро. Однако ни одна из систем не позволяет в автоматизированном режиме формировать технологические процессы изготовления корпусных деталей. Анализ функциональных возможностей систем позволил сформировать сравнительную таблицу возможностей САПР и наличия инструментария (таблица 1). Очевидно, большинство систем работают по диалоговому принципу либо с использованием типового технологического процесса. Модульный принцип используется лишь в двух системах. Автоматический режим проектирования для корпусных деталей не используется вовсе. Это обусловлено тем, что не разработаны методики и формальные процедуры проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей (включающие такие трудноформализуемые процедуры, как выбор маршрута и основных технологических операций, назначение схем базирования, выбор условий обеспечения заданной точности обработки). Принятие

проектных решений часто основывается на опыте и интуиции проектировщика. Следствием является отсутствие работоспособных специализированных САПР ТП изготовления корпусных деталей.

Алгоритм функционирования САПР ТП изготовления корпусных деталей предлагается строить по концепции построения технологических процессов на основе трех методов организации производства (типизации технологических процессов, групповой обработки деталей, модульной технологии). Концептуально технологический процесс предлагается формировать на основе идей типовой и групповой технологии с дальнейшим использованием функциональных модулей и маршрутов их обработки в качестве дополнительных поверхностей.

Корпусные детали состоят из разнообразных конструктивных элементов различным образом сориентированных в пространстве (рисунок 1). В связи с этим процесс создания комплексной детали является весьма трудоемким и сложным.

Основой метода формирования типовых комплексных технологических процессов является классификация и группирование деталей, видов работ и технологических процессов. При проектировании технологии по коду выбранной типовой детали ставится в соответствие код комплексного технологического процесса ее изготовления. Для создания комплексных деталей и технологических процессов использован *эволюционный* способ на основе классификации элементов конструкторских архивов ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец». Детали, изготавливаемые на предприятии, делились на ряд технологически подобных. В каждой группе выбрана базовая (обычно наиболее сложная) деталь. Технологический процесс ее изготовления считается базовым. Другие детали данной группы – присоединяемые. Сопоставляя технологические процессы изготовления базовой и присоединяемой деталей, сформированы обобщенные технологические процессы. Используя массив дополнительных поверхностей (функциональных модулей), можно получить комплексную деталь и технологический процесс.



Рисунок 1 – Иллюстрации некоторых корпусных деталей заводов ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец»

При анализе чертежей корпусных деталей средних габаритных размеров ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец» выделен ряд классификационных признаков деталей, разработана структура классификации и классификаторы деталей (рисунок 2). Все классы предлагается делить на 5 и 6 подклассов. В свою очередь внутри подклассов имеются группы, внутри групп –

подгруппы, виды и другие иерархические подуровни. Признаки подуровней для различных классов различны. Классификатор представляет собой классификационную сетку с множеством уровней и подуровней, особыми признаками классификации на уровнях (рисунок 3). Каждой классификационной группе присвоен цифровой код, так чтобы между классификационными группами и их кодами существовало однозначное соответствие.

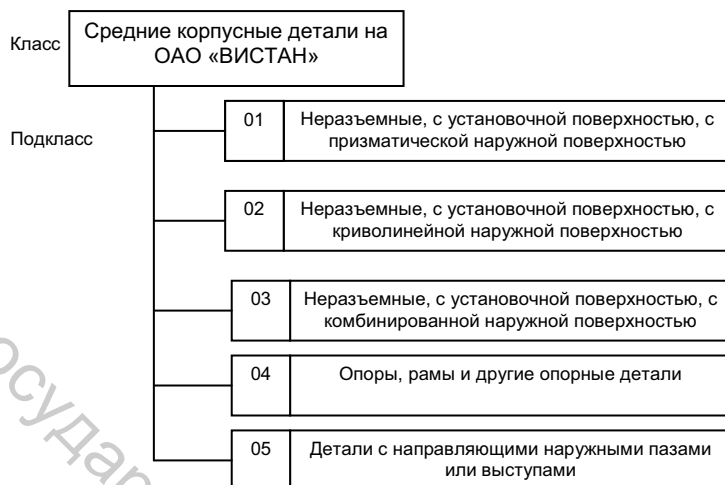


Рисунок 2 – Система классификации деталей на базовых предприятиях

Для создания метода формирования комплексных технологических процессов проведен анализ частных технологических процессов изготовления деталей в технологических бюро станкостроительных заводов ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец». В общей сложности было проанализировано 350 технологий изготовления деталей средних габаритных размеров. Для проведения исследований технологические процессы изначально распределялись по применимости их в станках и по служебному назначению, что позволило распределить технологические процессы по классификационным признакам деталей (таблица 2).

Таблица 2 – Группирование технологических процессов ОАО «ВИСТАН» по кодировочным признакам

Код признаков	Технологический процесс изготовления деталей
1	2
Подкласс 01	
0101111	ВСН-3А50СNC2.11.102
0101112	ВС-80.31.101; ВСН-3А50СNC2.20А.102
0101122	ВСН-3А50СNC2.23.105; ВСН-3А50СNC2.17А.101; 16.ВТ20.44.103
0101132	5Д312.22.101; ВС-630Ф4.17.101; ВС-630Ф4.21.101; ВШ-028.51.222; 5Б352ПФ2.21.101; 5Б352ПФ2.35.102
0101133	ВСН-3А50СNC2.17.101; ВШ-152УВ.30.101 ВШ-152УВ.30Э.101; 5Б352ПФ2.17.101
0101212	5Б352ПФ2.22.101; ВСН-620СNC.22.101
0101222	ВСН-122.11.108

Окончание таблицы 2

1	2
01021133	BC-E028.20.107
01021233	53Б30ПФ4.33.101
Подкласс 02	
0201112	53Б30ПФ4.33.102; BC-122.20.102A BC-122.23.102; BC-122.33.103Б BC-122.33.104Б; BC-E028.20.110; 5Б352ПФ2.66.103
...	...

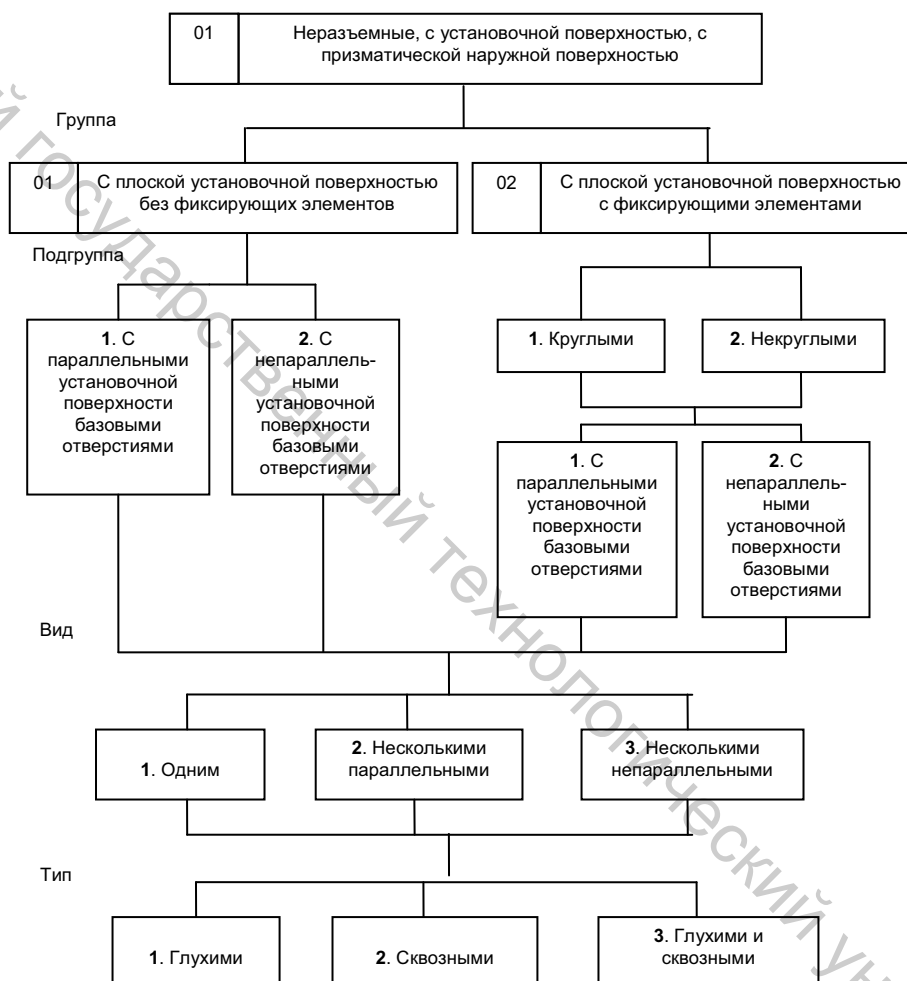


Рисунок 3 – Классификационные признаки деталей подкласса 01

Детали, отнесенные к одному типу, характеризуются общностью процессов обработки основных поверхностей. Технологический процесс разработан на комплексную деталь, обладающую наибольшим количеством характерных признаков, или на совокупность деталей одного класса и охватывает все операции данного типа, а не только операции обработки основных поверхностей.

Для исследования общности технологии и определения базовых поверхностей и порядка смены баз технологические процессы предлагается представлять в виде сравнительного описания операций (таблица 3). Установлено, что на уровне подгрупп детали обладают общностью технологии, и на них становится возможным сформировать комплексный технологический процесс (КТП). Дальнейшее сопоставление ТП на уровне групп также может позволить объединить ТП.

Для формирования образа комплексной детали присваиваются номера главным функциональным модулям, определяющим деталь на множестве признаков каждой детали подгруппы. В пределах каждой комплексной детали частные детали обладают общностью конструктивных признаков и отличаются между собой некоторыми размерами, не влияющими на технологию изготовления. Обработка деталей должна осуществляться по единому плану операций с одинаковым числом установок на однородных станках и приспособлениях. Так, для деталей подгруппы 010111 ОАО «ВИСТАН» внешний вид комплексной детали можно представить в виде, изображенном на рисунке 4.

Таблица 3 – Сравнительная таблица техпроцессов деталей (коды 0101111 0101112 0101122)

Операция	Подкласс 01		
	0101111	0101112	0101122
	ВСН – 3А50СNC2.11.102	ВС-80.31.101	ВСН- 3А50СNC2.23.105
005	Перемещение Кран мостовой	Перемещение	Перемещение Кран мостовой 5т
010	Дробеструйная	Разметка Разметочная плита Красить места разметки меловым раствором. Установить деталь на поверхность «Е» на разметочную плиту, выверить. Разметить ось «Ж». Линию разметки вынести по контуру....	Разметочная Проверить размеры отливки Проверить размеры отливки Нанести осевые линии Разметить деталь под обработку: нижнюю в р-р 5 Пл.разъема в р-р 104 (А-А)
015	Разметочная Проверить размеры отливки Нанести осевые Разметить под мех. обработку.	Горизонтально- расточная 2А662Ф2-1 Установить деталь поверхностью «Е» на столе, выверить по разметке, закрепить. Фрезеровать поверхность размера 82 как чисто технологически для базы.	Г- расточная Установить плоскостью разъема Е, выверить по линии разметки, крепить (на подкладках) С поворотом на 90° Фрезеровать: нижнюю плоскость, выдержать р-р 5 до 8, боковую по размеру 330 до чистоты. ...
...	...	...	...
030	Вибростарение	Контроль	Старение
...	...	...	...

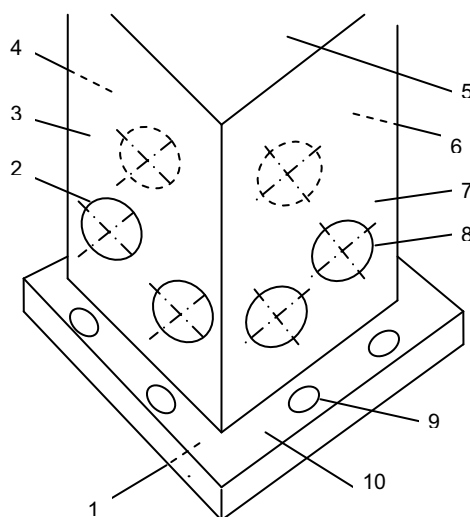


Рисунок 4 – Внешний вид абстрактной комплексной детали для группы 01011 ОАО «ВИСТАН»

После анализа деталей группы по конструктивным и конструкторско-технологическим признакам выделены общие главные поверхности для всех деталей группы. Результаты предлагается оформлять в виде массива, представленного в таблице 4. В таблице значком «X» обозначают, что деталь имеет главный определяющий признак – функциональный модуль. Таблица позволяет сформировать комплексные детали, которые включают все общие функциональные модули. При разработке комплексного технологического маршрута обработки на основе сравнения ТП становится возможным определить последовательность технологических операций.

Таблица 4 – Формат массива представления состава конструктивных элементов деталей

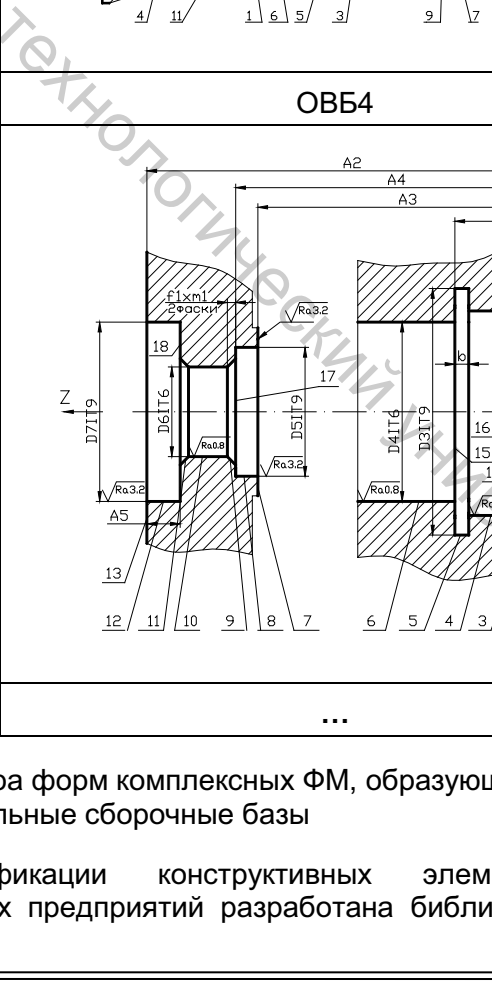
Номер характерной поверхности	Детали			
	Комплексная деталь 01011	ВСН - 3А50СNC2.23.105	5Б35ПФ2.17.1012	...
1	X	X	X	...
2	X		X (2 шт.)	...
3	X			...
4	X	X	X	...
5	X		X	...
6	X			...
7	X	X	X	...
8	X	X (4 шт.)	X (2 шт.)	...
9	X	X (6 шт.)	X (6 шт.)	...
10	X	X	X	...

Технологический маршрут обработки комплексной детали и частных случаев деталей представлен в таблице 5.

Комплексная деталь
ВСН -3А50СNC2.23.105
5Б35ПФ2.17.1012

ОВБ1

	1
X	X
X	(X)
...	...



Для создания системы классификации конструктивных элементов (функциональных модулей (ФМ)) базовых предприятий разработана библиотека

составных частей деталей, из которых можно при конструировании формировать основные формы детали, и библиотека комплексов *дополнительных поверхностей* (функциональных модулей), которые используются для обогащения основных форм. Унификация комплексов поверхностей создает основу для унификации операционных ТП, схем обработки комплекса поверхностей, фрагментов планов обработки, совмещений при обработке комплекса поверхностей, вспомогательного, режущего и мерительного инструментов. Во многих случаях одна из поверхностей функционального модуля выполняет его служебное назначение, а остальные обеспечивают это выполнение. Классификатор функциональных модулей деталей представляет собой систему, в которой модули размещены по определенным признакам и принципу, и предназначен для выполнения задачи создания конструкторско-технологической модели заготовки.

На рисунке 5 представлен классификатор форм комплексных ФМ корпусных деталей, станкостроительных заводов ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный борец» по служебному назначению. Структурный состав частного модуля формируется методом адресации [1, 2] из комплексного ФМ (рисунок 6). Разработан классификатор форм частных случаев комплексных функциональных модулей. Классификатор ФМ является «открытым» и в него можно вносить изменения.

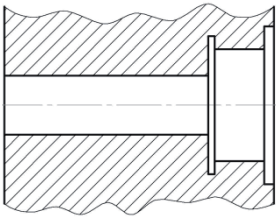
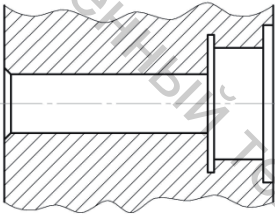
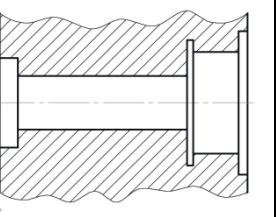
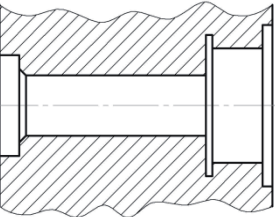
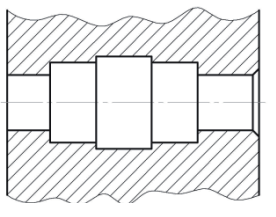
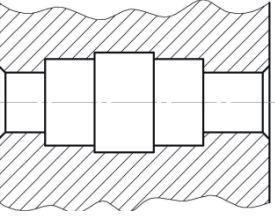
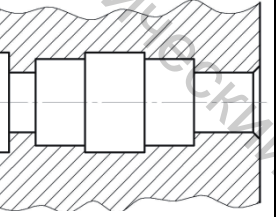
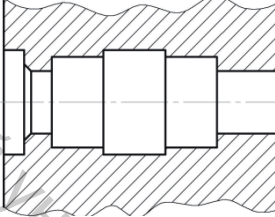
...	...	...	...
ОВБ1 029	ОВБ1 030	ОВБ1 031	ОВБ1 032
			
...	...	...	...
ОВБ1 077	ОВБ1 078	ОВБ1 079	ОВБ1 080
			
...	...	...	...
ОВБ1 085	ОВБ1 086	ОВБ1 087	ОВБ1 088

Рисунок 6 – Элементы классификатора форм частных случаев модуля ОВБ1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что ни одна из САПР ТП не позволяет в автоматизированном режиме формировать технологические процессы изготовления средних корпусных деталей.

2. Разработан алгоритм функционирования САПР ТП изготовления корпусных деталей и предложена система классификации элементов конструкции и метод формирования комплексных технологических процессов для корпусных деталей на ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец».

3. Предложенные методы, модели и алгоритмы использованы для создания системы управления базами данных при разработке программного обеспечения САПР ТП на базе ОАО «Институт БЕЛОРГСТАНКИНПРОМ».

4. Разработанная САПР позволяет: производить автоматизированное проектирование техпроцессов изготовления корпусных деталей средних габаритных размеров (150 – 900 мм) с использованием исходной информации как с чертежей в бумажной форме, так и с электронных чертежей деталей в автоматическом и диалоговом режимах или их сочетаниях; создавать, корректировать и вести базы данных функциональных модулей, комплексных технологических процессов, нормативно-справочной информации базовых предприятий; вести архив графической и технологической информации; формировать управляющие программы для станков с числовым программным управлением, а также комплект стандартных технологических документов. На ОАО «ВИСТАН» и ОАО «Станкозавод Красный Борец» проведена опытная эксплуатация и приемочные испытания САПР ТП корпусных деталей.

5. Предложенная система может быть использована и реализована на базовых предприятиях для проектирования технологических процессов изготовления деталей для серийных и опытных образцов станков. Результаты исследований могут использоваться студентами машиностроительных специалистов ВУЗов.

Список использованных источников

1. Махаринский, Е. И. Методика синтеза индивидуальных технологических процессов изготовления корпусных деталей машин / Е. И. Махаринский, Н. В. Беляков // Вестник машиностроения. – № 2. – 2005. – С. 57–65.
2. Попок, Н. Н. Методы и модели компьютерного проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей / Н. Н. Попок, Н. В. Беляков // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 3. – С. 68-75.

Статья поступила в редакцию 01.02.2011 г.

SUMMARY

The analysis of existing systems of Computer Aided Process Planning is conducted theoretical fundamentals, principles and methods of development of constructive technological model of workpiece, classification of manufacture objects and algorithms of processes of operation CAPP of manufacture of case details at the machine-tool enterprises are submitted.

УДК 685.34.017.85

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБА НИЗА ОБУВИ С РАЗЛИЧНОЙ ВЫСОТОЙ КАБЛУКА ПРИ ХОДЬБЕ

Т.М. Борисова

При проектировании низа обуви необходимо большое внимание уделять конструкции геленочной части (переймы), так как неправильное построение ее приведет к нарушению функции сводов стопы, что повлечет за собой развитие различных патологических изменений.

До сих пор нет чётких нормативов рационального расположения переднего края полустельки и геленка при проектировании стелечных узлов. Главное условие при проектировании – избежать попадания геленка в зону повторных изгибов. Так, по