

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

А. В. Петухов, Д. В. Мельников

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2010

УДК 658.52.011.56(075.8)
ББК 32.965я73
П29

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 29.06.2009 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Информационные технологии» ГГТУ им. П. О. Сухого *К. С. Курочка*

Петухов, А. В.
П29 Системы автоматизированного проектирования технологических процессов : лаборатор. практикум для студентов специальности -36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / А. В. Петухов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 40 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Способствует приобретению студентами практического опыта использования системы автоматизированного проектирования технологических процессов ТехноПро.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 658.52.011.56(075.8)
ББК 32.965я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2010

Введение

Целью преподавания курса «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов» студентам специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» является подготовка инженеров-пользователей этих систем. Это пособие призвано помочь студентам в практическом освоении системы автоматизированного проектирования технологических процессов ТехноПро, являющейся характерным представителем систем среднего класса.

Многолетняя история создания и эксплуатации различных систем автоматизации технологического проектирования показала, что простое моделирование труда технолога на компьютере мало привлекательно для самих технологов. В то же время ранее было принято считать, что автоматическое проектирование требует создания большого количества типовых или групповых технологических процессов (ТП). При этом якобы высока вероятность того, что новые детали, запускаемые в производство, не будут похожи на типовые или групповые представители.

В системе ТехноПро автоматическое проектирование основано на описаниях операций и переходов изготовления поверхностей деталей (элементов конструкции) на конкретном производстве. Чем больше внесено операций и переходов обработки поверхностей, тем выше вероятность, что технология изготовления новых деталей может быть спроектирована в ТехноПро.

В ТехноПро применен метод классификации деталей, противоположный методу типовых ТП. При классификации типовых ТП детали разбиваются на возможно большее количество групп, для которых создаются типовые ТП. В ТехноПро напротив, как можно большее количество деталей объединяются в одну группу, по мере расширения группы возрастает гарантия того, что технология изготовления новых деталей, поступивших в производство, будет автоматически спроектирована ТехноПро.

В ТехноПро можно применять диалоговый режим проектирования или автоматический режим, а также их сочетание. При создании каждого ТП пользователь задаёт его тип «ТП изготовления» или «ТП сборки».

В начале изучения системы ТехноПро пользователи могут использовать диалоговый режим проектирования и работать с базой Конкретных технологических процессов (КТП) и Информационной

базой системы (ИБ). Каждый созданный технологический процесс может быть скопирован и на его основе создан новый ТП. Копировать и редактировать можно как ТП целиком, так и отдельные операции и переходы различных технологических процессов. В базе Конкретных технологических процессов можно создавать наборы типовых ТП, операций или переходов, из которых потом «набираются» требуемые ТП.

Для автоматизации расчетов в диалоговом режиме используются Условия из Базы условий и расчетов. Наборы Условий можно сводить в Сценарии. Сценарий устанавливает порядок выполнения Условий и содержащихся в них операторов вычислений, логических выводов, получения данных из таблиц, запроса данных у пользователя. Примером применения Условий и Сценариев являются расчеты режимов обработки и норм изготовления.

В любой момент пользователь может выдать проектируемый технологический процесс на печать или поместить его в систему электронного документооборота. При этом можно выбрать желаемую форму документа.

Каждый текст перехода, наименование операции, оборудование и инструмент, вводимые в проектируемый ТП, запоминаются системой в Информационной базе и в дальнейшем могут выбираться из неё. Это ведёт к постепенному расширению объема технологических данных в базах системы и ускорению диалогового проектирования.

Технологические процессы могут выдаваться на печать в разнообразных формах технологических документов.

На *рис. 1* приведена схема основных видов информации, которыми может оперировать технолог при диалоговом проектировании ТП.

По мере освоения и эксплуатации системы ТехноПро, в её базах накапливается множество технологических процессов.

Обычно, технология изготовления деталей, сходных по конфигурации, на 70-80% состоит из одинаковых операций. Придя к этому выводу, технолог может перейти к созданию базы автоматического проектирования ТП.

Для этого необходимо сгруппировать детали, в основном по сходству технологии их изготовления. При этом для каждой группы деталей создаётся Общий технологический процесс (ОТП), содержащий весь перечень операций изготовления всех деталей группы. Для наполнения ОТП используются технологические

процессы, уже освоенные в производстве. Можно использовать ТП как на бумаге, так в электронном виде, т.е. КТП, созданные в ТехноПро в диалоговом режиме.

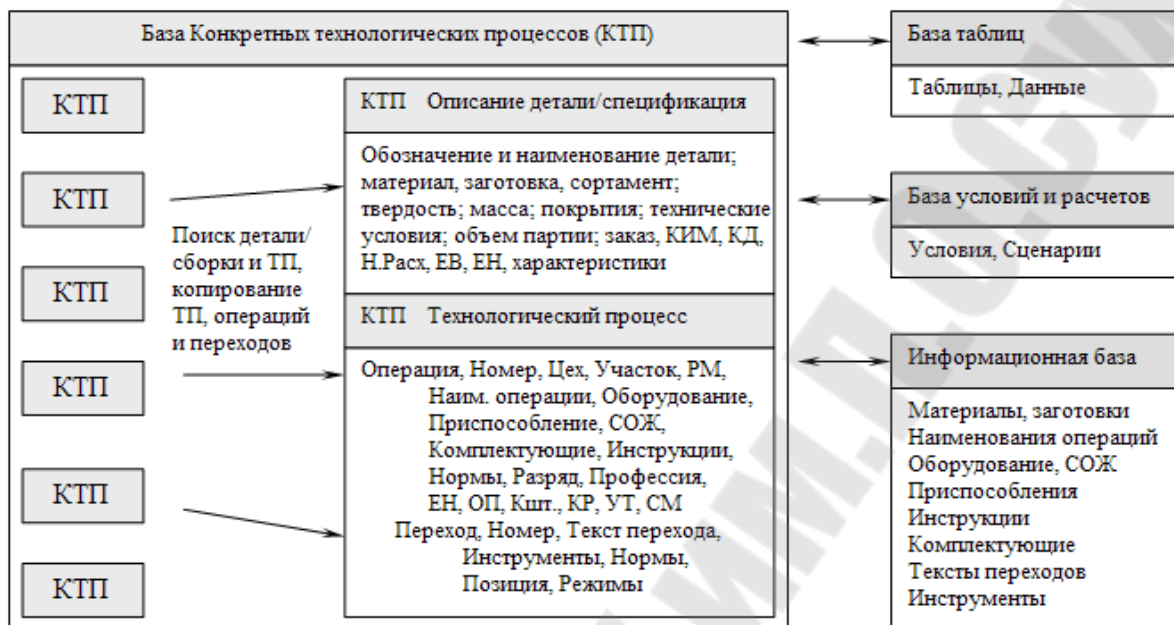


Рис. 1. Схема основных видов информации, которыми может оперировать технолог при диалоговом проектировании ТП

Создание ОТП производится в следующей последовательности: один из технологических процессов группы принимается за базовый и вводится в виде ОТП в диалоговом режиме (можно скопировать один из КТП), затем в него добавляются недостающие операции и переходы из других ТП (КТП).

При добавлении выявляются признаки, в зависимости от которых необходимо выбирать ту или иную операцию, переход или маршрут (присоединенный ОТП).

Проверка каждого из признаков вносится в виде Условий в базу ТехноПро.

Примерами таких Условий являются проверки: вида заготовки; марки или твердости материала детали; вида покрытия; габаритов детали; наличия определенных элементов конструкции (поверхностей), их размеры или значения других параметров.

На рис. 2 приведена схема рекомендованной последовательности создания ОТП.



Рис. 2. Схема рекомендованной последовательности создания ОТП

На схеме, приведенной на рис. 3, перечислены основные виды информации, вносимые в формируемый ОТП. Структура ОТП совпадает со структурой КТП, поэтому перечислим только информацию ОТП, не используемую при диалоговом формировании КТП изготовления.



Рис. 3. Схема основных видов информации, вносимой в формируемый ОТП

После создания ОТП можно переходить к автоматическому проектированию технологических процессов.

Для этого достаточно создать описание конструкции детали, изображенной на конкретном чертеже. Описание можно создавать без использования графических средств, вводя необходимые данные с клавиатуры.

Для ускорения описания можно скопировать подобную деталь из уже имеющихся в базе КТП или скопировать Макет ОТП.

Описание чертежа детали заключается в заполнении общих сведений о детали (данные из штампа и технических условий на чертеже) и параметров элементов конструкции (поверхностей), имеющихся на чертеже детали.

После создания описания детали, ей назначается ОТП соответствующей группы деталей. Затем запускается процесс автоматического формирования ТП.

В течение этого процесса ТехноПро выбирает из назначенного ОТП операции и переходы, необходимые для изготовления каждого элемента конструкции детали и переносит их в КТП. Затем, из выбранного перечня, система убирает операции и переходы, обеспечивающие более высокую точность изготовления, по сравнению с указанной на чертеже. Например, если требуемая на чертеже точность и шероховатость поверхности обеспечиваются точением, то экономически не целесообразно оставлять в перечне еще и шлифование.

После этого ТехноПро убирает из КТП операции и переходы, в которых Условия их выбора не выполнены. Далее система производит расчеты, имеющиеся в Условиях оставшихся операций и переходов.

Затем система рассчитывает технологические размерные цепи, с учетом значений припусков, указанных в переходах ОТП.

Далее система выполняет Условия подбора оснащения операций и переходов и выполняет, имеющиеся в этих Условиях расчеты режимов обработки и норм изготовления.

В конце процесса проектирования система формирует тексты переходов, заменяя имеющиеся в них параметры на их значения. Значения параметров выбираются в зависимости от типа выполняемой обработки – предварительной или окончательной.

Последовательность и результаты проверок и вычислений, выполненных в Условиях, можно просмотреть в «Журнале проектирования» КТП.

Создавая ОТП и Условия, технолог «обучает» ТехноПро проектированию технологии конкретного – своего производства. Однажды обучив систему, технолог может быть уверен, что ТехноПро никогда не забудет производственных нюансов проектирования ТП.

На *рис. 4* приведена укрупненная схема взаимодействия информации в процессе автоматического проектирования ТП.

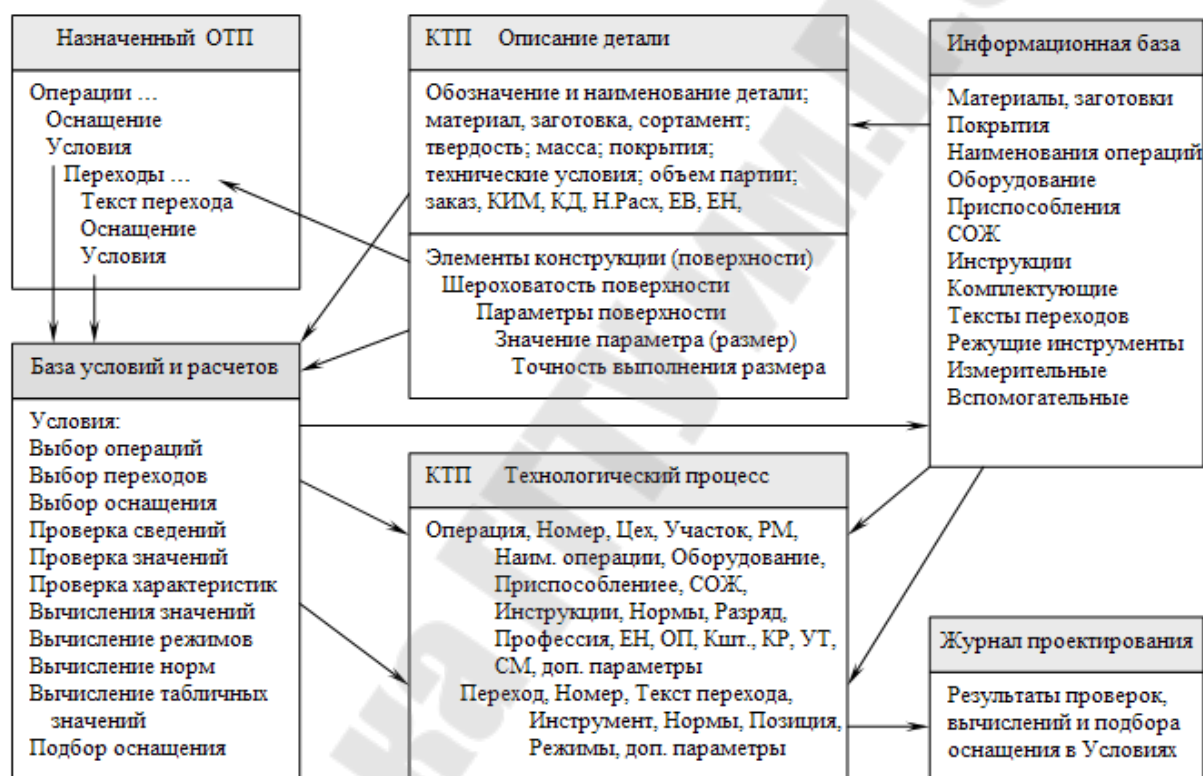


Рис. 4. Укрупненная схема взаимодействия информации в процессе автоматического проектирования ТП

Автоматически сформированный КТП ничем не отличается от КТП, сформированного в режиме диалога. Поэтому, после автоматического проектирования КТП можно в диалоговом режиме просмотреть, отредактировать и выдать на печать.

В ТехноПро можно работать в полуавтоматическом режиме. При этом пользователь может формировать КТП в диалоге, набирая операции и переходы из ОТП. После формирования требуемого перечня операций и переходов, запускается «пересчет» КТП и

ТехноПро автоматически рассчитывает технологические размерные цепи, подбирает оснащение, рассчитывает режимы обработки и нормы, формирует тексты переходов.

Пользователь может использовать ТехноПро для различных видов технологии изготовления. Например, литья,ковки, сварки, пайки, штамповки и многих других. При этом можно изменить смысловое значение «элемента конструкции», присвоив ему соответствующее название: «лист», «полоса», «шов», «пресс-форма» и назначить необходимые параметры.

Таким образом, система ТехноПро предоставляет пользователю все известные способы автоматизации проектирования ТП. Выбор средств, наилучшим образом подходящих для формирования конкретного ТП, остаётся за самим пользователем.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Создание группового технологического процесса в САПР ТП ТехноПро

При обработке группы деталей d_1, d_2, d_3 на прутковом токарном автомате последовательность обработки их поверхностей устанавливается с помощью табличных моделей. Каждая деталь (рис. 5) имеет поверхности с определенными свойствами F_1, F_2, \dots, F_8 :

$$F(d_1) = (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8) = F_1';$$

$$F(d_2) = (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_8) = F_2';$$

$$F(d_3) = (F_1, F_2, F_5, F_8) = F_3';$$

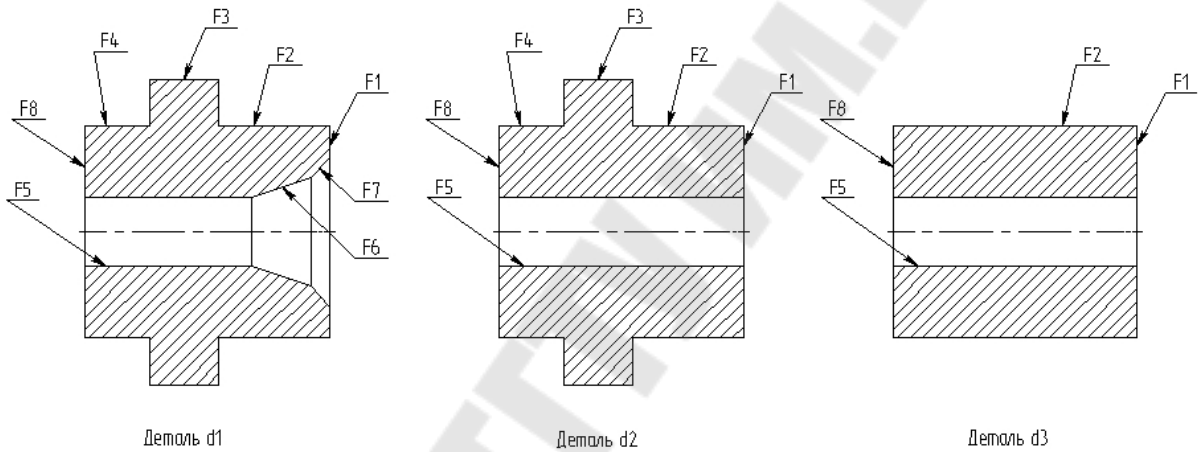


Рис. 5. Эскизы деталей для обработки на прутковом токарном автомате

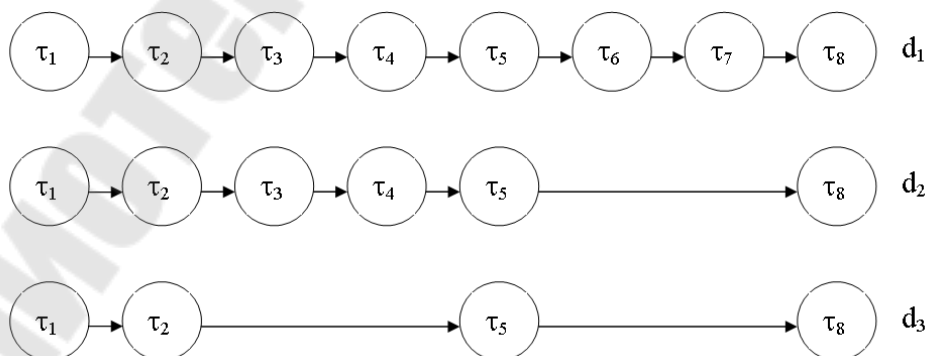


Рис. 6. Графы взаимосвязей переходов при обработке деталей d_1, d_2, d_3

На *рис.6* представлены табличные модели в виде графов взаимосвязей переходов при обработке деталей d_1, d_2, d_3 на данной операции. На указанном рисунке приняты следующие обозначения: $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_8$ – операторы (технологические переходы): τ_1 – подрезка торца; $\tau_2, \tau_3, \dots, \tau_4$ – точение наружной цилиндрической поверхности; τ_5 – сверление; τ_6 – зенкерование; τ_7 – зенкование; τ_8 – отрезка.

Для представления данных об обработке деталей на данной операции на языке, приемлемом для компьютера, удобном для программирования, представленная выше информация может быть удобно описана в виде двух таблиц 1 и 2, которые легко превращаются в массивы.

Таблица 1

**Связи между свойствами поверхностей деталей и операторами
(технологическими переходами)**

τ_i	F_j							
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
τ_1	1	0	0	0	0	0	0	0
τ_2	0	1	0	0	0	0	0	0
τ_3	0	0	1	0	0	0	0	0
τ_4	0	0	0	1	0	0	0	0
τ_5	0	0	0	0	1	0	0	0
τ_6	0	0	0	0	0	1	0	0
τ_7	0	0	0	0	0	0	1	0
τ_8	0	0	0	0	0	0	0	1

В этой, а также последующих таблицах логическая единица обозначает наличие связи, а ноль – отсутствие таковой.

**Связи между совокупностями свойств деталей и операторами
(технологическими переходами)**

τ_i	F_i'		
	F_1'	F_2'	F_3'
τ_1	1	1	1
τ_2	1	1	1
τ_3	1	1	0
τ_4	1	1	0
τ_5	1	1	1
τ_6	1	0	0
τ_7	1	0	0
τ_8	1	1	1

1.2 Сетевые модели

Сетевая модель описывает множество структур технологического процесса, отличающихся количеством и (или) составом элементов структуры при неизменном отношении порядка.

Структура элементов сетевой модели описывается ориентированным графом, не имеющим ориентированных циклов. В модели может содержаться несколько вариантов проектируемого технологического процесса, однако для всех вариантов порядок элементов одинаков.

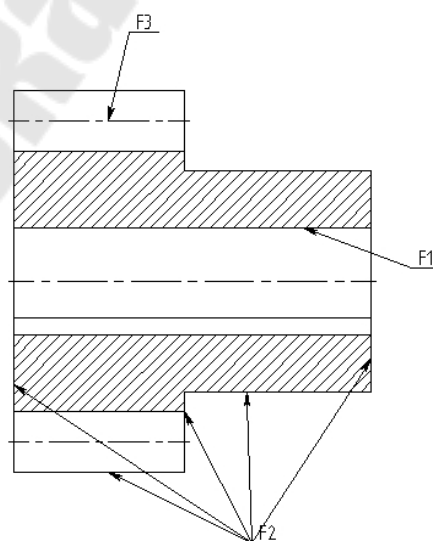
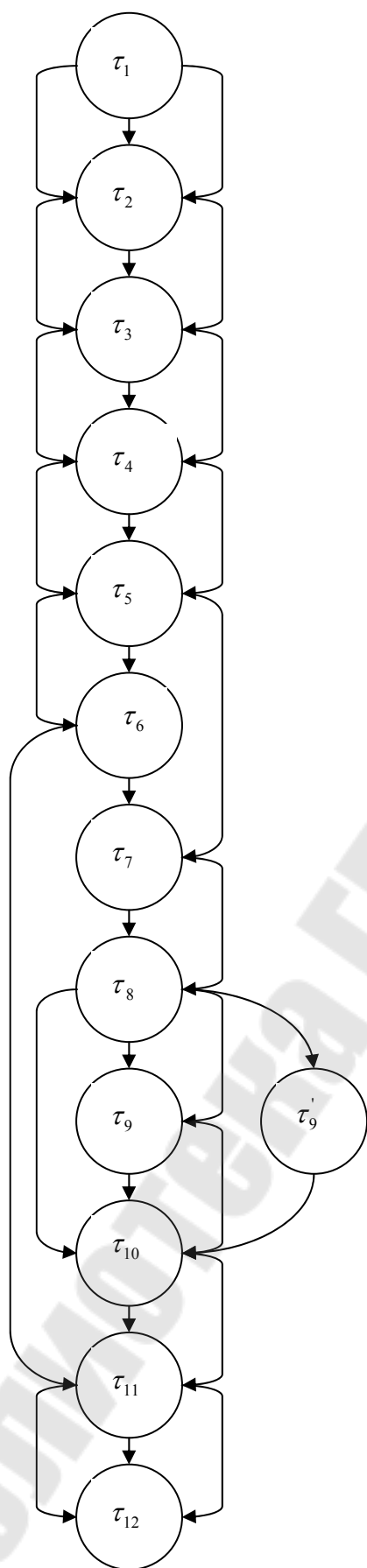


Рис. 7. Эскиз детали «Зубчатое колесо»



Операторы τ_i (технологические операции):

- τ_1 – заготовительная
- τ_2 – протяжная (протягивание базового отверстия)
- τ_3 – черновая токарная (черновое точение контура зубчатого колеса)
- τ_4 – чистовая токарная (чистовое точение контура зубчатого колеса)
- τ_5 – зубофрезерная черновая (черновая нарезка зубьев)
- τ_6 – зубофрезерная чистовая (чистовая нарезка зубьев)
- τ_7 – термическая (объемная закалка)
- τ_8 – внутришлифовальная (шлифование базового отверстия)
- τ_9 – зубошлифовальная (шлифование зубьев)
- τ'_9 – зубошевинговальная (шевинговальные зубьев)
- τ_{10} – притирочная (притирка зубьев)
- τ_{11} – моечная (мойка детали)
- τ_{12} – контрольная (контроль технических требований детали)

Рис. 8. Граф взаимосвязи операторов (технологических операций) по возможной последовательности их выполнения

Приведенный на *рис.8* граф легко представляется в виде матрицы этого графа (здесь не приводится), которая в свою очередь может быть без труда описана в виде массива информации. А массивы являются неизменными атрибутами любого языка программирования.

Кроме данного графа сетевая модель включает в себя таблицу связей свойств поверхностей детали и операторов технологического процесса (в этом примере – технологических операций) – табл.3.

Таблица 3

Связи между свойствами поверхностей детали и операторами технологического процесса

τ_i	F_j'		
	F_1'	F_2'	F_3'
τ_1	1	1	0
τ_2	1	0	0
τ_3	0	1	0
τ_4	0	1	0
τ_5	0	0	1
τ_6	0	0	1
τ_7	1	1	1
τ_8	1	0	0
τ_9	0	0	1
τ_{10}	0	0	1
τ_{11}	1	1	1
τ_{12}	1	1	1

1.3. Создание общего технологического процесса в САПР ТП ТехноПро

База общих технологических процессов (ОТП) открывается выбором кнопки в основном меню системы ТехноПро. Для ввода нового ОТП необходимо поставить курсор мыши на группу «Общие ТП» и нажать правую кнопку мыши, затем выбрать пункт «Добавить» из появившегося меню (если меню не появляется, то необходимо попробовать справа или слева от группы «Общие ТП»).

На запрос наименования группы введите, например, «Пластина» и выберите кнопку [ОК]. На экране, в дереве классификации появится новая группа «Пластина».

Выберите эту группу и нажмите правую кнопку мыши. Из появившегося меню выберите пункт «Добавить».

Схему классификации можно свертывать и разворачивать, выбирая квадратики, расположенные слева от наименования групп. Присутствие квадратика указывает на наличие следующего уровня классификации.

Для удаления или редактирования наименования группы необходимо выбрать его в дереве классификации, нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Удалить» или «Редактировать».

Необходимо помнить, что при удалении наименования группы удаляется соответствующий ей ОТП. Удаление ветвей классификации необходимо начинать с самого глубокого уровня, иначе система даёт предупреждение и не производит удаление.

Ввод операции

Для ввода операции необходимо придерживаться следующей последовательности. В дереве классификации ОТП выберите иконку «ТП» с надписью «Макет», расположенные ниже наименования группы «Валы электродвигателей» и нажмите правую кнопку мыши. Из появившегося меню выберите пункт «Добавить».

Справа от дерева классификации появляется пустая форма описания операции. Введите заготовительную операцию.

Установите курсор в поле «Операция» и наберите «заго», при вводе этого контекста сразу появляется наименование операции, полученное из Информационной базы. Нажатие на клавиатуре клавиши [Enter] завершает ввод наименования операции.

Другим способом ввода наименования операции является выбор кнопки с последующим выбором наименования операции из выпадающего списка. Для удобства поиска наименования операции в выпадающем списке справа расположена вертикальная полоса прокрутки.

Выбирая поля «Цех», «Участок», «Раб.место» можно ввести их номера или обозначения. Номер операции присваивается автоматически. Операции нумеруются с шагом, заданным в пункте «Настройка» основного меню системы.

Поместите курсор в поле «Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал...». В дереве классификации ОТП появились номер и наименование операции «Заготовительная».

Ввод оборудования можно производить, так же как и наименования операции – вводом контекста или выбором из

выпадающего списка. Другим способом является выбор из Информационной базы, открыв её выбором кнопки, располагающейся слева от поля ввода.

После выбора кнопки появляется окно Информационной базы и открывается группа «Оборудование», в которой необходимо найти требуемый вид оборудования.

Для передачи оборудования из Информационной базы в ОТП курсор поставьте на строку с требуемой моделью станка и выберите кнопку [Добавить в ТП], располагающуюся справа внизу окна ИБ.

После выбора кнопки [Добавить в ТП] в окне Информационной базы открывается группа «Приспособления». В этой группе необходимо найти требуемое приспособление, например, «Тиски ...» и выбрать кнопку [Добавить в ТП].

Каждая строка составная: состоит из строки собственно наименования оборудования или другого оснащения с полем «Расход» и подстроки ввода Условия их выбора, обозначенных как «Усл1» и «Усл2». В закладке «Условия» в поле «Комментарии» можно добавить поясняющий текст. Открыть полностью содержание комментариев можно двойным щелчком по этому полю.

Ввод перехода операции

Для ввода перехода операции необходимо придерживаться следующей последовательности. В дереве классификации ОТП выберите пункт «005 Заготовительная» и нажмите правую кнопку мыши. Из появившегося меню выберите пункт «Добавить». Справа от дерева классификации появляется пустая форма описания перехода.

Введем переход заготовительной операции. Установите курсор в поле «Текст перехода» и наберите на клавиатуре «отре», при вводе этого контекста сразу появляется текст перехода, полученный из Информационной базы.

Нажатие на клавиатуре клавиши [Enter] завершает ввод текста перехода.

Другим способом ввода текста перехода является нажатие кнопки с последующим выбором из выпадающего списка.

Для удобства поиска текста перехода в выпадающем списке, справа расположена вертикальная полоса прокрутки.

Необходимо отметить, что в переходы операций ОТП вводятся параметризованные тексты переходов. В них вместо размеров стоят переменные <D>, <L>, <K> или другие. Эти переменные будут

заменены на конкретные, – выполняемые размеры в процессе автоматического или диалогового проектирования ТП.

Далее необходимо задать элемент конструкции, по которому будут определяться значения параметров <D> и <L>. Для этого в поле «код элемента» вводится с клавиатуры число, например 030901. Классификация и кодирование элементов конструкции рассматривается в приложении.

После ввода кода поверхности появляется её схематичное изображение. Для ввода кода поверхности можно воспользоваться построителем, вызываемым выбором кнопки, находящейся на левом краю поля «Код поверхности».

В построителе значения Вида и Типа поверхности выбираются из выпадающих списков, а Номер поверхности необходимо ввести с клавиатуры.

Поля качества точности и класса шероховатости необходимо заполнить, исходя из качества обработки, достигаемого в этом переходе.

Достижимый в переходе качество обработки поверхности вносится с клавиатуры. Класс шероховатости можно назначить, воспользовавшись выпадающим списком.

После перевода курсора в строку «РИ режущий инструмент, СИ измерительный, ВС вспомогательный, ПР, М», в дереве классификации появляется обозначение введенного перехода, его номер и текст перехода. Ввод режущего, измерительного, вспомогательных инструментов и материала, приспособления, средств, инструментов, комплектующих или тары может производиться, так же как и текста перехода, – вводом контекста или выбором из выпадающего списка. Другим способом является выбор из Информационной базы, открыв её выбором кнопки, располагающейся слева в строке.

После выбора кнопки открывается окно Информационной базы, в котором необходимо найти требуемый вид инструмента.

Для передачи инструмента из окна Информационной базы в ОТП надо поставить курсор на строку описания инструмента и выбрать кнопку [Добавить в ТП] внизу окна.

В закладке «Условия» в поле «Комментарии» можно добавить поясняющий текст. Открыть полностью содержание комментариев можно двойным щелчком по этому полю.

1.4. Проектирование условий выбора операций, переходов, оснащения в общем технологическом процессе

Одной из особенностей системы ТехноПро является возможность использования единого ОТП для проектирования технологических процессов изготовления деталей различных групп, имеющих существенные различия по конфигурации, габаритным размерам и другим конструктивным характеристикам, по применяемым методам изготовления заготовок, используемому оборудованию и многим другим.

Технологические процессы изготовления деталей одинаковой конфигурации могут существенно различаться в зависимости от таких параметров как габаритные размеры, вид применяемой заготовки (литье, штамповка и другие), марка, твердость материала, размеров партии изготавливаемых деталей, методов контроля, покрытий, технических условий изготовления, принадлежности к определенным изделиям.

Возможность автоматического проектирования технологических процессов для таких деталей обеспечивается вводом в ОТП взаимозаменяемых операций и переходов. Взаимозаменяемость обеспечивается вводом в ОТП операций и переходов, описывающих разнообразные методы изготовления элементов конструкции детали и назначением взаимоисключающих Условий их выбора. Чем большее количество технологий изготовления деталей сводится в один ОТП, чем больше специфических для группы конструктивных элементов она содержит, тем большее количество Условий требуется вводить.

Установка связи операций и переходов с Условиями при формировании ОТП проводится в 2 шага:

1. Создание в Базе условий и расчетов описания зависимостей, при выполнении которых производится выбор операций и переходов при автоматическом проектировании. Присвоение наименования созданному описанию Условия.

2. Установление зависимости выбора операций и переходов ОТП от Условий. Это производится указанием наименований Условий в полях «Условие1», «Условие2» операций и переходов ОТП.

В процессе автоматического проектирования Условия проверяются для каждой операции и перехода. В зависимости от выполнения этих Условий операции и переходы вставляются в

проектируемый ТП, если только они не отброшены по кодам элементов, точности и шероховатости.

Взаимозаменяемость может задаваться в ОТП:

а) Вводом нескольких взаимозаменяемых операций (вместе с переходами) в ОТП.

б) Вводом нескольких взаимозаменяемых переходов в операцию.

в) Присоединением нескольких взаимозаменяемых ОТП.

Задание выбора взаимозаменяемых операций, переходов или ОТП должно производиться по взаимоисключающим Условиям.

Примером использования Условий является выбор операций в зависимости от материала детали. Этот пример поставляется вместе с системой ТехноПро.

В Базе условий и расчетов создано два Условия проверки материала:

1-е Условие с наименованием «ХГСЛ сталь» проверяет, содержит ли наименование материала детали контекст «ХГСЛ».

2-е Условие с наименованием «ВНС-Л сталь» проверяет, содержит ли наименование материала контекст «08Х14».

В ОТП «Корпус/Блоки» введены три операции и назначены Условия их выбора:

Операции «Очистка» и «Травление электрохимическое» связаны с выполнением Условия «ХГСЛ сталь» (показана только операция «Очистка»).

Операции «Полирование электрохимическое» назначено Условие «ВНС-Л сталь».

Таким образом, в ОТП внесены зависимости выбора взаимозаменяемых операций «Очистка» и «Травление электрохимическое» или «Полирование электрохимическое».

Если в модели детали указан материал, например, 35ХГСЛ ГОСТ 4543-71, то в процессе автоматического проектирования будут выбраны операции «Очистка» и «Травление электрохимическое».

Если в модели детали указан материал, например, 08Х14Н5М2Д, то будет выбрана только операция «Полирование электрохимическое».

Часто возникают ситуации, когда имеется всего два варианта выбора операций, переходов, оснащения или ОТП. Например, операции «Очистка» и «Травление электрохимическое» должны выбираться для всех материалов детали, за исключением материалов

удовлетворяющих Условию «ВНС-Л сталь», когда должна выбираться операция «Полирование электрохимическое».

В этом случае можно ограничиться только одним Условием «ВНС-Л сталь». В закладку Условия операций «Очистка» и «Травление электрохимическое» надо внести Условие «ВНС-Л сталь», при этом надо выбрать кнопку [-] отрицания этого Условия. Кнопка [-] находится слева от полей «Условие1» и «Условие2».

В закладке Условия операции «Полирование электрохимическое» остаётся Условие «ВНС-Л сталь».

В процессе автоматического проектирования ТП ТехноПро будет анализировать марку материала детали по Условию «ВНС-Л сталь» и в соответствии с ним выбирать операции «Очистка» и «Травление электрохимическое» или «Полирование электрохимическое».

Таким образом, можно задавать взаимоисключение операций, переходов, оснащения и ОТП, используя минимальное количество Условий.

1.5 Припуски для автоматического расчета технологических размерных цепей

В переходы механической обработки можно вносить припуски для автоматического расчета технологических размерных цепей. В каждый переход можно вносить как фиксированное значение припуска на обработку, так и правила выбора припуска в зависимости от значения какого-либо параметра или формулы вычисления припуска.

В переход вносится минимальное значение припуска, гарантирующее качество обработки, указанное в полях «Квалитет» и «Класс шероховатости» этого перехода, с заданным режущим инструментом и на указанном в операции оборудовании.

Значение припуска вносится в закладку «Припуски», имеющуюся в каждом переходе. Например, в переходе, описывающем черновое точение наружной цилиндрической поверхности можно поставить припуск на диаметр равным 1 мм.

В переходе чистового точения наружной поверхности можно поставить припуск 0,4 мм.

В переходе шлифования наружной поверхности можно поставить припуск 0,1 мм.

В процессе автоматического проектирования ТехноПро выбирает переходы и операции ОТП по точности и шероховатости, а также по Условиям.

После этого ТехноПро просматривает сформированный конкретный ТП снизу вверх (от операций окончательной обработки к операциям предварительной обработки) и прибавляет к каждому чертежному размеру (значения которых вводятся при описании детали) указанного параметра (на рисунках это параметр D) каждой поверхности припуски, указанные в переходах. Таким образом, вычисляются размеры, выполняемые при предварительной обработке каждой поверхности.

Если необходимо организовать выбор припусков в зависимости от предельных значений какого-либо параметра, то можно ввести перечень значений припусков с соответствующими выражениями проверки значений этих параметров, при этом обеспечивается следующий выбор припусков:

- если диаметр D обрабатываемой поверхности меньше или равен 10 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 0,5 мм;

- если диаметр D обрабатываемой поверхности меньше или равен 50 мм, но больше 10 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 1 мм;

- если диаметр D обрабатываемой поверхности меньше или равен 100 мм, но больше 50 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 2 мм.

- если диаметр D обрабатываемой поверхности больше 100 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 3 мм.

Можно задавать значение припуска и выражения их выбора для разных параметров. Например, следующий выбор припусков:

- если длина L обрабатываемой поверхности меньше или равна 100 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 0,5 мм;

- если длина L обрабатываемой поверхности меньше или равна 300 мм, но больше 100 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 1 мм;

- если длина L обрабатываемой поверхности меньше или равна 500 мм, но больше 300 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 2 мм;

- если длина L обрабатываемой поверхности больше 500 мм, то припуск на диаметр D будет принят равным 3 мм.

Можно также вводить выбор по пределам. Также вместо припуска можно ввести значение параметра. Например, диаметр отверстия D будет принят равным:

- 5 мм если чертежный размер этого диаметра меньше 30 мм;
- 10 мм если чертежный размер этого диаметра больше или равен 30 мм и меньше 50;
- 15 мм если чертежный размер этого диаметра больше или равен 50 мм.

Значения параметров вместо снимаемых припусков удобно применять в переходах предварительного сверления или центрования отверстий.

В таблицу можно вносить больше трех строк. Новые значения вносятся в последнюю, всегда пустую строку. Для передвижения по строкам можно использовать вертикальную полосу прокрутки.

Если вносятся припуски для обработки внутренних поверхностей, например отверстия, то их необходимо указывать со знаком минус.

Припуски участвуют в расчетах технологических размеров при автоматическом и полуавтоматическом проектировании.

В поле «Выражение» допускается вносить как проверяемые, так и вычисляемые выражения. Написание выражений совпадает с написанием, применяемым в Условиях и описанным в подразделе 1.4. Поэтому в них можно применять как переменные текущих поверхностей ([D], [L]...), так и переменные других поверхностей ([D;030101], [GB;010101]...).

Для формирования выражения можно пользоваться «Построителем условия». Построитель вызывается двойным щелчком курсора мыши по полю «Выражение». Подробно работа с построителем описана в подразделе 1.4.

Выше были приведены примеры проверяемых выражений. Для ввода вычисляемого выражения необходимо изменить «Тип» выражения с «Если» на «Вычислить». Выпадающий список типов выражений открывается щелчком курсора мыши по правому краю поля «Тип».

Когда в поле «Тип» установлено «Вычислить», то в поле «Выражение» можно вводить любое вычисляемое выражение, аналогичное применяемым в Условиях. При этом присвоение вычисляемых значений допускается только переменным [Припуск] или [Значение].

В вычисляемых выражениях можно применять любые арифметические операторы и функции, а так же оператор выбора из таблиц. Приведём примеры написания выражений.

Пример 1. В операции нанесения твердого покрытия необходимо учесть толщину покрытия для последующей обработки. Если толщина покрытия введена в детали в параметр TL обрабатываемой поверхности, то можно ввести выражение для расчета.

Пример 2. В переходе центрования отверстия необходимо определить выполняемый диаметр. Если данные о диаметре центруемого отверстия в зависимости от диаметра обрабатываемой поверхности введены в поле «Dс» таблицы «Диам_центр», то можно ввести выражение выбора значения диаметра из таблицы «[Значение]=Таблица(Dс,Диам_центр, [D] => Dmin И [D] < Dmax)».

Структура и содержание выражений совпадает с выражениями, применяемыми в Условиях. Поэтому, для ввода сложных проверяемых или вычисляемых выражений в поле «выражение» можно вызвать «Построитель условия». Созданное в строителе выражение вносится в закладку «Припуски».

Построитель условия вызывается двойным щелчком курсора мыши по полю «выражение».

Для формирования переменных можно использовать тип данных «Тех.процесс\Припуски\Величина припуска» или «Тех.процесс\Припуски\Значение выполняемого размера» Выбор кнопки [ОК] внизу формы строителя условий вносит сформированное выражение в закладку «Припуск».

Вычисляемые и проверяемые выражения выполняются в процессе автоматического или полуавтоматического проектирования. Если система обнаруживает ошибку в выражении, то сообщение об этом записывается в журнал формирования ТП.

Значения припусков, используемые для расчета размерной цепи, при автоматическом или полуавтоматическом проектировании ТехноПро переносит в переходы КТП в закладку «Режим». При этом перед именем параметра добавляется буква Р. Например: РD – припуск снимаемый с диаметра, РL – припуск снимаемый с длины.

Кроме того, в закладку «Режим» перехода КТП вносится общий (суммарный) оставшийся припуск на обработку. Перед именем параметра добавляется буква О. Например: ОD – общий оставшийся припуск на диаметр, ОL – общий оставшийся припуск на длину.

Например, если в переходе снимается припуск 0,4 мм с диаметра D, то он вносится в параметр PD. Если на дальнейшую обработку, остается припуск 0,1 мм на диаметр, то он вносится в параметр OD.

Эти параметры можно использовать при расчете режимов обработки.

Переход, в который внесено хотя бы одно значение припуска называется «обрабатывающим». Только в тексты обрабатывающих переходов выдаются поля допусков и отклонения.

Если оставшийся припуск равен 0, то переход является последним «обрабатывающим».

1.6. Автоматическое проектирование технологических процессов

Для упрощения описания вариантов автоматически проектируемых ТП имеется функция «присоединения» ОТП. Каждый ОТП может быть присоединен и стать частью другого ОТП.

Присоединяемый ОТП может содержать как одну, так и несколько операций. Выбор присоединяемого ОТП в процессе автоматического проектирования можно ставить в зависимость от выполнения каких-либо условий.

Во многих ТП изготовления деталей различных групп, встречаются одинаковые последовательности операций или переходов в операциях. Система ТехноПро позволяет вводить такие операции один раз и потом использовать их в различных ОТП путем «присоединения» к ним. Например, взаимозаменяемые операции очистки поверхностей детали перед механической обработкой «Очистка», «Травление» и «Полирование электрохимическое» можно ввести в отдельный ОТП и использовать его как часть других ОТП.

ОТП, содержащий упомянутые операции ничем не отличается от других ОТП.

В качестве «основного» ОТП рассмотрим ОТП «Корпуса\Блоки», поставляемый вместе с системой ТехноПро.

Для установления связи между основным ОТП «Корпуса\Блоки» и ОТП «Очистка», необходимо в основном ОТП выбрать иконку «Макет» и нажать правую кнопку мыши.

Из появившегося меню надо выбрать пункт «Присоединить». Появится форма для указания имени присоединяемого ОТП. В этой же форме можно указать имена Условий, при выполнении которых

присоединяемый ОТП будет вставляться в основной ОТП в процессе автоматического проектирования конкретного ТП.

Имя присоединяемого ОТП можно набрать с клавиатуры или выбрать из выпадающего списка. Другим способом указания имени является выбор кнопки слева в поле «ОТП». При выборе этой кнопки на экране появится дерево классификации базы ОТП.

2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Лабораторная работа №1

Тема: «Разработка схем базирования и технологических эскизов в системе ТехноПро на группу деталей»

Цель работы: Разработать схемы базирования и технологические эскизы согласно стандартам для дальнейшего их использования в системе ТехноПро.

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ получить у преподавателя индивидуальное задание на выполнение лабораторной работы;
- ✓ закодировать поверхности деталей сквозной нумерацией;
- ✓ начертить схемы базирования в T-FLEX CAD согласно схеме обработки операции на каждую деталь представителя группы;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;
- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя

тему и цель работы;

- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатки результатов, включающие в себя:
 - копии экранов, отражающие закладки «**Элементы**» и «**Сведения**» в ТехноКАД для каждого представителя группы;
 - схемы базирования и закрепления с наименованиями операций и выделенными поверхностями для всего

технологического процесса каждого представителя группы;

- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

2.2 Лабораторная работа №2

Тема: «Разработка группового технологического процесса в системе ТехноПро на комплексную деталь»

Цель работы: Разработать в системе ТехноПро общий технологический процесс (групповой ТП) на комплексную деталь, включающую в себя все конструктивные и технологические особенности деталей представителей.

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ продолжить работу на основании выводов лабораторной работы №1;
- ✓ создать в системе ТехноПро конкретный технологический процесс на наиболее сложную в конструктивном отношении деталь;
- ✓ на основании доработки конкретного технологического процесса создать в системе ТехноПро общий технологический процесс (групповой ТП) на комплексную деталь, включающую в себя все конструктивные и технологические особенности деталей представителей;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;
- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя:

- ✓ тему и цель работы;
- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатку общего технологического процесса системе ТехноПро;
- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

2.3 Лабораторная работа №3

Тема: «Разработка условий в общем технологическом процессе по выбору операции, переходов и оснащения»

Цель работы: Разработать в общем технологическом процессе (групповом ТП) условия по выбору операции, переходов и оснащения

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ продолжить работу на основании выводов лабораторной работы №2;
- ✓ создать в общем ТП условия по выбору операции, переходов и оснащения;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;
- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя:

- ✓ тему и цель работы;
- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатки результатов, включающие в себя:
 - в общем технологическом процессе одно условие по выбору операции;
 - в общем технологическом процессе одно условие по выбору перехода;
 - в общем технологическом процессе одно условие по выбору оснащения (инструмент, приспособление, материал, оборудование и т.д.);
- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

2.4 Лабораторная работа №4

Тема: «Разработка условий в общем технологическом процессе по расчету режимов резания и нормированию технологических переходов»

Цель работы: Разработать в общем технологическом процессе условия по расчету режимов резания и нормированию каждого технологического перехода

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ продолжить работу на основании выводов предыдущих лабораторных работ;
- ✓ создать в общем ТП условия по расчету режимов резания и нормированию каждого технологического перехода;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;

- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя:

- ✓ тему и цель работы;
- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатки результатов, включающие в себя:
 - в общем технологическом процессе одно условие по расчету режимов резания;
 - в общем технологическом процессе одно условие по расчету нормирования;
- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

2.5 Лабораторная работа №5

Тема: «Разработка конкретного технологического процесса по общему технологическому процессу в системе ТехноПро»

Цель работы: Разработать конкретный технологический процесс по общему технологическому процессу в системе ТехноПро на каждую деталь-представитель

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ продолжить работу на основании выводов предыдущих лабораторных работ;
- ✓ закодировать поверхности детали представителя (сквозная нумерация и шестизначный код согласно приложению);
- ✓ открыть чертеж представителя в T-FLEX CAD;

- ✓ записать конструкторские значения в промежуточный файл ТехноКАД;
- ✓ запустить систему ТехноПро;
- ✓ создать новый технологический процесс в окне Конкретных технологических процессов (КТП) на основе Общего технологического процесса (ОТП);
- ✓ повторить вышеперечисленные пункты для всех деталей-представителей;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;
- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя:

- ✓ тему и цель работы;
- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатку технологического процесса, сформированного в окне КТП для одной детали-представителя;
- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

2.6 Лабораторная работа №6

Тема: «Разработка условий в общем технологическом процессе по расчету припуска на механическую обработку»

Цель работы: Разработать в общем ТП условия по расчету припуска на механическую обработку каждого технологического перехода

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ продолжить работу на основании выводов предыдущих лабораторных работ;
- ✓ создать в общем ТП условия по расчету припуска на механическую обработку каждого технологического перехода;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;
- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя:

- ✓ тему и цель работы;
- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатку условий по расчету припуска на механическую обработку для каждого технологического перехода в общем ТП;
- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

2.7 Лабораторная работа №7

Тема: «Отработка конкретного технологического процесса по условиям. Расстановка технологических эскизов»

Цель работы: Сформировать конкретный технологический процесс в системе ТехноПро для печати

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ продолжить работу на основании выводов предыдущих лабораторных работ;
- ✓ проверить работу условий, созданных в предыдущих работах, путем изменения начальных параметров для каждой детали-представителя;
- ✓ открыть закодированные чертежи каждого представителя группы в T-FLEX CAD (лабораторная работа №1);
- ✓ создать технологические эскизы;
- ✓ вставить эскизы в технологический процесс для каждой детали-представителя;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;
- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя:

- ✓ тему и цель работы;
- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатки результатов, включающие в себя:
 - КТП для каждой детали-представителя с разными значениями по условиям;
 - эскизы, вставленные в ТехноПро;
- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

2.8 Лабораторная работа №8

Тема: «Проектирование форм карт технологического процесса в системе ТехноПро»

Цель работы: Сформировать карты единичного технологического процесса в системе ТехноПро

Порядок выполнения работы:

- ✓ внимательно изучить методику решения поставленной задачи, изложенную в электронной версии лабораторного практикума;
- ✓ продолжить работу на основании выводов предыдущих лабораторных работ;
- ✓ создать технологические карты и перенести их из ТехноПро в Microsoft Word;
- ✓ сохранить результаты работы в формате, указанном преподавателем;
- ✓ распечатать и проанализировать полученные результаты;
- ✓ подписать распечатку у преподавателя;
- ✓ оформить в соответствии с требованиями отчет о выполнении работы;
- ✓ защитить лабораторную работу.

Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется на листах формата А4 и включает в себя:

- ✓ тему и цель работы;
- ✓ порядок выполнения работы;
- ✓ распечатку карт, сформированных в Microsoft Word;
- ✓ вывод (описание результатов).

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент допускается к экзамену по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

Литература

1. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении/ В.С. Корсаков, Н.М. Капустин, К.Х. Темпельгоф, Х. Лихтенберг; под общ.ред. Н.М. Капустина. – М.: Машиностроение, 1985. – 304 с.

2. Кобелев С.А., Вольсков Д.Г. Проектирование групповых технологических процессов. САПР ТП ТехноПро: Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 25 с.

3. Лучкин В.К., Ванин В.А., Марков Н.Н. Автоматизация технологического проектирования в САПР ТехноПро: Методические указания к работе с пакетом прикладных программ. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2005. – 36 с.

4. М/У 3621. А.В. Петухов Системы автоматизированного проектирования изделий машиностроения: лаб. практикум по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / А.В.Петухов. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2008. – 56 с.

5. Руководство пользователя «Система автоматизации технологического проектирования ТехноПро»/ Лихачев А. А. – М.: 2002.

6. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: учебник для вузов/ С.Н. Корчак, А.А. Кошин, Ф.Г. Ракович, Б.И. Сеницын; под общ. ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. – 352 с.

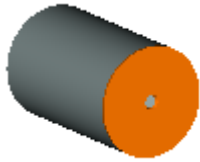
7. Системы автоматизированного проектирования. – В 9-ти кн. Кн. 6. – Автоматизация конструкторского и технологического проектирования: учеб. пособие для втузов/ Н.М. Капустин, Г.Н. Васильев; под ред. И.П. Норенкова. – М.: Высшая школа, 1986. – 191 с.

8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1/ под ред А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 624 с.

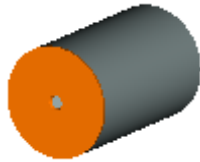
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2/ под ред А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496. с.

Виды поверхностей (элементов)

Виды наружных поверхностей (элементов)



0101 Торцевая правая



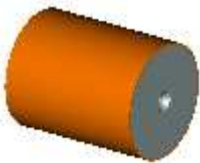
0102 Торцевая левая



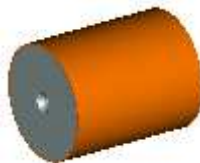
0201 Уступ правый



0202 Уступ левый



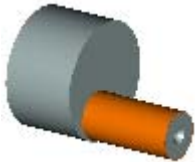
0301 Цилиндрическая правая



0302 Цилиндрическая левая



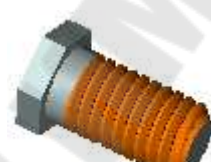
0309 Цилиндрическая заготовка



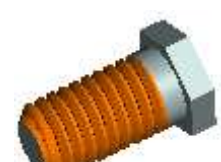
04 Цилиндрическая параллельная



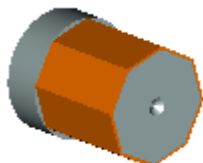
05 Цилиндрическая перпендикулярная



0601 Резьбовая правая



0602 Резьбовая левая



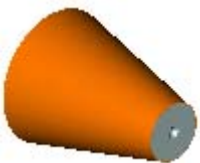
07 Многогранная



0801 Фаска правая



0802 Фаска левая



0901 Конусная правая



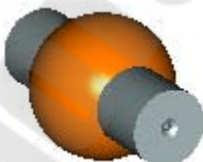
0902 Конусная левая



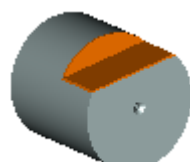
10 Шлицевая



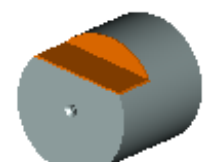
11 Зубчатая



12 Сферическая



1301 Лыска правая



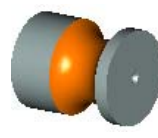
1302 Лыска левая



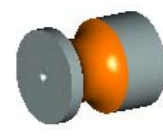
1401 Канавка правая



1402 Канавка левая



1501 Канавка фасонная правая



1502 Канавка фасонная левая

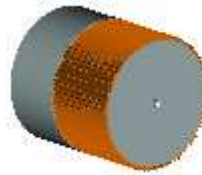
Приложение



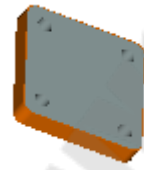
16 Шпоночная



17 Сегментная



18 Накатная



19 Фланец
прямоугольный



20 Фланец фасонный



21 Кулачковая



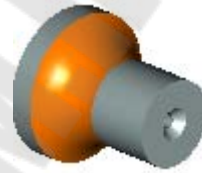
22 Выступ



2301 Канавка правая



2302 Канавка левая



24 Радиусная



2501 Шлиц правый



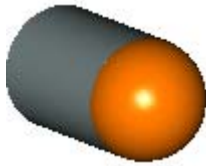
2502 Шлиц левый



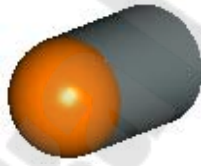
2601 Торцевая
фасонная правая



2602 Торцевая
фасонная левая



2701 Сфера правая



2702 Сфера левая



2801 Радиус правый



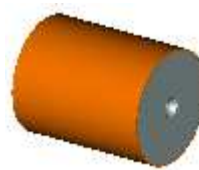
2802 Радиус левый



2901 Скос правый



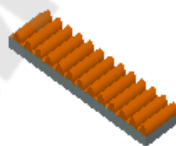
2902 Скос левый



3001 Цилиндрическая
правая



3002 Цилиндрическая
левая



31 Рейка

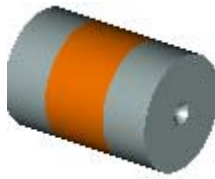


3201 Выступ
радиальный правый

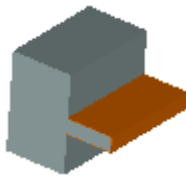


3202 Выступ
радиальный левый

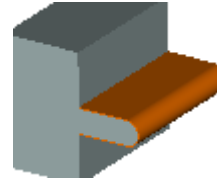
Приложение



33 Зона обработки



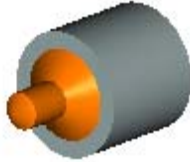
34 Ребро



35 Ребро фасонное



3601 Центр правый



3602 Центр левый



39 Контур



40 Плоская



41 Бобышка

Виды внутренних поверхностей (элементов)



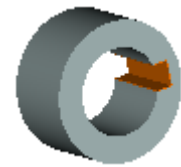
5001 Цилиндрическая
правая 5101, 5201



5002 Цилиндрическая
левая 5102, 5202



53 Шлицевая



54 Шпоночная



55 Зубчатая



56 Сферическая



57 Фасонная



58 Многогранная



5901 Фаска правая



5902 Фаска левая



6001 Торцевая правая
6101, 6201



6002 Торцевая левая
6102, 6202



63 Отверстие



64 Отверстие наклонное



65 Отверстие параллельное

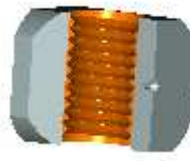
Приложение



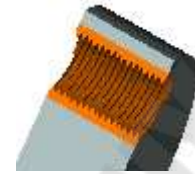
6601 Радиусная правая



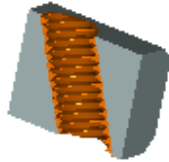
6602 Радиусная левая



67 Резьба радиальная



68 Резьба параллельная



69 Резьба наклонная



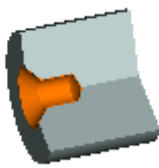
7001 Центр правый



7002 Центр левый



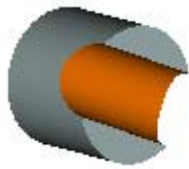
7101 Центр правый



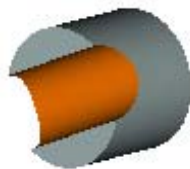
7102 Центр левый



72 Отверстие стопорное



7301 Выемка радиусная правая



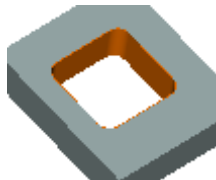
7302 Выемка радиусная левая



74 Паз аксиальный



75 Выемка



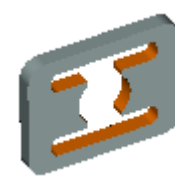
76 Окно



77 Паз



78 Окно фасонное



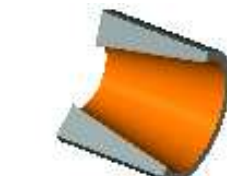
79 Окно фасонное



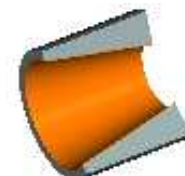
8001 Резьбовая правая 8101, 8201



8002 Резьбовая левая 8102, 8202



8301 Коническая правая



8302 Коническая левая



8401 Канавка правая



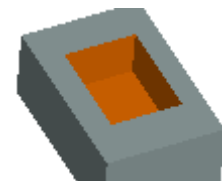
8402 Канавка левая



8501 Канавка торцевая правая



8502 Канавка торцевая левая



86 Карман

Содержание

Введение	3
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Создание группового технологического процесса в САПР ТП ТехноПро	10
1.2 Сетевые модели	12
1.3. Создание общего технологического процесса в САПР ТП ТехноПро	14
1.4. Проектирование условий выбора операций, переходов, оснащения в общем технологическом процессе	18
1.5 Припуски для автоматического расчета технологических размерных цепей	20
1.6. Автоматическое проектирование технологических процессов	24
2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	26
2.1 Лабораторная работа №1 Разработка схем базирования и технологических эскизов в системе Технопро на группу деталей	26
2.2 Лабораторная работа №2 Разработка группового технологического процесса в системе ТехноПро на комплексную деталь	27
2.3 Лабораторная работа №3 Разработка условий в общем технологическом процессе по выбору операции, переходов и оснащения	28
2.4 Лабораторная работа №4 Разработка условий в общем технологическом процессе по расчету режимов резания и нормированию технологических переходов	29
2.5 Лабораторная работа №5 Разработка конкретного технологического процесса по общему технологическому процессу в системе ТехноПро	30
2.6 Лабораторная работа №6 Разработка условий в общем технологическом процессе по расчету припуска на механическую обработку	31
2.7 Лабораторная работа №7 Отработка КТП по условиям. расстановка технологических эскизов	32
2.8 Лабораторная работа №8 Проектирование форм карт технологического процесса в системе ТехноПро	34
Литература	35
Приложение	36

Петухов Александр Владимирович
Мельников Дмитрий Витальевич

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

**Лабораторный практикум
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 29.06.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,28.

Изд. № 249.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.