

Рисунок 3 - График изменения аналога окружной силы  $Q'$  в зацеплении в зависимости от угла поворота  $\alpha^\circ$  водила

Полученные аналитические зависимости применимы при расчете и проектировании аналогичных механизмов. Задаваясь величиной  $\alpha_0$ , которая берется из циклограммы работы машины, по формуле (6) находим значение  $k$ , а затем из уравнения (5) определяем угол  $\varphi_0$  отклонения кулисы за время кажущейся остановки и оцениваем его с точки зрения технологического процесса. По найденной величине  $Q_{max}$  определяется модуль зубчатых колес, а по величине  $R$  подбираются подшипники сателлита.

#### Список использованных источников

1. А.Г. Семин, А.М. Тимофеев, А.В. Локтионов. Исследование механизма с прерывистым движением выходного звена. – Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого, 2002, № 3–4, с. 12–16.
2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1966. – 870 с.
3. Теория механизмов и машин: Учеб. для студ. вузов / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.; под ред. К.В. Фролова – М.: Высш. шк., 1987 – 496 с.

#### SUMMARY

This article describes the results of the cinematic and power analysis of tooth-lever mechanism with stops of outlet link. It is stated that maximum meaning of circuit power in gears catch occurs at the angle turn of the leading link equal  $40^\circ$ . Formulas for calculation of reactions in cinematic pairs have been obtained.

УДК 658.51:621.81

#### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Н.В. Беляков

Направлением развития процесса технологической подготовки машиностроительного производства Республики Беларусь в условиях рыночных

отношений и растущей конкуренции является автоматизация проектирования изделий и технологических процессов их изготовления. Однако, несмотря на многочисленные исследования в области формализации проектирования технологических процессов механической обработки заготовок и созданию теоретических основ функционирования CAD/CAM систем (Горанский Г.К., Горелик А.Г., Ярмош Н.А., Капустин Н.М., Корчак С.Н., Старостин В.Г., Лелюхин В.Е., Челищев Б.Е., Митрофанов В.Г., Норенков И. П., Базров Б.М., Соломенцев Ю.М., Цветков В.Д. и др.) в настоящее время:

1). В серийном производстве, такие детали, как корпуса, кронштейны и т.п., чаще всего относят к числу оригинальных, и на них проектируется индивидуальная технология, преимущественно операционная.

2). В единичном и мелкосерийном производстве при неавтоматизированном проектировании разработки индивидуальных технологических процессов выполняются на крупные оригинальные детали. Для средних и мелких деталей такие разработки не выполняются из-за большого разнообразия деталей и ограниченного числа технологов-проектировщиков. В этом случае на оригинальные детали разрабатывается только маршрутный технологический процесс, что нередко приводит к ошибкам.

3). Методика и формальные процедуры проектирования индивидуальных технологических процессов корпусных деталей методом синтеза (включает такие трудноформализуемые разделы, как назначение схем базирования, схем установки, выбор маршрута и основных технологических операций и др.) разработаны не до конца. Принятие проектных решений часто основывается на опыте и интуиции проектировщика. Поэтому для деталей данного класса нет работоспособных CAD/CAM-систем, позволяющих выполнять указанные процедуры в автоматическом режиме. В промышленности, как правило, работают системы адресации по техпроцессу-аналогу для однотипных деталей.

Вследствие этого формализация синтеза проектных решений является актуальной задачей, решение которой дает возможность повысить производительность труда в сфере подготовки производства корпусных деталей машин, а также повысить качество проектирования технологических процессов их изготовления. Индивидуальное проектирование единичных технологических процессов методом синтеза имеет особое значение в современных рыночных условиях для производства с растущей номенклатурой деталей и широкими функциональными возможностями технологического оборудования.

В настоящей работе предлагаются структурные модели и методики выполнения процедур синтеза теоретических схем базирования, выбора порядка выполнения переходов и смены баз внутри каждого этапа (предварительного, чистового и отделочного) технологического процесса изготовления корпусных деталей, а также выбора оборудования.

**Информационно-технологическая модель** детали и заготовки на этапах обработки предлагается формировать с помощью комплексных функциональных модулей (ФМ) и технологических регламентов их обработки [1].

Для иллюстрации методик используем деталь, которая состоит из четырех функциональных модулей, образующих основную и вспомогательные сборочные базы, одного крепежного модуля и ряда объединительных модулей. С помощью классификатора комплексных ФМ, схемы снятия припуска и технологические регламенты обработки ФМ, можно получить конкретные ФМ рассматриваемой детали (методом адресации), модель детали на разных этапах обработки (модель заготовки на предварительном этапе показана на рис. 1), а также список переходов обработки ФМ (в зависимости от заданных параметров точности и шероховатости), которые необходимо выполнить внутри этапов. Назначение маршрута обработки ФМ может также осуществляться с помощью синтеза возможных вариантов на основе моделирования состояния показателей качества поверхностей на этапах [2].

Распределение переходов по этапам типовой схемы обработки (соответствующий код технологического регламента), является первым шагом их упорядочения во времени.

**Для формирования комплектов баз** внутри этапов типовой схемы обработки при ручном проектировании технологии с помощью формальной методики необходимо:

1. Для каждого этапа механической обработки построить модель заготовки, на которой будут выделены все обрабатываемые поверхности этапа, обозначены припуски на механическую обработку и перенесены размерные связи и допуски относительных поворотов с чертежа детали. Такой подход необходим для того, чтобы уменьшить число звеньев технологических размерных цепей.

2. Сформировать графы размерных связей и графы угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к обрабатываемым поверхностям и угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к необрабатываемым для каждого этапа. Графы строятся по разработанным формальным правилам в зависимости от типа поверхностей, их характера (скрытая, явная), взаимной ориентации (симметричность, соосность, расположение под углом), а также с учетом ряда ограничений по возможности совместной обработки.

Графы размерных связей и угловых расположений поверхностей внутри предварительного этапа типовой схемы обработки показаны на рис.1. Индексы в буквенных обозначениях соответствуют: з- заготовка, п- предварительный этап.

На графах двойной окружностью обозначаются необрабатываемые (исходные) поверхности этапа. Для отверстий и наружных цилиндрических поверхностей на графе отмечены только их оси, так как именно они участвуют в образовании комплектов технологических баз.

3. Определить всевозможные комплекты проектных операционных технологических баз (ТБ) этапа. Эти комплекты определяются с помощью совместного анализа указанных выше графов размерных связей и угловых расположений поверхностей.

Так, например, для плоскости 2 предварительного этапа с помощью графов размерных связей по осям базой назначается поверхность 11 и дополняем ее до комплекта с помощью графа обрабатываемых поверхностей к необрабатываемым поверхностям поверхностями  $o22_{nc}$   $o22_n$ , а с помощью графа обрабатываемых поверхностей к обрабатываемым поверхностям поверхностями  $o38_{nc}$   $o38_n$  и 19 10. Все возможные варианты комплектов для обработки всех поверхностей заносятся в таблицу комплектов ТБ.

Предварительно определяется маршрут обработки заготовки [1].

**Для решения задач выбора необходимого оборудования**, распределения переходов каждого этапа по станкам и окончательного синтеза маршрута обработки, необходим массив имеющегося оборудования, содержащий следующие сведения: 1. модель станка; 2. размеры рабочей зоны; 3. технологические возможности станка (набор выполняемых на станке переходов и их параметров).

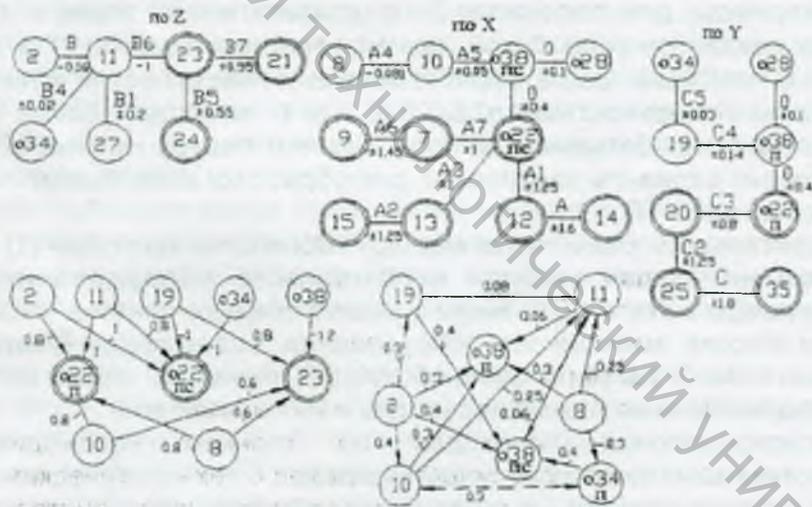
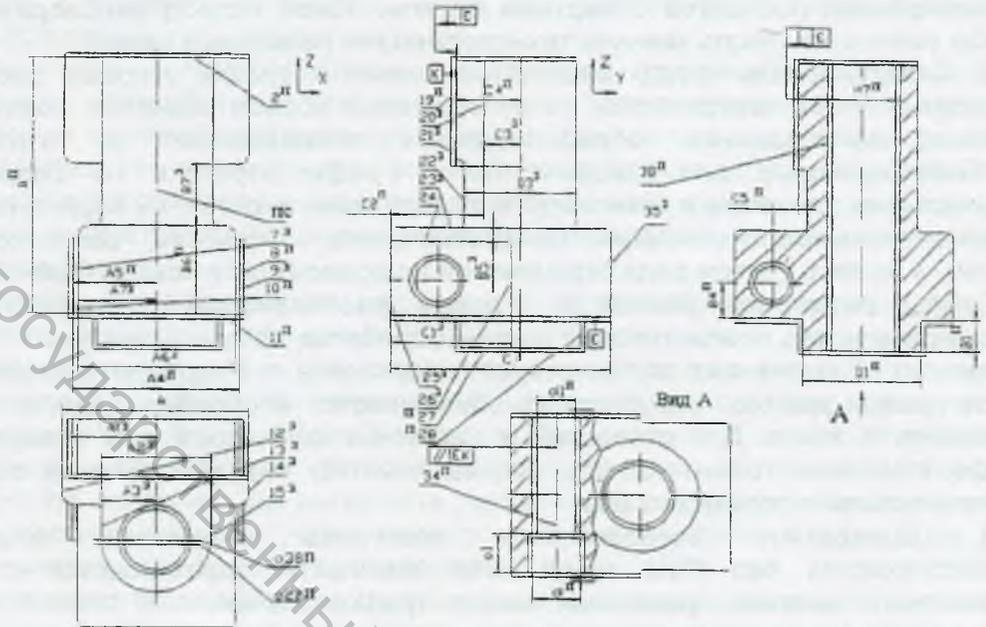
Для распределения переходов по станкам необходимо сопоставить характеристики комплекса поверхность-переход с технологическими возможностями станков, а габариты детали – с габаритами рабочего пространства станка.

На рисунке 2 показана схема алгоритма распределения переходов по типоразмерам станка, где  $i$  – порядковый номер перехода в этапе;  $N_{пр}$  – количество переходов в этапе;  $j$  – номер станка в массиве;  $N_{ст}$  – количество станков в массиве;  $q$  – номер отобранного станка.

Характеристика очередного перехода (b) формируется в блоке 2 для сравнения с возможностями  $j$ -го станка (блок 3). При выполнении условий что: 1) габариты заготовки (a) меньше или равны габаритам рабочей зоны станка (e) (блок 4), 2) в массиве переходов  $j$ -го станка есть соответствующий переход (d), 3) поверхность комбинированный инструмент (блок 5) 4) данный станок уже ранее был отобран для другого перехода (блок 9), в таблицу выбора (3.1) записываются комплекты баз для обработки поверхности (блок 10) и рассматривается следующий станок. Если  $j$ -й

станок ранее не отбирался (блок 9), то ему присваивается очередной номер  $q$ , который заносится в таблицу выбора 1.

Так для  $i$ -го перехода рассматриваются все станки из массива (блоки 6, 13). Если для выполнения данного перехода нет соответствующего оборудования (блок 7), то этот переход записывается в отдельный список для принятия альтернативного решения (блок 12). Альтернативным решением может быть: приобретение необходимого оборудования, модернизация одного из имеющихся станков, замена данного перехода другим.



2	10	8	11-028-27	19	038-2	034-8-10
11 $o22_{nc}o22_n$ 11 $o38_{nc}o38_n$ 11 19 10	8 23 $o22_n$ $o38_{nc}23o22_n$ 8 11 $o38_n$ 8 $o34 o34_n$ $o38_{nc}o38_n11$	10 23 $o22_n$ 10 11 $o38_n$ 10 $o34o34_n$	23 $o22_{nc} o22_n$ 23 $o38_{nc} o38_n$ 2 $o22_{nc} o22_n$ 2 $o38_{nc} o38_n$ $o34 o22_{nc} o22_n$ $o34 19 o38_{nc}$	$o38_{nc}o22_{nc}23$ $o38_{nc}o38-11$ $o34 o22_n 23$ $o34 o38_{nc}11$	$o22_{nc} o22_n 23$ $o22_{nc} o22_n 11$ 10 $o22_n 23$ $o22_{nc} 19 23$ 10 19 23 10 19 11 $o28 o28_n 11$	11 19 $o22_{nc}$ 11 19 $o38_{nc}$ 11 19 10

Рисунок 1 - Модель заготовки, соответствующие графы и таблица комплектов баз на предварительном этапе

Из таблицы выбора 1 методом перебора всевозможных сочетаний станков (с учетом требования выбора баз на первой и последующих операциях этапа, идентичности комплектов баз, а также проверки возможности использования настроечных баз), необходимых для выполнения всех переходов, рассматриваемого этапа, выбирается номенклатура технологического оборудования, число которой минимально.

Так согласно таблице 1 для выполнения девяти переходов достаточно двух станков: первого ( $g=1$ ) и четвертого ( $g=4$ ) Первому станку соответствуют переходы 1...3, 5, четвертому – 4, 6...8. От комплекта баз 1 2 3 обрабатываются поверхности 10, 12, 23 7, а от комплекта 10 12 23 – 1, 2, 3, 9, 8.

Переходы с одинаковыми типоразмерами станков и технологических баз объединяются в группы, окончательно формируя тем самым маршрут обработки и операции. Однако необходима проверка возможности установки инструмента, т.е. наличие необходимого количества гнезд в револьверной головке станка.

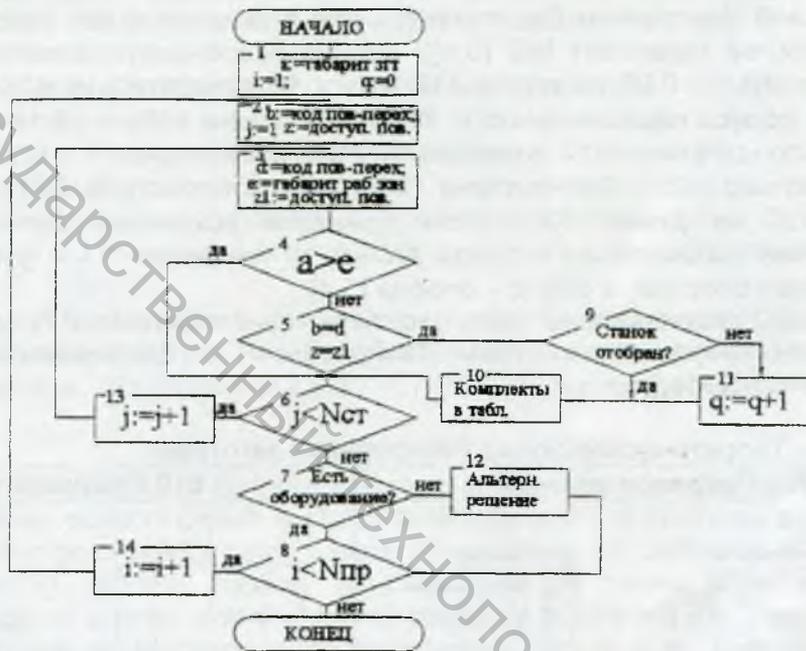


Рисунок 2 - Схема алгоритма распределения переходов по типоразмерам станка

Таблица 1 - Таблица выбора оборудования

Поверхность-переход $i$	Номер станка $q$						
	1	2	3	4	5	6	...
10	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	0	0	...
12	1 2 3 10 11 13 14 15 16	0	0	0	1 2 3 10 11 13 14 15 16	0	...
23	1 2 3 10 21 13	1 2 3 10 21 13	0	0	0	0	...
1	0	0	10 12 23 43 23 44	10 12 23 43 23 44	0	0	...
7	1 2 3 43 23 44	0	1 2 3 43 23 44	0	1 2 3 43 23 44	0	...
2	0	0	0	10 12 23 23 43 21	0	10 12 23 23 43 21	...
3	10 12 23 45 32 12	0	0	10 12 23 45 32 12	0	0	...
8 9	0	0	0	10 12 23 4 5 6	0	0	...

С другой стороны, если для данного станка переходы не могут быть выполнены при использовании одного комплекта баз или за один установ, то в таких случаях принимается одно из следующих альтернативных решений: уменьшить число переходов в операции вплоть до одного (таким образом увеличивается число операций, выполняемых на одном и том же станке); выполнить операции за несколько последовательных установов в одной рабочей зоне; выполнить операции путем совмещения в одной рабочей зоне нескольких (1...4) рабочих позиций; применять комбинированный инструмент.

Таким образом, после рассмотрения всех ранее отобранных вариантов структур операций, окончательный вариант можно осуществить на основе результатов технико-экономических расчетов.

**Определение числа связей, накладываемых компонентом комплекта.** Пусть на предварительном этапе в рассматриваемой модели от комплекта  $\phi 22_{\text{пс}} \phi 22_{\text{п}}$  23 обрабатываются поверхности 11,  $\phi 28$ ,  $\phi 27$ ,  $\phi 38$ , 2. От комплекта 11  $\phi 38_{\text{пс}} \phi 38_{\text{п}}$  – поверхности 10, 19. От комплекта – 10 19 11 поверхности  $\phi 34$ , 8. Для поверхностей 10 и 19 этапе комплектом баз является две плоскости и ось лежащая в одной из этих плоскостей (комплект №2 [3,4]). Допуск перпендикулярности поверхности 19 относительно 11 – 0.08 на длине 216 мм., а 19 относительно  $\phi 38_{\text{пс}}$  – 0.4 на длине 282 мм., и допуск параллельности 19 относительно  $\phi 38_{\text{п}}$  –  $\pm 0.14$  на длине 216мм. Допуск перпендикулярности поверхности 10 относительно 11 – 0.25 на длине 120, а 10 относительно  $\phi 38_{\text{п}}$  – 0.3 на длине 180, и допуск параллельности 10 относительно  $\phi 38_{\text{пс}}$  –  $\pm 0.05$  на длине 120. Если привести указанные допуски в заданном координатном направлении к одной длине, то получаем: 11 – установочная база,  $\phi 38$  – двойная опорная, а  $\phi 38_{\text{пс}}$  – опорна [3,4].

В таблице 2 представлена часть варианта технологического процесса для детали с указанием теоретических схем базирования, спроектированного с помощью рассмотренной методики.

Таблица 2 - Теоретические схемы базирования заготовки

005 Предварительный	010 Предварительный
015 Предварительный	025 Чистовой

Разработано программное обеспечение синтеза информационно-технологической модели корпусной детали из функциональных модулей и технологических регламентов в среде SolidWorks, а также пакет прикладных программ проектирования по методике.

Разработки в виде методик и программных продуктов прошли апробацию и внедрены на ОАО «ВИЗАС», ОАО «Витебский приборостроительный завод» (г. Витебск), РУПП «Красный борец» (г. Орша), а также в учебном процессе на кафедре «Технология и оборудование машиностроительного производства» Витебского государственного технологического университета.

#### Список использованных источников

1. Беляков, Н.В. Проблема сбережения ресурсов на стадии проектирования технологии изготовления корпусных деталей машин / Беляков Н.В., Махаринский Е.И. // Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного производства. Материалы международной научно-технической конференции. Ноябрь 2003г. Часть I. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2003.-С. 38-45.
2. Беляков, Н.В. Алгоритм формирования маршрута обработки типовых компонентов деталей машин / Беляков Н.В. // Молодежь и наука на пороге 3 тысячелетия. Мозырь: МГПИ им. Н.К. Крупской, 2001. – с.5-9.
3. Беляков, Н.В. Достаточность задания допусков относительных поворотов на чертежах корпусных деталей и проблема синтеза схем базирования / Беляков Н.В., Жемчужный М.И., Махаринский Е.И. // Вестник ВДУ, 2002, №3(25). С. 118-123.
4. Беляков, Н.В. Методика разработки схем базирования / Беляков Н.В., Махаринский Е.И. // Вестник Витебского государственного технологического университета. Четвертый выпуск / УО «ВГТУ». – Витебск, 2002.-С. 38-43.

#### SUMMARY

The technique of synthesis of an individual route of handling of preforms of case details allowing for the given class of details is stated to decide tasks of synthesis about handling surfaces, about change of bases inside stages of machining job, definition of an aspect of components (setting, guiding, resting etc.) package of bases. The informational-technological model of a detail and preform at stages of machining job is shaped (on the basis of the concept of architecture of manufacture on modular technique) from of functional modules and technological rules of their handling.

УДК 685.34.057

#### КИНЕТИКА ПРОЦЕССА СКОРОСТНОЙ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА ОБУВИ

*Е.Ф. Макаренко, В.И. Ольшанский,  
А.И. Ольшанский*

Сушка обуви является не только теплофизическим, но технологическим процессом, в характере протекания которого решающую роль играет форма связи влаги с материалом

В настоящее время широко используется влажно-тепловая и тепловая обработка заготовки верха обуви. Цель операций состоит в фиксации формы обуви для повышения формоустойчивости, снижения уровня внутренних напряжений в деформированных при затяжке деталях.

При интенсивном тепловом воздействии в присутствии влаги материал пластифицируется, также наблюдаются некоторые структурные изменения. Так, снижаются температура сваривания кожи и различия между показателями механических свойств при появлении трещин лицевой поверхности кожи и различия