

В. Е. Овсянников, Е. М. Кузнецова,
А. К. Остапчук, Е. Ю. Рогов

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

ISBN 978-5-4217-0760-8



9 785421 707608

Курганский
государственный
университет



Библиотечно-издательский
центр

65-48-12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

В. Е. Овсянников, Е. М. Кузнецова, А. К. Остапчук, Е. Ю. Рогов

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

Курган 2026

УДК 621.9.04
ББК 34.43
О 80

Рецензенты:

Структурное подразделение высшего образования Курганского института железнодорожного транспорта (профессор кафедры, д-р техн. наук, профессор, Виктор Иванович Чарыков)

Кафедра «Технология машиностроения» Тюменского индустриального университета (профессор кафедры, д-р техн. наук, доцент, Владимир Вениаминович Долгушин).

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Овсянников В. Е.

Некоторые аспекты автоматизации технологической подготовки производства : учебное пособие / В. Е. Овсянников, Е. М. Кузнецова, А. К. Остапчук, Е. Ю. Рогов. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2026. – 90 с.

В учебном пособии рассматривается подход к автоматизации процесса технологической подготовки производства. Подробным образом освещена часть технологической подготовки производства, которая касается проектирования технологических процессов механической обработки. Приводятся примеры проектирования элементов технологических процессов механической обработки с использованием средств автоматизации.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.01 «Машиностроение», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 27.03.04 «Управление в технических системах».

ISBN 978-5-4217-0760-8

© Курганский государственный университет, 2026

© Овсянников В. Е.,

Кузнецова Е. М., Остапчук А. К.,

Рогов Е. Ю., 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Сущность и состав технологической подготовки производства	6
2 Последовательность проектирования технологических процессов	12
3 Решение задачи определения типа производства с использованием средств автоматизации проектирования	18
4 Решение задачи выбора метода и способа получения заготовки.....	26
5 Решение задачи анализа конструкции детали на технологичность.....	32
6 Решение задачи расчета и определения припусков на механическую обработку с использованием средств автоматизации проектирования	39
7 Решение задачи определения режимов резания с использованием средств автоматизации проектирования	48
8 Решение задачи определения норм времени с использованием средств автоматизации проектирования	57
9 Решение задачи разработки технологической документации с использованием средств автоматизации проектирования	64
Библиографический список.....	79
Приложения	80

ВВЕДЕНИЕ

Технологическая подготовка производства является важнейшим этапом жизненного цикла продукции. На данной стадии осуществляется обеспечение требуемых параметров, которые были сформулированы в ходе конструирования детали. Таким образом, в ходе технологической подготовки производства осуществляется реализация служебного назначения изделия.

От качественного выполнения технологической подготовки производства напрямую зависит конкурентоспособность выпускаемой продукции. С одной стороны, допущенные ошибки приводят к нарушению выполнения деталью или сборочной единицей своего служебного назначения. Особенно критичным может быть наступление отказа, что приводит к экономическому ущербу и даже человеческим жертвам. С другой стороны, чем раньше на стадии жизненного цикла были установлены ошибки, тем дешевле стоит их устранить.

Также важным аспектом обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции является оперативность удовлетворения нужд потребителя. В этом смысле ускорение технологической подготовки производства играет решающее значение. Тем более, что в современном производстве наблюдается тренд на расширение сферы применения единичного и мелко-серийного производства.

В рамках данного учебного пособия предпринята попытка изложить в системном виде часть процесса технологической подготовки производства, которая связана с проектированием технологических процессов механической обработки заготовок. Изложена последовательность проектирования технологических процессов механической обработки, рассмотрено выполнение отдельных этапов с примерами, а также приведены алгоритмы решения поставленных задач.

В рамках учебного пособия рассмотрены следующие типовые задачи:

- сущность и состав технологической подготовки производства;
- последовательность проектирования технологических процессов;
- решение задачи определения типа производства с использованием средств автоматизации проектирования;
- решение задачи выбора метода и способа получения заготовки;
- решение задачи анализа конструкции детали на технологичность;

- решение задачи расчета и определения припусков на механическую обработку с использованием средств автоматизации проектирования;
- решение задачи определения режимов резания с использованием средств автоматизации проектирования;
- решение задачи определения норм времени с использованием средств автоматизации проектирования;
- решение задачи разработки технологической документации с использованием средств автоматизации проектирования.

В рамках учебного пособия рассматриваются примеры решения задач проектирования технологических процессов механической обработки с применением средств автоматизации расчетов и оформления их результатов.

Учебное пособие может быть полезно широкому кругу обучающихся различных направлений подготовки в частности направлениями подготовки 15.03.01 «Машиностроение», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» при изучении дисциплин «Основы технологии машиностроения» и «Технология машиностроения», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» при изучении дисциплины «Технологические процессы машиностроительных производств», 27.03.04 «Управление в технических системах» в ходе изучения дисциплины «Технологические процессы и производства».

Также пособие может быть полезно сотрудникам машиностроительных предприятий, которые работают в подразделениях отдела главного технолога и связаны с разработкой технологических процессов механической обработки заготовок.

1 СУЩНОСТЬ И СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Технологическая подготовка производства входит в состав технической подготовки [1]. Следует отметить, что это весьма трудоемкая стадия. В ряде случаев трудоемкость технологической подготовки производства может составлять 50 и более процентов в структуре всей технической подготовки. Сущность технологической подготовки производства состоит в том, что необходимо обеспечить готовность осваиваемых изделий к промышленному выпуску в рамках требуемого объема и сроков производства, с заданными показателями качества и экономической эффективности.

Для успешного исхода технологической подготовки производства необходимо в качестве исходных данных иметь полный комплект конструкторской документации. Под экономической эффективностью технологической подготовки производства можно понимать рациональное расходование различных ресурсов (трудовых, материальных, временных и т. д.) при соблюдении требуемого качества выпускаемой продукции. Также важным ориентиром при технологической подготовке производства является обеспечение гибкости, т. к. в современных условиях может изменяться номенклатура выпускаемых изделий и другие организационные условия.

Системно работы в части технологической подготовки производства проводятся в двух направлениях:

- решение текущих задач, связанных с освоением новой продукции на предприятии или модернизацией действующих технологических процессов;
- совершенствование методологической базы технологической подготовки производства, что дает возможность улучшить сам процесс и ускорить его выполнение.

Отсюда можно сделать вывод, что первое направление реализуется в рамках отдельно взятых машиностроительных предприятий. Второе направление реализуется на отраслевом или более высоком уровне, т. к. требует в числе прочего научной и методической проработки рассматриваемых вопросов. В итоге улучшенной методологией может в дальнейшем пользоваться любое предприятие из сферы машиностроения.

Из приведенного выше следует, что технологическая подготовка произ-

водства представляет собой сложный процесс, содержащий большое количество разноплановых работ. Однако принципиально его можно разделить на две стадии (как и любой другой процесс проектирования) [2 – 4]:

- выполнение работ при технологической подготовке нового производства, которое создается впервые;
- выполнение работ по технологической подготовке действующих производственных мощностей.

В ряде случаев к выполнению работ по технологической подготовке производства могут быть привлечены внешние консалтинговые или инженеринговые фирмы.

В качестве исходной информации в данном случае используются результаты предпроектного исследования [4]. Это является своего рода прообразом технического задания на проектирование, где определены основные направления создания или переоснащения производства.

Техническое переоснащение производства включает комплекс мероприятий, который приведен на рисунке 1.1.

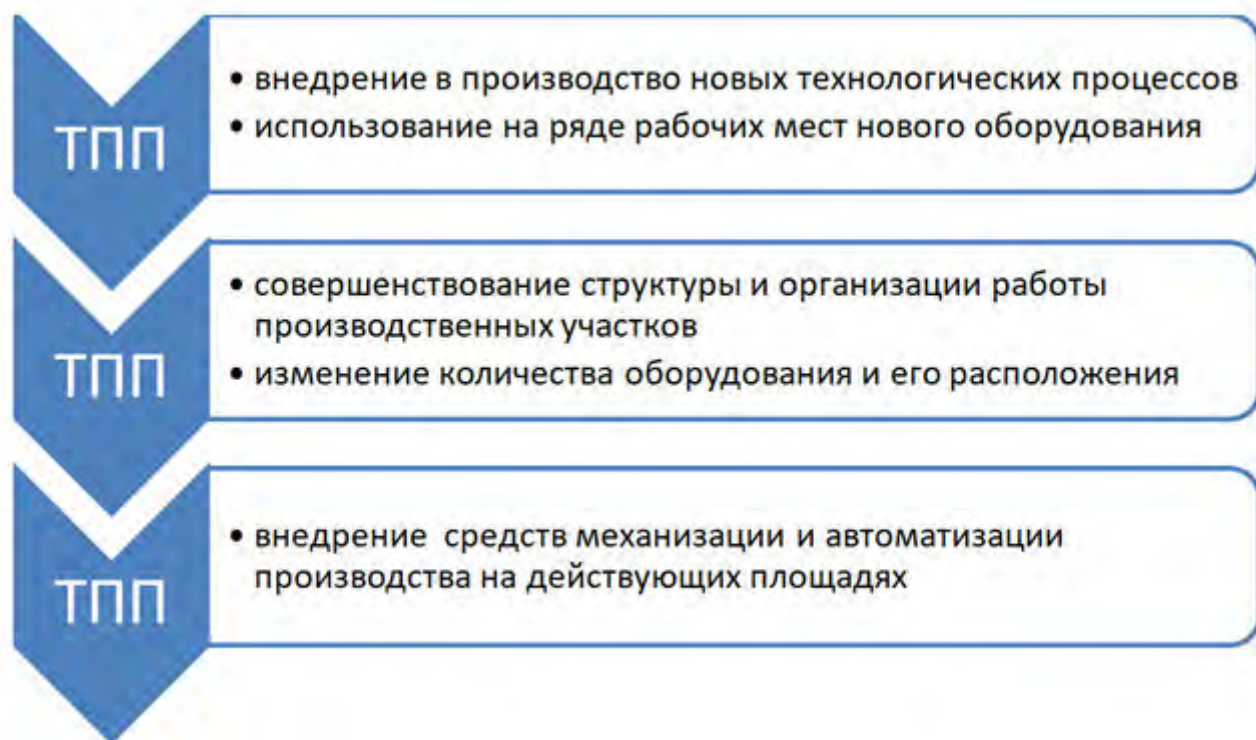


Рисунок 1.1 – Состав технического переоснащения производства

В ходе выполнения работ могут дополнительно предусмотреть вопросы расширения производственных площадей или увеличения производственной мощности.

Выработанные решения в части реконструкции или перевооружения действующего производства подлежат утверждению руководством предприятия, а также другими заинтересованными лицами (например, инвесторами). Помимо технологических задач рассматривается круг организационных, строительных и других вопросов.

Важно понимать, что степень проработки решения в ходе технологической подготовки производства зависит от типа производства. На рисунке 1.2 приведены основные функции технологической подготовки производства в рамках предприятия.

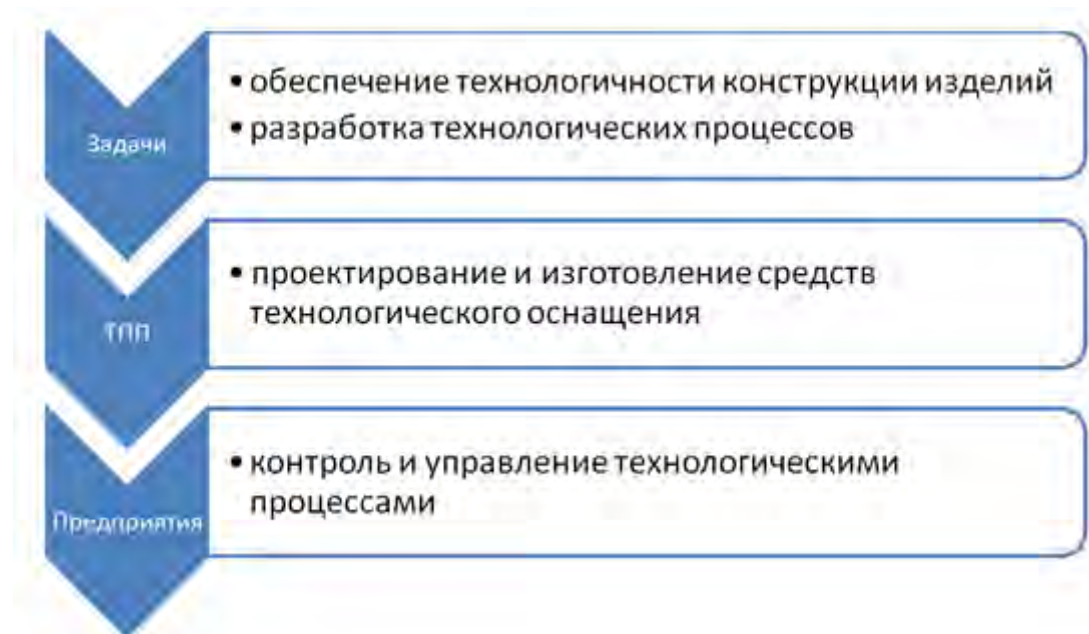


Рисунок 1.2 – Функции технологической подготовки производства в рамках предприятия

Таким образом, первой функцией, которую выполняют в рамках технологической подготовки производства на предприятии, является решение комплекса вопросов, которые связаны с обеспечением технологичности изделия. В рамках данного учебного пособия будут рассмотрены вопросы обеспечения технологичности применительно к механической обработке. Однако в данном разделе при характеристике всей системы технологической подготовки производства необходимо рассмотреть данный аспект более подробно. На рисунке 1.3 приведен перечень задач, которые решаются на данном этапе.



Рисунок 1.3 – Задачи обеспечения технологичности в ходе ТПП

Следующей функцией является разработка технологических процессов, основные задачи, которые решаются здесь, приведены на рисунке 1.4.

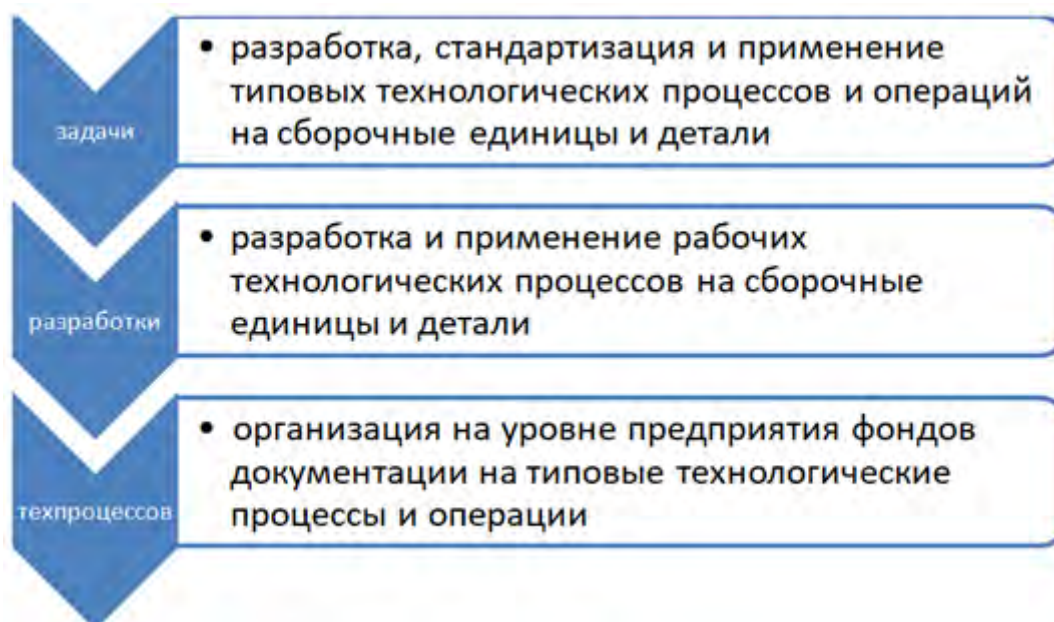


Рисунок 1.4 – Перечень задач, которые относятся к функции разработки технологических процессов

После разработки технологических процессов в обоснованных случаях выполняется функция проектирования и изготовления средств технологического оснащения. Целесообразность выполнения данной функции обоснована либо отсутствием стандартных инструментов и приспособлений,

либо большей эффективностью применения специальных средств технологического оснащения. Основные задачи данной функции приведены на рисунке 1.5.

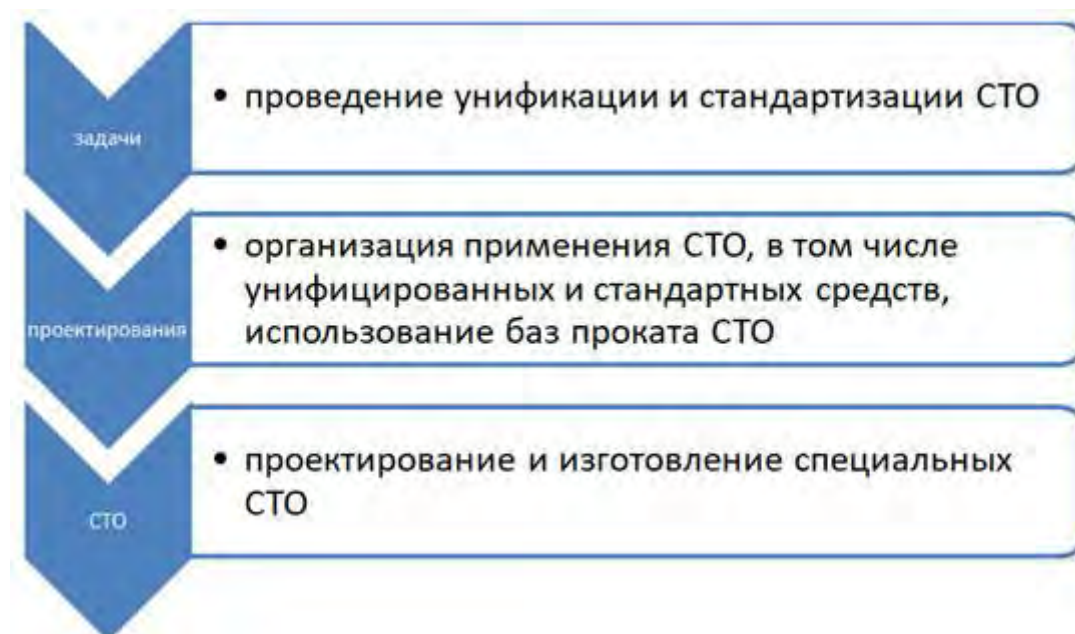


Рисунок 1.5 – Перечень задач, которые относятся к функции проектирования и изготовления средств технологического оснащения

Далее проводится обработка пробной партии деталей, а затем выполняется функция контроля и управления технологическими процессами, состав которой приведен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Перечень задач, которые относятся к функции контроля и управления технологическими процессами

Функции технологической подготовки производства реализуются на предприятии в рамках системы, представленной на рисунке 1.7.

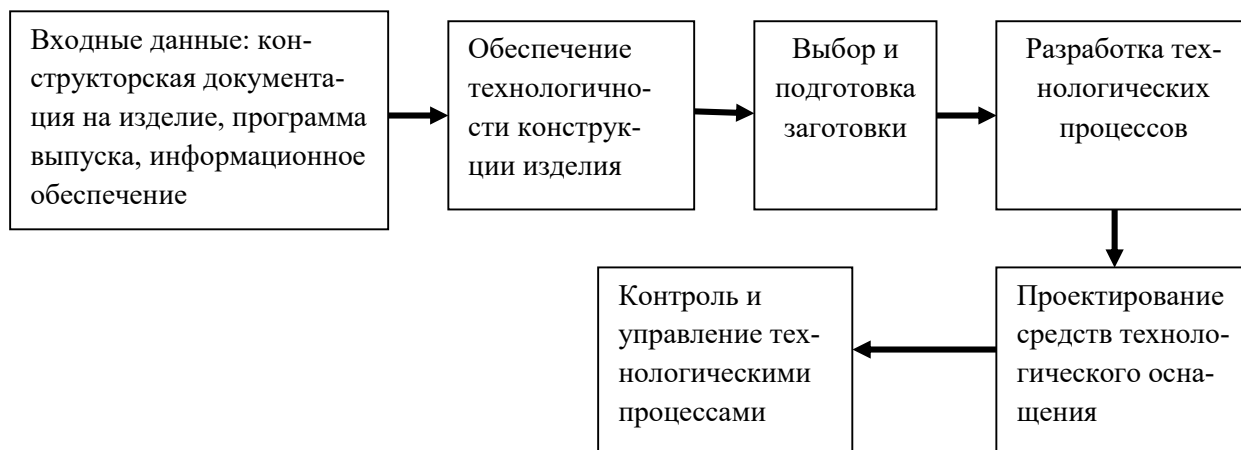


Рисунок 1.7 – Структурная схема системы технологической подготовки производства на машиностроительном предприятии

Важным аспектом является объем и специфика входных данных (см. рисунок 1.7):

- конструкторская документация на изделие (сборочные чертежи машин и механизмов, узлов и отдельных деталей). В отношении данной информации необходимо выполнить отработку конструкции на технологичность;
- рабочие чертежи заготовок;
- технологические процессы заготовительного производства;
- ведомости заказа заготовок (особенно важно для случая, когда заготовка изготавливается на стороннем предприятии);
- технологические процессы на механическую обработку и другие процессы изготовления деталей;
- технологические процессы и схемы сборки узлов и изделия в целом;
- ведомости заказа специальных средств технологического оснащения;
- конструкторская документация на специальные приспособления и инструмент;
- документированные изменения в конструкции и технологии изготовления.

В рамках данного пособия рассмотрим подробно разработку технологических процессов.

2 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Под **технологическим процессом** можно понимать упорядоченную последовательность выполнения действий при изготовлении деталей или выполнении сборки, выполнение которых дает возможность достигнуть требуемого результата с выполнением ограничений (по времени, ресурсам, бюджету и т. д.). Поэтому в общем случае проектирование технологического процесса является оптимизационной задачей [3; 4].

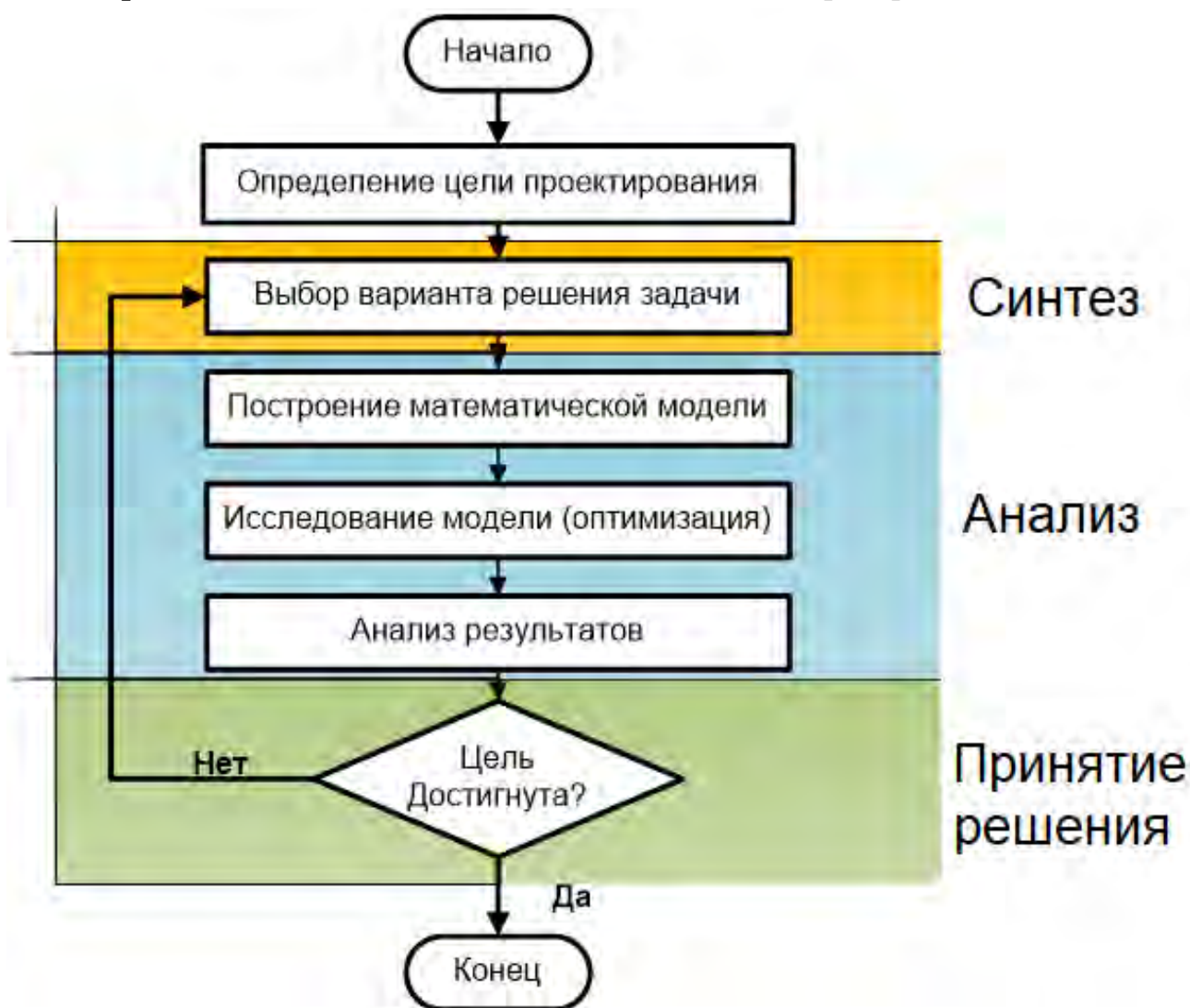


Рисунок 2.1 – Алгоритм оптимизации при проектировании технологических процессов

Важно понимать, что для достижения поставленной выше цели необходимо выполнять оптимизацию на каждом этапе разработки технологического процесса. Перечень этапов разработки согласно ГОСТ 14.301-83 приведен на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Последовательность разработки технологического процесса изготовления изделия в соответствии с ГОСТ 14.301-83

Анализируя данные рисунка 2.2, следует отметить, что в рамках данного учебного пособия важно уделить внимание следующим элементам:

- определению типа производства. Это объясняется тем, что тип производства является основной характеристикой, которая определяет его организационный облик и весь ход последующего проектирования технологического процесса. В данном свете необходимо сформировать у обучающихся навык расчетного определения типа производства (через коэффициент закрепления операций) и понимание того, что определение оптимального значения коэффициента закрепления операций производится на основе оптимизационной задачи;
- выбору способа и метода изготовления заготовки. В данном случае необходимо сформировать у обучающихся целостное представление о методологии выбора метода и способа получения заготовки, а также

понимание критериев принятия решений;

- отработке конструкции на технологичность. В данном случае необходимо рассмотреть вопросы качественной и количественной оценки в виде алгоритма;
- расчету режимов резания. В данном разделе необходимо рассмотреть общий подход к определению режимов, привести примеры разных методик расчета и подход, который предполагает расчет наивыгоднейшего режима резания;
- вопросам технического нормирования операций. Важность данного пункта объясняется тем, что технические нормы времени являются исходными данными для дальнейшей экономической оценки и расчета себестоимости изготовления деталей и сборки узлов.

На рисунке 2.3 приведена общая классификация технологических процессов.

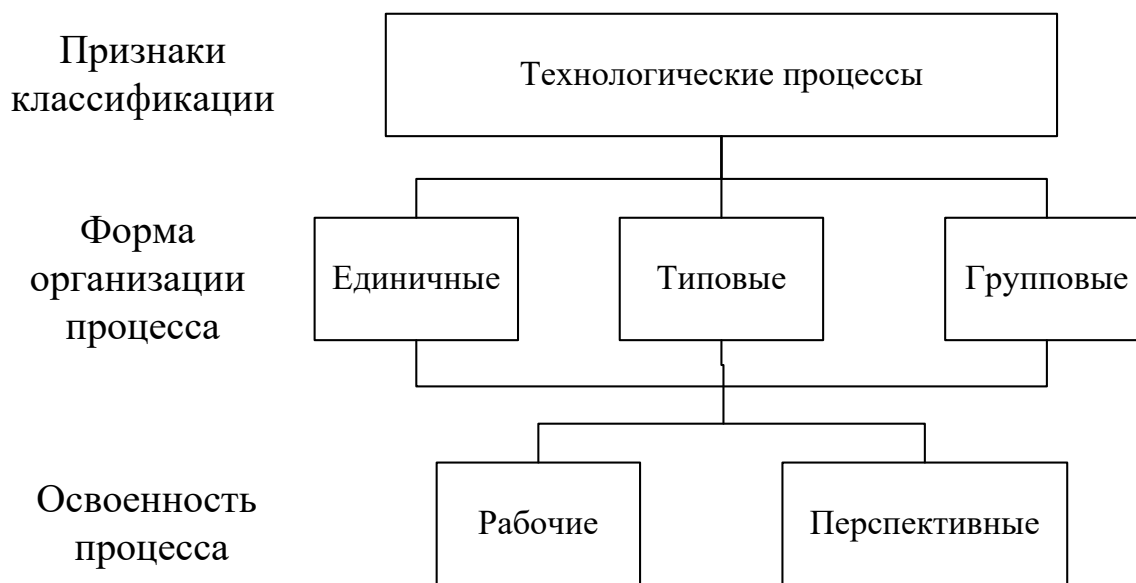


Рисунок 2.3 – Виды технологических процессов

По степени освоенности технологические процессы разделяют на рабочие и перспективные. **Рабочие** технологические процессы используются при изготовлении деталей или сборке в действующей промышленной практике. **Перспективные** технологические процессы базируются на современных достижениях науки и используются как справочная основа при проектировании рабочих.

Единичный технологический процесс разрабатывается на изготовле-

ние конкретной единицы продукции применительно к строго определенным условиям. Разработка единичных технологических процессов строится на основе выбора **типового** технологического процесса. Для выбора типового технологического процесса, прежде всего, необходимо определить, к какому классу относится рассматриваемая при проектировании деталь. На рисунке 2.4 приведены классы деталей согласно ЕСКД.

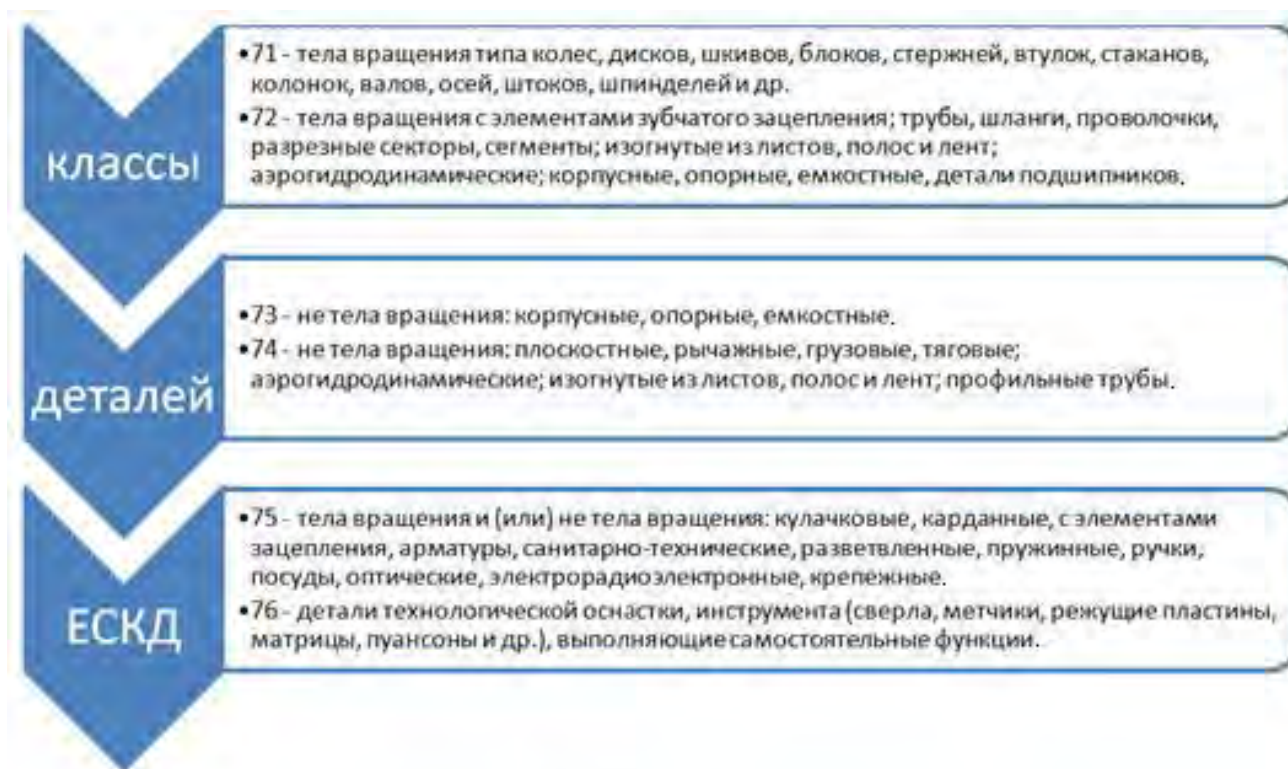


Рисунок 2.4 – Классификация деталей на основе стандартов ЕСКД

Анализируя данные рисунка 2.4, можно сказать, что объединение деталей в классы произведено не только на основе общности конструкций и служебного назначения, но и методов формообразования. Поэтому при проектировании технологического процесса изготовления детали необходимо определить, к какому классу относится рассматриваемая деталь, и найти в справочной литературе соответствующий типовой технологический процесс. Рассмотрим пример для детали на рисунке 2.5.

Руководствуясь данными рисунка 2.4, можно сделать вывод, что деталь относится к классу 71. Пользуясь данными справочной литературы [5, 6], типовой технологический процесс изготовления детали представляет последовательность операций, приведенную на рисунке 2.5.

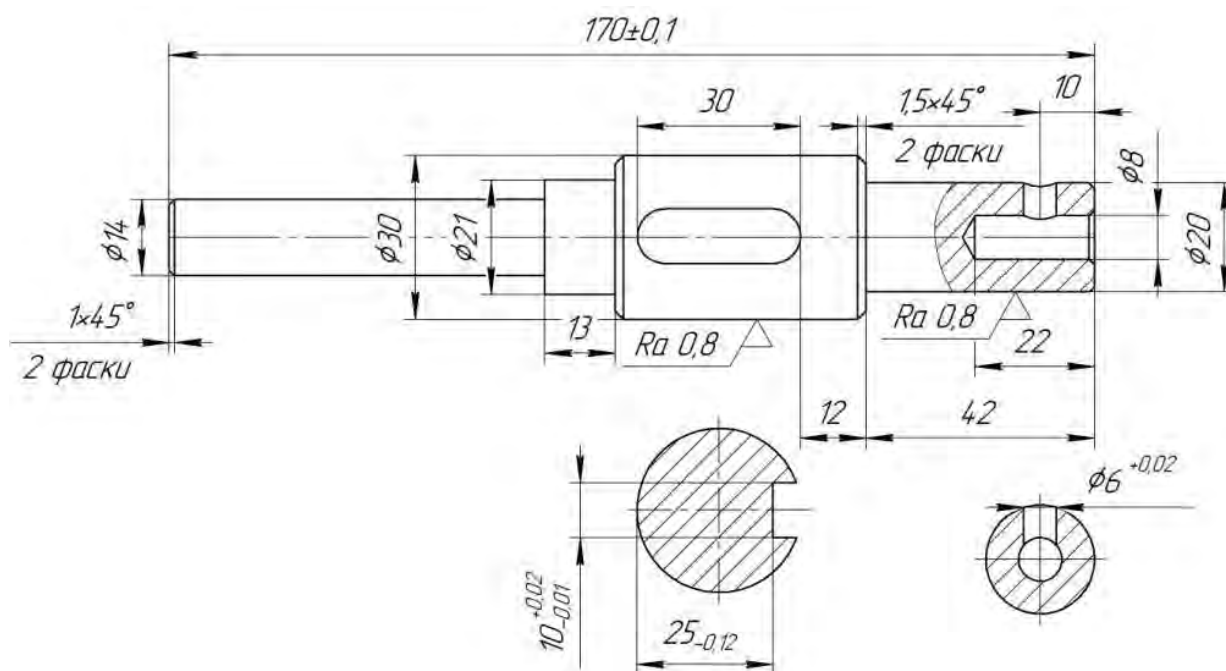


Рисунок 2.5 – Пример детали

- подготовка технологических баз — подрезание торцов и центрование;
- черновая токарная обработка обоих концов вала, подрезание торцов и уступов;
- чистовая токарная обработка, осуществляемая в той же последовательности, что и черновая;
- черновое шлифование шеек вала, служащих дополнительными базами при фрезеровании.



- правка заготовки при изготовлении нежестких валов;
- черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей (шлицев, зубьев, лысок и т. д.);
- обработка вспомогательных поверхностей (резьбы, отверстия и т. д.);
- термическая обработка;



- правка вала;
- черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов, отверстий;
- финишная обработка особо точных поверхностей.

Рисунок 2.6 – Типовая последовательность операций

В основе групповых технологических процессов лежит идея формирования среди деталей, подлежащих изготовлению группы по признакам, которые показаны на рисунке 2.4. После формирования группы производится выбор детали-представителя. Данная деталь должна иметь в своей конструкции элементы всех деталей рассматриваемой группы. Это дает возможность при разработке технологического процесса на деталь-представитель учесть все аспекты технологии производства выделенной группы изделий. Следует отметить, что деталь-представитель не обязательно может изготавливаться в металле. Может быть выбрана условной. На рисунке 2.7 приведен пример формирования такой группы.



Рисунок 2.7 – Пример формирования группы деталей

В левой части рисунка представлена деталь-представитель, которая имеет все наружные и внутренние конструктивные элементы, характерные для других деталей. Подробная разработка технологической документации в данном случае выполняется только на комплексную деталь. Данный подход целесообразно использовать в серийном производстве.

3 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Определение коэффициента закрепления операций является важнейшим этапом технологической подготовки производства. Объясняется это тем, что по величине коэффициента закрепления операций дают оценку, в рамках какого типа производства предполагается производить проектирование технологического процесса. На рисунке 3.1 приведена классификация типов производства в зависимости от величины коэффициента закрепления операций [7; 8].

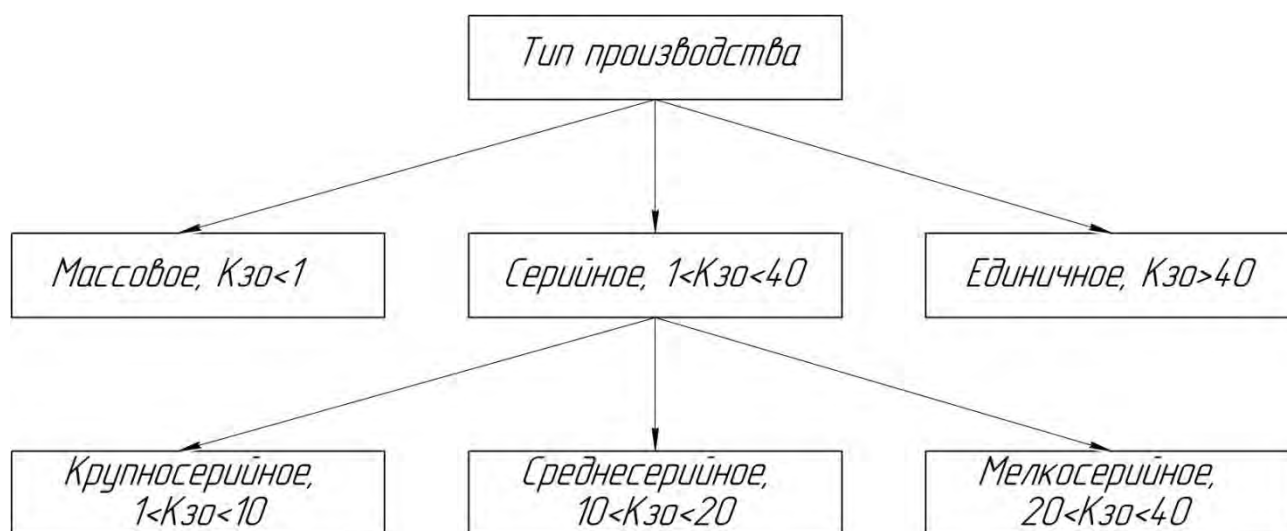


Рисунок 3.1 – Разделение типов производства по величине коэффициента закрепления операций

Корректное определение типа производства дает возможность адекватно выбрать форму организации технологического процесса, металлорежущие станки, инструмент, а также определиться с требованиями к квалификации основных производственных рабочих. Например, в случае единичного типа производства необходимы наиболее квалифицированные рабочие, а при массовом производстве целесообразно использование специального оборудования.

Таким образом, коэффициент закрепления операций является комплексной характеристикой, составные части которой приведены на рисунке 3.2.

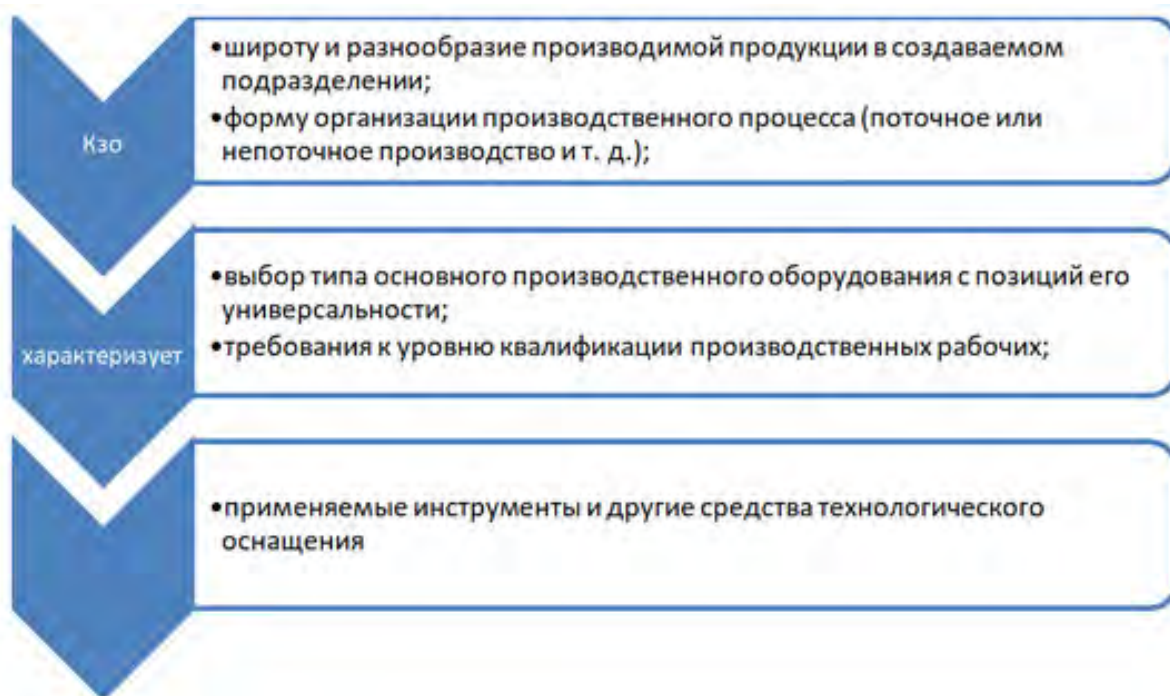


Рисунок 3.2 – Комплексная характеристика типа производства

На рисунке 3.3 приведен алгоритм определения коэффициента закрепления операций с использованием базового технологического процесса.

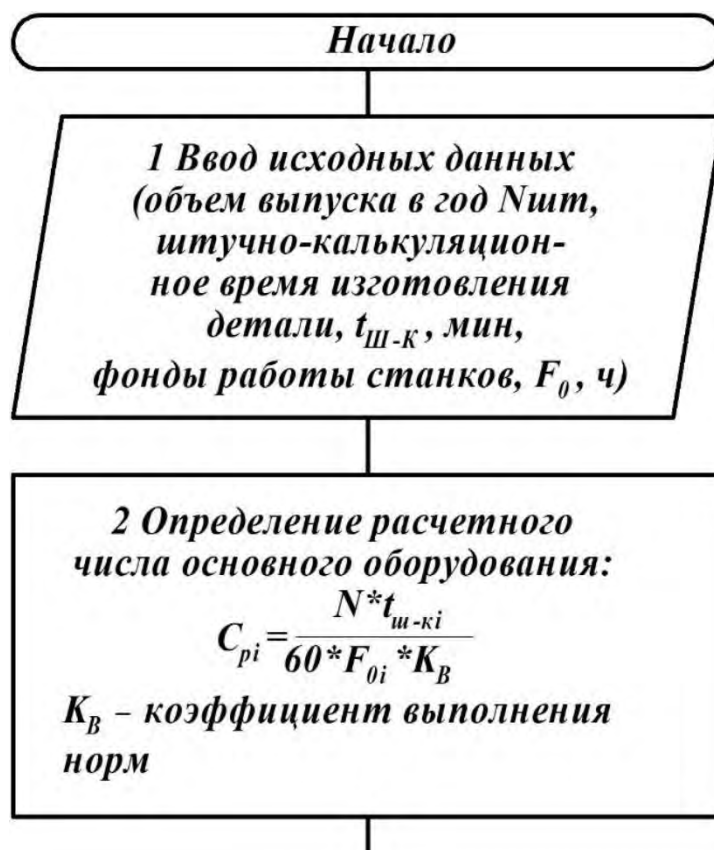


Рисунок 3.3 – Алгоритм определения коэффициента закрепления операций по базовому технологическому процессу

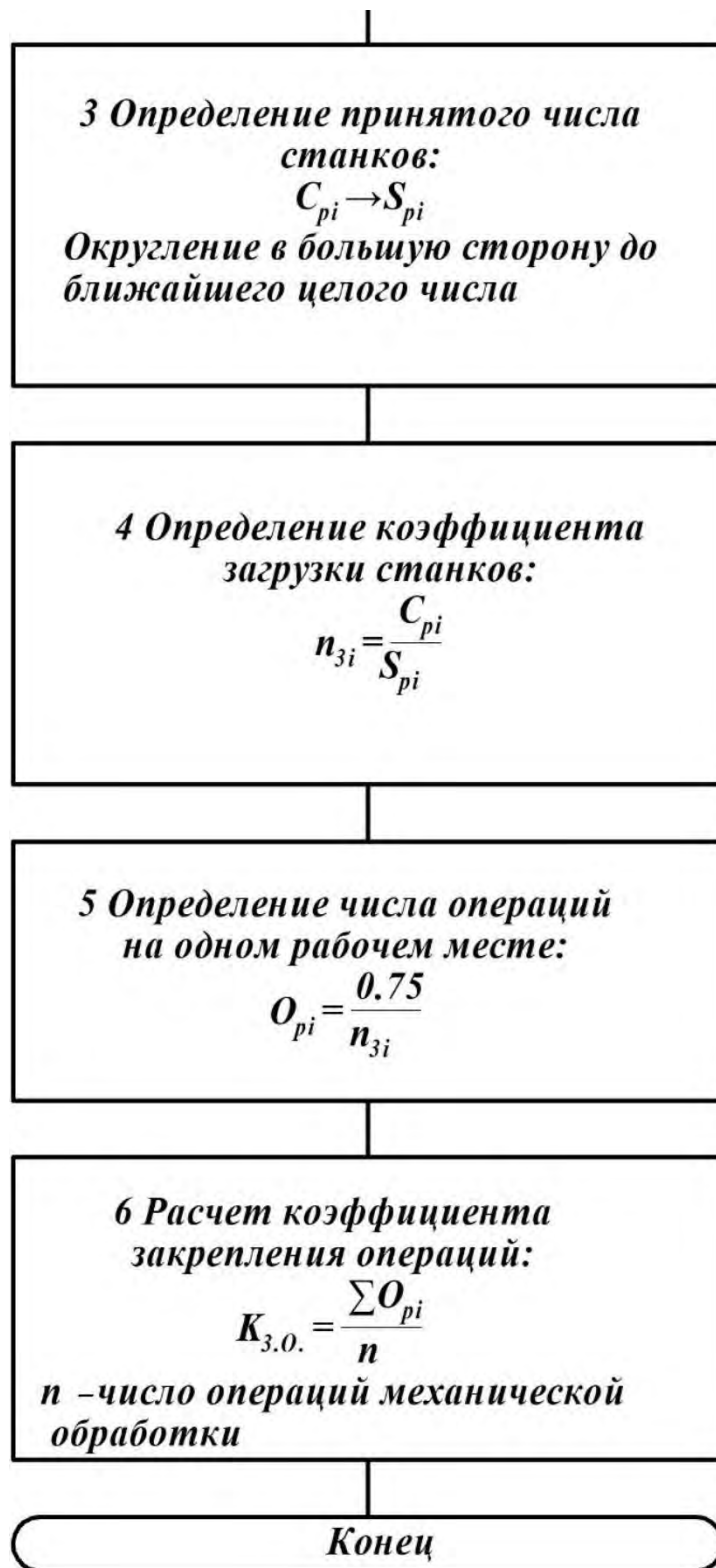


Рисунок 3.3 – Окончание

Рассмотрим пример определения коэффициента закрепления операций по алгоритму, который приведен на рисунке 3.3. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.1.

Следует обратить внимание, что в таблице 3.1 приведено не штучно-

калькуляционное, а штучное время. Для того, чтобы произвести расчеты числа станков по пункту 2 алгоритма, который приведен на рисунке 3.3, необходимо выполнить коррекцию времени путем увеличения на 20 %.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета

Исходные данные: деталь-шестерня, небольших размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время (шт), мин
00	Заготовительная штамповка		
05	Токарная винторезная	1К62	4,30
10	Токарная винторезная	1К62	3,40
15	Протяжная	7Б55	1,80
20	Токарная с ЧПУ	1П426Ф3	5,70
25	Токарная с ЧПУ	1П426Ф3	3,70
30	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	СВМ1Ф4	4,90
35	Зубофрезерная	5К32	6,40
40	Слесарная	Верстак	2,30
45	Моечная	Машина моечная	0,50
50	Контрольная	Пост контрольный	2,10
55	Термическая	Печь закалочная	
60	Внутришлифовальная	3А228	3,60
65	Круглошлифовальная	3М150	2,40
70	Круглошлифовальная	3М150	1,70
75	Зубошлифовальная	5В835	8,90
80	Моечная	Машина моечная	0,50
85	Контрольная	Пост контрольный	2,90

Масса детали: 1,3 кг

Годовой объем выпуска (N)=12000 шт.

1) Определяем C_{pi} для каждой технологической операции механической обработки, представленной в таблице 3.1:

$$C_{p05} = \frac{12000 \cdot 4,3 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,21$$

$$C_{p10} = \frac{12000 \cdot 3,4 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,17$$

$$C_{p15} = \frac{12000 \cdot 1,8 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,1$$

$$C_{p20} = \frac{12000 \cdot 5,7 \cdot 1,2}{60 \cdot 3935 \cdot 1} = 0,35$$

$$C_{p25} = \frac{12000 \cdot 3,7 \cdot 1,2}{60 \cdot 3935 \cdot 1} = 0,23$$

$$C_{p30} = \frac{12000 \cdot 4,9 \cdot 1,2}{60 \cdot 3935 \cdot 1} = 0,3$$

$$C_{p35} = \frac{12000 \cdot 6,4 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,32$$

$$C_{p60} = \frac{12000 \cdot 3,6 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,21$$

$$C_{p65} = \frac{12000 \cdot 2,4 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,12$$

$$C_{p70} = \frac{12000 \cdot 1,7 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,08$$

$$C_{p75} = \frac{12000 \cdot 8,9 \cdot 1,2}{60 \cdot 4055 \cdot 1,2} = 0,43$$

2) Принятое количество станков на все технологические операции будет равно 1.

3) Результаты расчетов коэффициентов загрузки оборудования и числа операций сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов коэффициента загрузки оборудования и числа операций, выполняемых на одном рабочем месте

№ оп	Наименование операции	Коэффициент загрузки, η	Число операций, выполняемое на одном рабочем месте, O_p
00	Заготовительная штамповка		
05	Токарная винторезная	$\eta_{05}=0.21/1=0.21$	$O_{p05}=0.75/0.21=3.6$
10	Токарная винторезная	$\eta_{10}=0.17/1=0.17$	$O_{p10}=0.75/0.17=4.4$
15	Протяжная	$\eta_{15}=0.1/1=0.1$	$O_{p15}=0.75/0.1=7.5$
20	Токарная с ЧПУ	$\eta_{20}=0.35/1=0.35$	$O_{p20}=0.75/0.35=2.1$
25	Токарная с ЧПУ	$\eta_{25}=0.23/1=0.23$	$O_{p25}=0.75/0.23=3.3$

Продолжение таблицы 3.2

30	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	$\eta_{30}=0.3/1=0.3$	$O_{p30}=0.75/0.3=2.5$
35	Зубофрезерная	$\eta_{35}=0.32/1=0.32$	$O_{p35}=0.75/0.32=2.3$
40	Слесарная		
45	Моечная		
50	Контрольная		
55	Термическая		
60	Внутришлифовальная	$\eta_{60}=0.21/1=0.21$	$O_{p60}=0.75/0.21=3.6$
65	Круглошлифовальная	$\eta_{65}=0.12/1=0.12$	$O_{p65}=0.75/0.12=6.3$
70	Круглошлифовальная	$H_{70}=0.08/1=0.08$	$O_{p70}=0.75/0.08=9.4$
75	Зубошлифовальная	$H_{75}=0.43/1=0.43$	$O_{p75}=0.75/0.43=1.7$
80	Моечная		
85	Контрольная		
ΣO_p			46.7
$K_{3.0.}$			4.2

Для автоматизации расчета можно его выполнить с использованием табличного процессора Microsoft Excel. Пример экранной формы приведен на рисунке 3.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	5000								
2	№ и наименование операции	Модель станка	Тшт, мин.	Ро, час	Кв	Ср	S	hз	Орм
3	005 Токарная	1283	5,95	4055	1,2	0,107	1	0,107	6,526
4	010 Токарная с ЧПУ	1K62Ф3	4,12	3935	1	0,092	1	0,092	7,622
5	015 Сверлильная	2A150	3,15	4055	1,2	0,057	1	0,057	12,327
6	020 Сверлильная	2A135	2,94	4055	1,2	0,053	1	0,053	13,208
7	025 Токарная с ЧПУ	1K62Ф3	3,61	3935	1	0,080	1	0,080	8,698
8	045 Зубопротяжная	5C268	2	4055	1,2	0,036	1	0,036	19,415
9	050 Зубофрезерная	5E32	4,6	4055	1,2	0,083	1	0,083	8,441
10	055 Зубодолбежная	5M14	4,1	4055	1,2	0,074	1	0,074	9,471
11	065 Зубозакругляющая	ЭХО-1	6	4055	1,2	0,108	1	0,108	6,472
12	090 Токарная с ЧПУ	1K62Ф3	3,56	3935	1	0,079	1	0,079	8,821
13	105 Шлифовальная	3A228	6,2	4055	1,2	0,112	1	0,112	6,263
14	110 Шлифовальная	3A228	0,94	4055	1,2	0,017	1	0,017	41,309
15	115 Зубошлифовальная	5B833	6,3	4055	1,2	0,114	1	0,114	6,164
16	130 Токарная с ЧПУ	1K62Ф3	4,4	3935	1	0,098	1	0,098	7,137
17	135 Токарная с ЧПУ	1K62Ф3	2,1	3935	1	0,047	1	0,047	14,953
18	140 Токарная с ЧПУ	1K62Ф3	2	3935	1	0,045	1	0,045	15,701
19						S= 16		Орп= 192,527	
20								n= 417	
21								Кзо= 12,033	
22									

Рисунок 3.4 – Экранная форма расчета в Microsoft Excel

Для более корректного определения величины коэффициента закрепления операций, необходимо учитывать экономические аспекты и определять оптимальное значение коэффициента закрепления операций [8]. Расчет ведется на основе калькуляции затрат, составляющие которой приведены на рисунке 3.5.

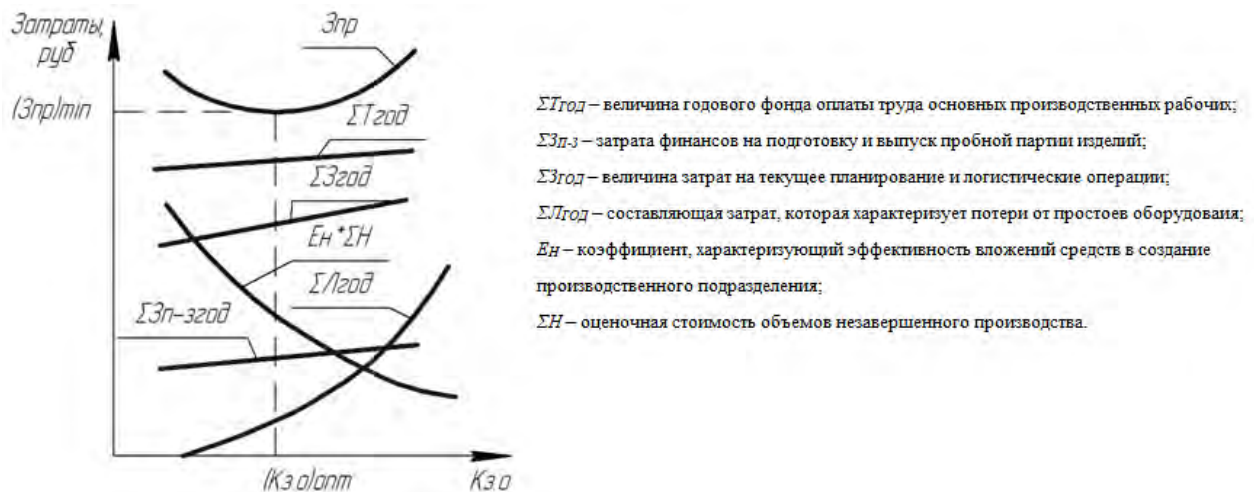


Рисунок 3.5 – Калькуляция затрат

Расчеты автоматизированы с использованием компьютерной программы, пример показан на рисунках 3.6 – 3.7.

Интерфейс программы «Оптимальный коэффициент закрепления операций 1.0» включает следующие элементы:

- Лист ввода данных:** Список из 18 параметров с соответствующими полями для ввода значений.

Явное число рабочих на 1 мастера	0
Коэффициент выполнения нормы	0
Коэффициент снижения трудоемкости	0
Оплата нормо-часа	0
Плановая трудоемкость годовой программы выпуска	0
Месячный фонд работы рабочего	0
Среднее подготовительно-заключительное время	0
Оплата планирования и учета 1 операции	0
Оплата планирования и учета 1 детали	0
Среднее число операций в 1 детали по участку	0
Среднее время 1 операции	0
Оплата нормо-часа с учетом межцеховых расходов	0
Средняя стоимость материала 1 детали	0
Годовая номенклатура деталей, закрепленных за мастером	0
Средний размер партии деталей, закрепленных за с/подразделением	0
Среднее время обслуживания рабочего со стороны мастера	0
Количество рабочих i профессии	0
Частота обращения рабочих i разряда	0
Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений	0
- Кнопки:** «ВВОД» и «РАСЧЕТ».
- График «Составляющие затрат при определении оптимального K_{zo} »:** 3D-график с осями $T_{год}$, $Z_{год}$, $Z_{пз}$, $L_{год}$, $E_n H$. Легенда: Series1 (красный), Series3 (зеленый), Series4 (желтый), Series5 (синий), Series6 (серый).
- График «Приведенные затраты в зависимости от K_{zo} »:** 3D-график с осями $Z_{пр}$ и K_{zo} .

Рисунок 3.6 – Интерфейс заполнения исходных данных

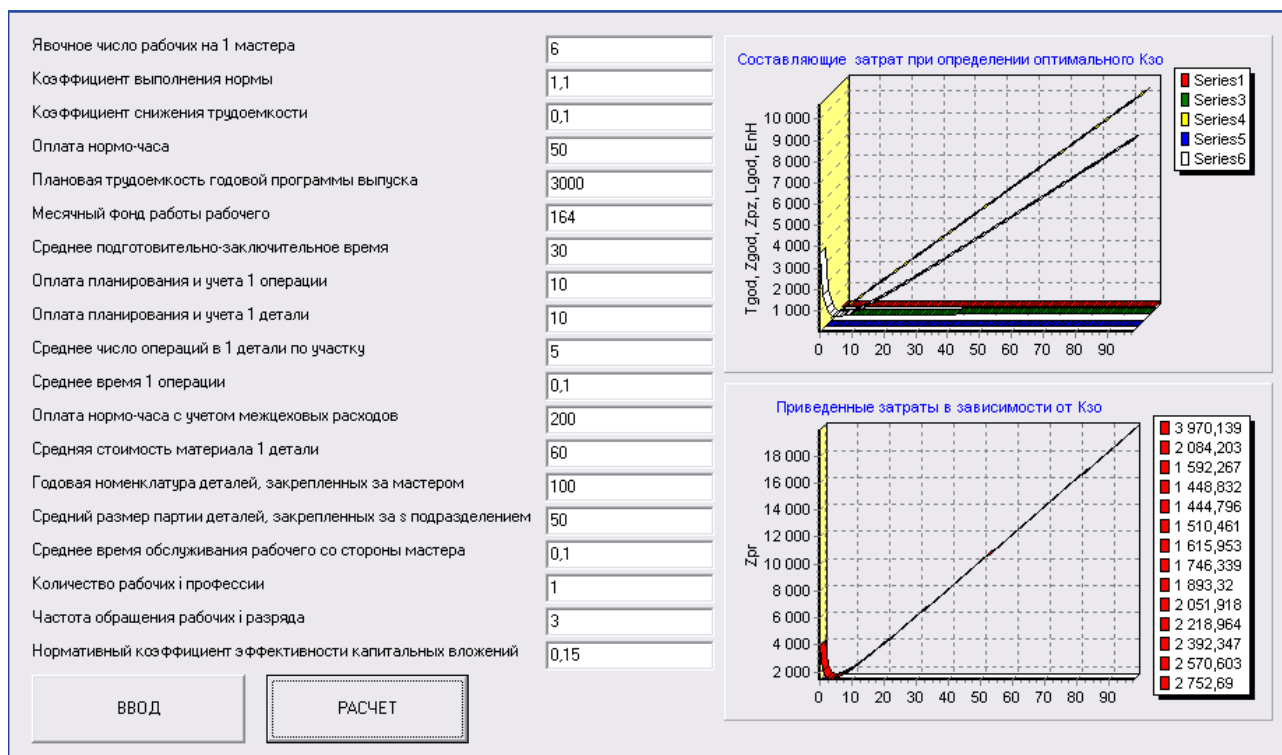


Рисунок 3.7 – Результат оптимизации оптимального значения коэффициента закрепления операций

4 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА МЕТОДА И СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Под заготовкой в машиностроении понимается промежуточное изделие, которое в дальнейшем преобразуется в деталь посредством удаления слоя материала, который называют припуском. Существуют различные методы и способы получения заготовок, основная информация о них указана на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Классификация методов и способов получения заготовок

Под заготовками, которые получают из композиционных материалов в большинстве случаев, понимаются порошковые изделия, которые получают посредством спекания в печи. Однако в современной промышленной практике используется метод аддитивных технологий, который также позволяет изготовить подобные изделия, но широкого практического применения данной технологии пока не наблюдается из-за дороговизны оборудования и ряда других факторов.

При выборе метода и способа получения заготовки учитывают:

- технологические свойства материала;
- тип производства;
- габариты и масса детали;
- геометрическая конфигурация детали;
- технологические возможности имеющегося на производстве оборудования.

В нашем случае рассматривается проектирование технологических процессов в учебных целях, поэтому последний пункт можно не учитывать. Схема выбора метода и способа получения заготовки приведена на рисунке 4.2, детализированный алгоритм выбора показан на рисунке 4.3.

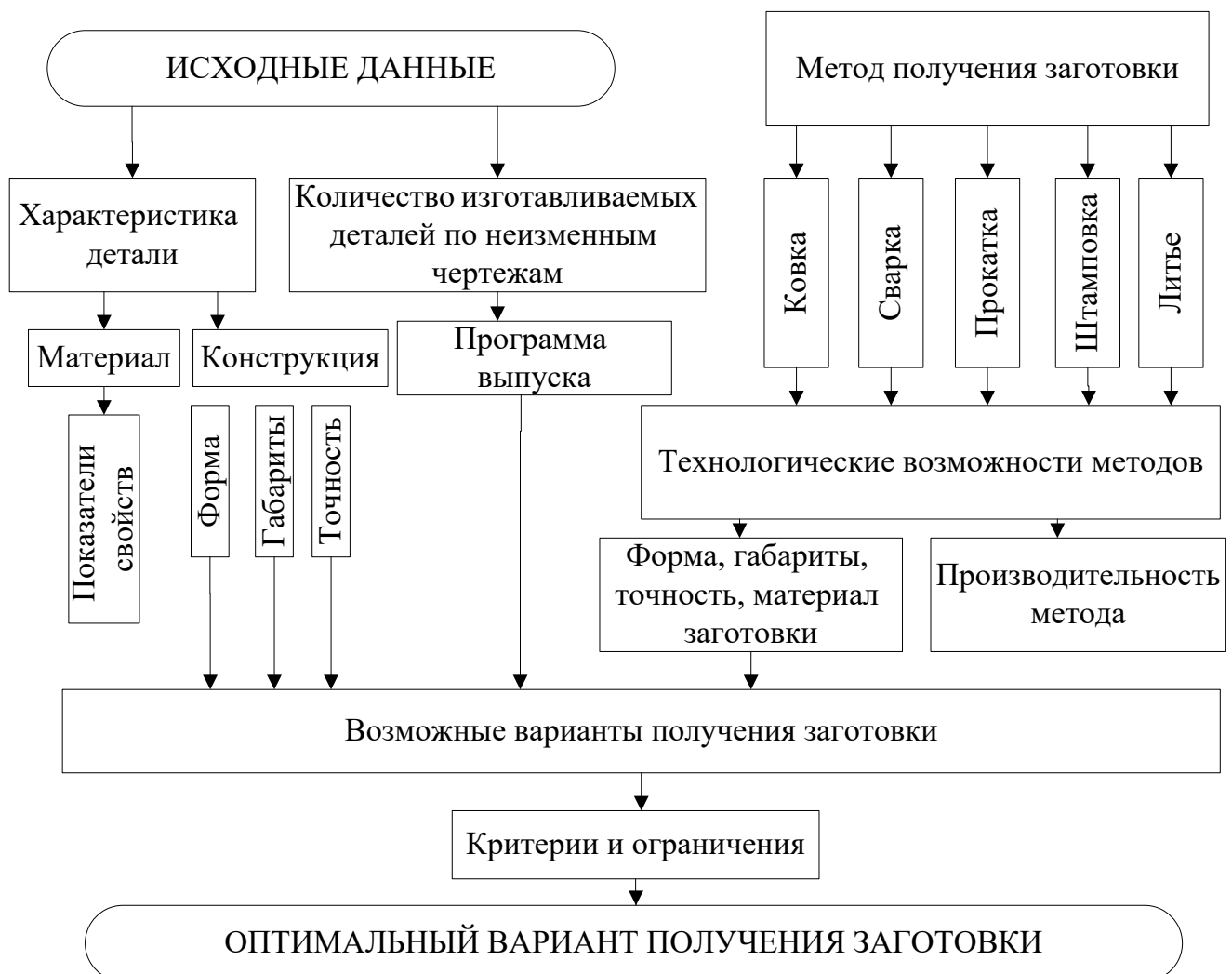


Рисунок 4.2 – Схема выбора метода и способа получения заготовки

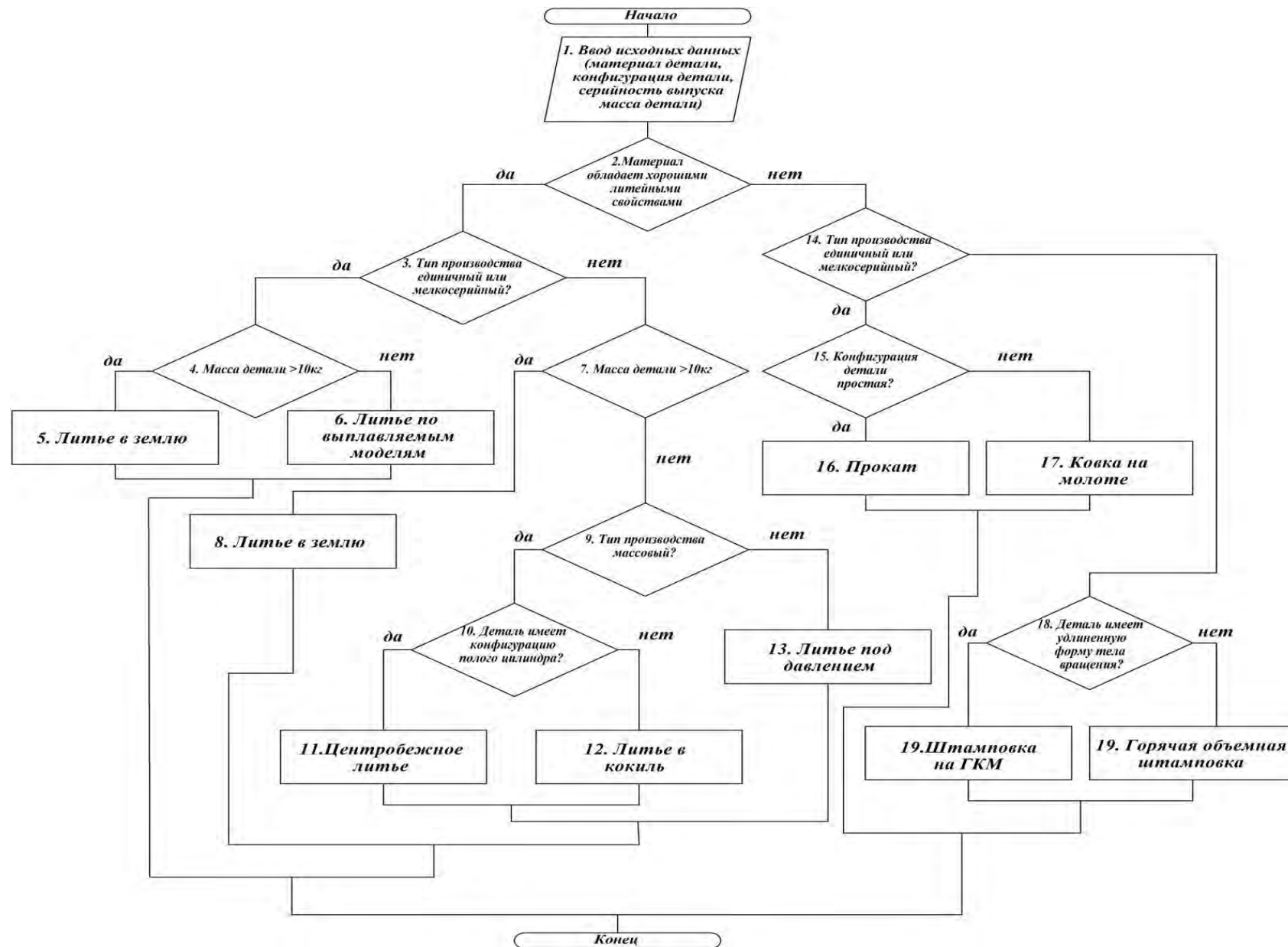


Рисунок 4.3 – Алгоритм выбора метода и способа получения заготовки

Рассмотрим пример выбора метода и способа получения заготовки с использованием алгоритма, представленного на рисунке 4.3. Пример детали приведен на рисунке 4.4.

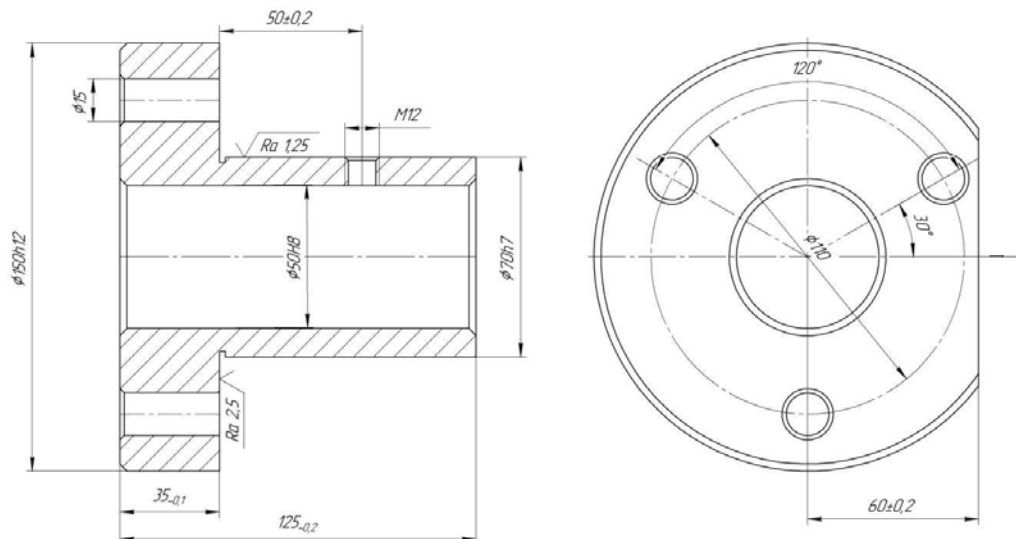


Рисунок 4.4 – Деталь «Фланец»

Деталь изготавливается из серого чугуна марки СЧ18 ГОСТ 1412-78 в условиях мелкосерийного производства. Массу детали определим после построения трехмерной модели (см. рисунок 4.5).

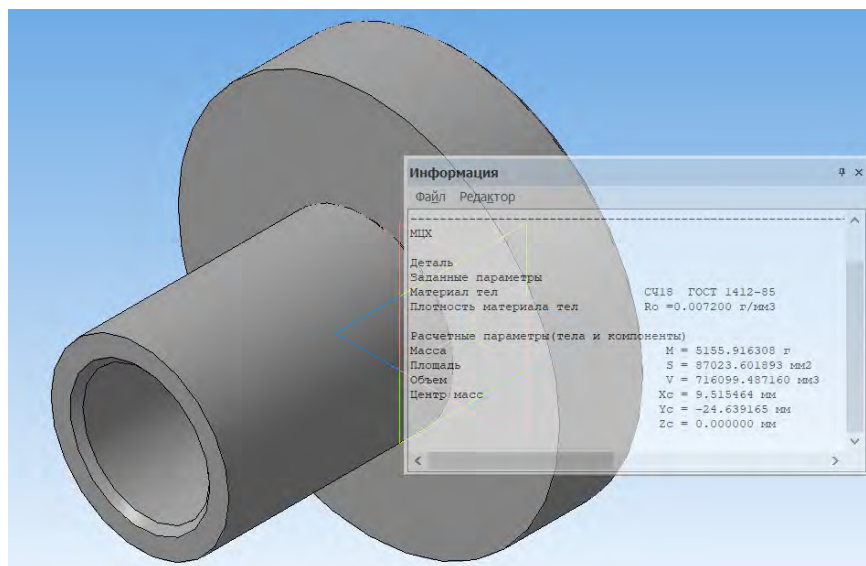


Рисунок 4.5 – Трехмерная модель детали «Фланец»

Учитывая тип производства, марку материала детали и ее массу, пользуясь алгоритмом на рисунке 4.3, в качестве метода получения заготовки выбираем литье, в качестве способа – литье в землю (песчано-глинистые формы).

Рассмотрим пример выбора метода и способа получения заготовки для детали, представленной на рисунке 4.6.

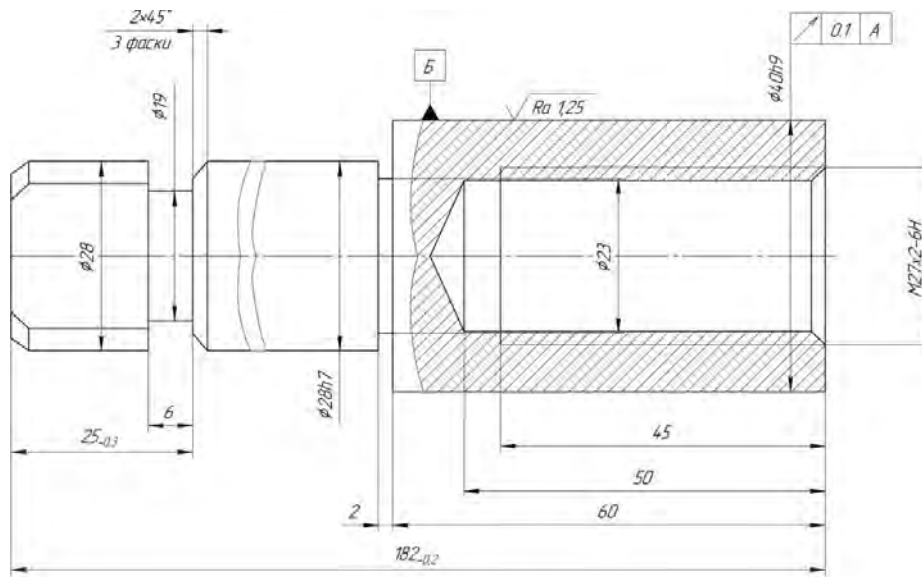


Рисунок 4.6 – Деталь «Шток»

Деталь изготавливается из стали 10 ГОСТ 1050-88 в условиях средне-серийного производства. Массу детали определим по 3D-модели.

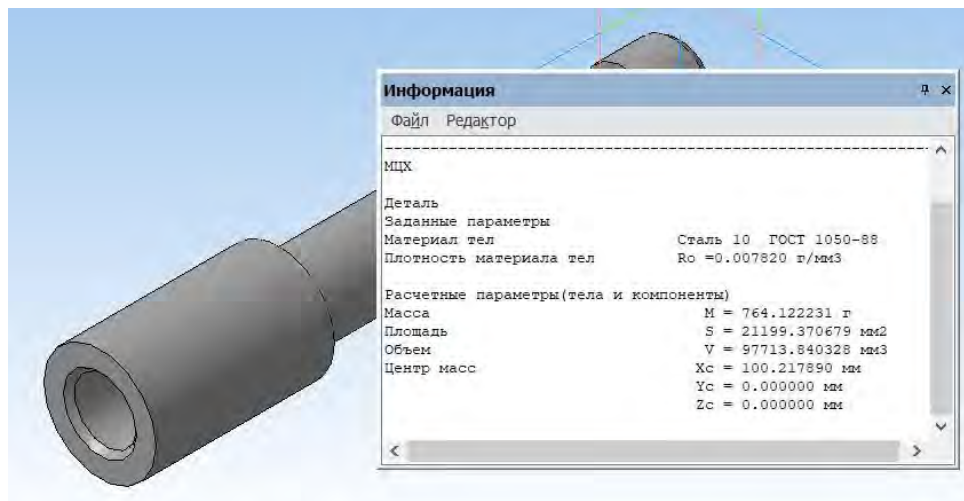


Рисунок 4.7 – Трехмерная модель детали «Шток»

Учитывая тип производства, марку материала детали и ее массу, пользуясь алгоритмом на рисунке 4.3, в качестве метода получения заготовки выбираем обработку давлением, в качестве способа – штамповку на горизонтально-ковочной машине (т. к. деталь имеет удлиненную форму с утолщенным участком).

5 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Под **технологичностью** можно понимать комплексное свойство изделия, которое обуславливает его приспособленность к изготовлению, эксплуатации и ремонту [9]. Из приведенного выше определения следует, что технологичность реализуется на всех этапах жизненного цикла изделия. Поэтому вопросы отработки на технологичность являются ключевыми и распространяются на весь процесс подготовки производства. Учитывая предметную область, которая затрагивается в рамках настоящего учебного пособия, будем вести речь о производственной технологичности.

Применительно к производственной технологичности процесс отработки конструкции и анализа показателей рассматриваемого свойства регламентируется нормативной документацией, в частности ГОСТ 14.201-83.

Анализ технологичности выполняется в два этапа:

- **качественный анализ технологичности.** Данная процедура заключается в выявлении в конструкции изделия элементов, которые затрудняют обработку (изготовление). Решение задачи строится на основе предыдущего опыта изготовления изделий подобного класса. При проведении анализа пользуются справочной литературой, которая содержит сведения по обобщению предыдущего опыта изготовления изделий. В нашем случае для проведения процедуры качественного анализа на технологичность можно воспользоваться чек-листом, форма которого приведена в таблице 5.1.

- **количественная оценка технологичности конструкции** предполагает вычисление численных показателей, по величине которых можно сделать вывод о том, является ли деталь (сборочная единица) технологичной или нет. В промышленной практике применяется довольно обширная номенклатура показателей технологичности, которая приведена на рисунке 5.1. Данные показатели характеризуют разные аспекты технологичности: степень стандартизации и унификации, требуемые ресурсы (материалоемкость, энергоемкость и т. д.) и т. д. Однако применительно к нашему случаю имеет смысл рассматривать лишь те, которые непосредственно относятся к стадии изготовления изделия. К таким показателям можно отнести три: коэффициент использования материала, коэффициент точности и коэффициент шероховатости. Данные показатели характеризуют степень рациональности конструкции изделия с позиций последующей механической обработки. Они

косвенно указывают на трудоемкость изготовления детали, что в свою очередь позволяет предварительно оценить приведенные затраты.

Таблица 5.1 – Чек-лист качественной оценки на технологичность

Анализируемый показатель	Требования к показателю на основе предыдущего опыта изготовления изделия	Примечание
1 Обрабатываемые поверхности детали	Должны располагаться либо параллельно, либо под прямым углом друг к другу	В конструкции детали не должно быть поверхностей, которые отличаются по форме от цилиндра или плоскости
2 Удобство подвода и отвода инструмента	Поверхности должны быть сквозными. Должны быть предусмотрены условия для выхода инструмента и безударного его подвода	Как пример, необходимо иметь канавки для выхода инструмента, например, для наружной резьбы
3 Жесткость конструкции детали	Деталь должна обеспечивать необходимую жесткость с тем, чтобы избежать деформаций от сил резания	Примером нетехнологичных решений являются длинные тонкие валы
4 Длина резьбовых поверхностей	Наличие резьбовых поверхностей, длина которых превышает пять диаметров	
5 Конфигурация отверстий (должна быть рациональной)	В конструкции детали должны отсутствовать глубокие и глухие отверстия	

Продолжение таблицы 5.1

6 Соответствие точности и шероховатости поверхности	Необходимо обеспечить соответствие качеству точности поверхности, шероховатости и выбранной последовательности обработки	Рекомендуется пользоваться таблицами экономически достижимой точности обработки
7 Наличие развитых поверхностей для базирования	Конструкция детали должна обеспечивать надежность закрепления и соблюдение принципов единства и совмещения баз	В случае если в конструкции отсутствуют такие поверхности, можно их предусмотреть искусственно. Например, технологическую поверхность у вала, которую потом удалят
8 Применяемые методы обработки	Конструкция изделия должна позволять использовать высокопроизводительные методы обработки	Примером может быть обеспечение возможности получения шпоночного паза в отверстии протягиванием. Для этого необходимо, чтобы центральное отверстие было гладким
9 Метод получения заготовки	Конструкция детали и используемые материалы должны обеспечивать возможность изготовления ее из стандартных заготовок	
10 Обрабатываемость материала резанием	Следует стремиться к тому, чтобы деталь была изготовлена из материала, который хорошо обрабатывается резанием	При анализе рекомендуется использовать справочники [7–9]

Количественная оценка технологичности предполагает вычисление ряда коэффициентов. В нашем случае целесообразно использовать следующие [7 – 9]:

- Коэффициент использования материала;
- Коэффициент точности;
- Коэффициент шероховатости.

Алгоритм анализа приведен на рисунке 5.1.

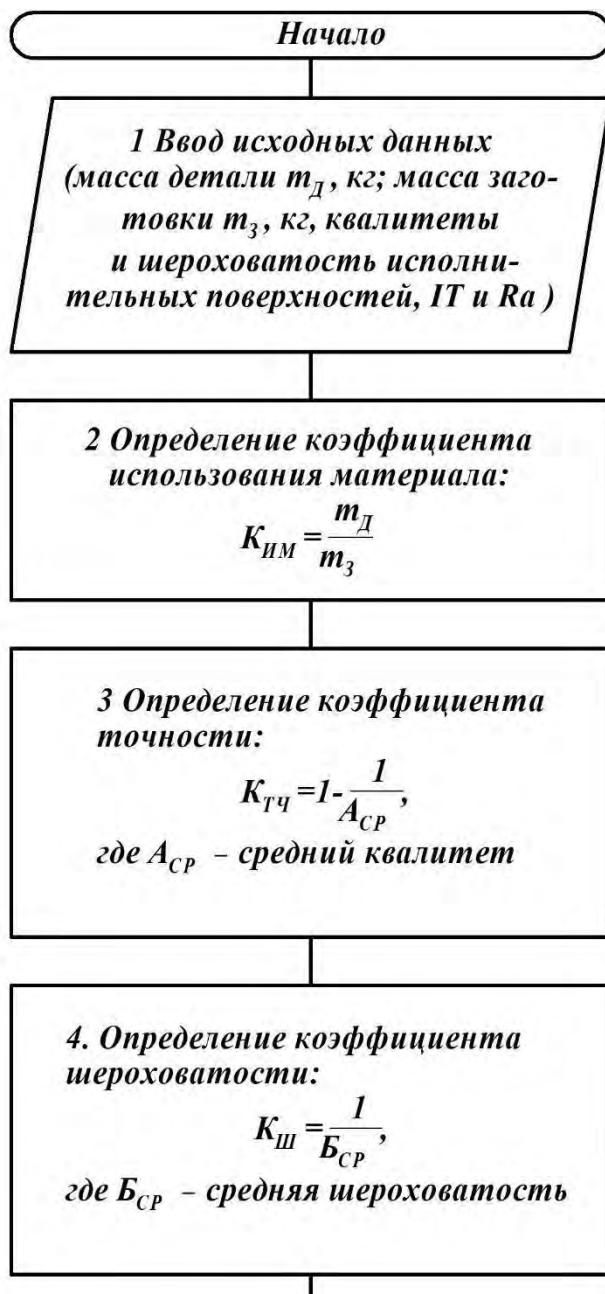


Рисунок 5.1 – Алгоритм количественной оценки технологичности конструкции детали

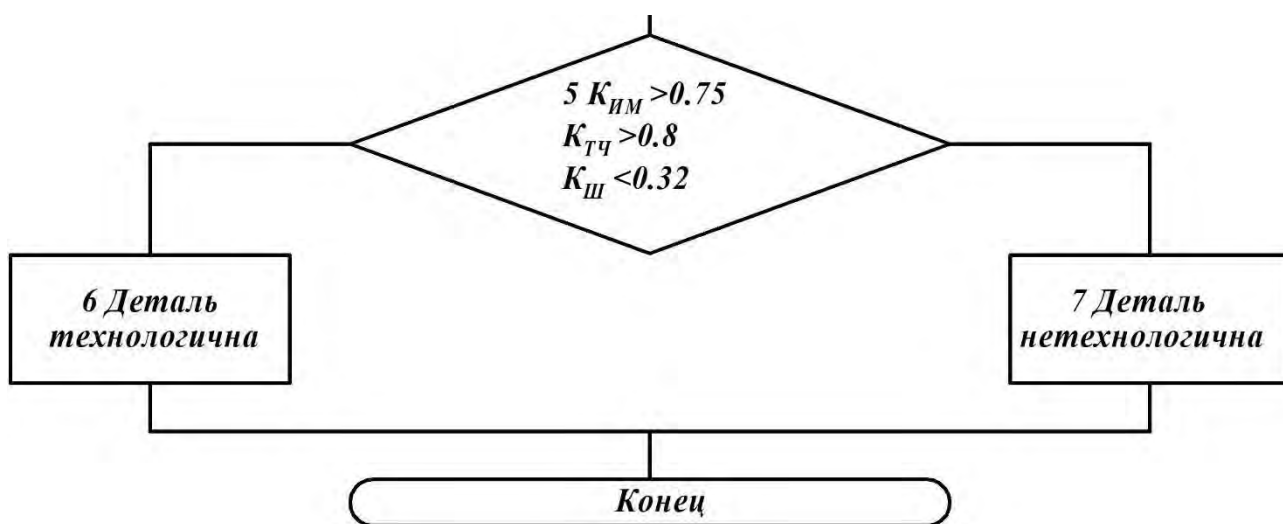


Рисунок 5.1 – Окончание

Рассмотрим пример количественной оценки детали на технологичность. Чертеж приведен на рисунке 5.2.

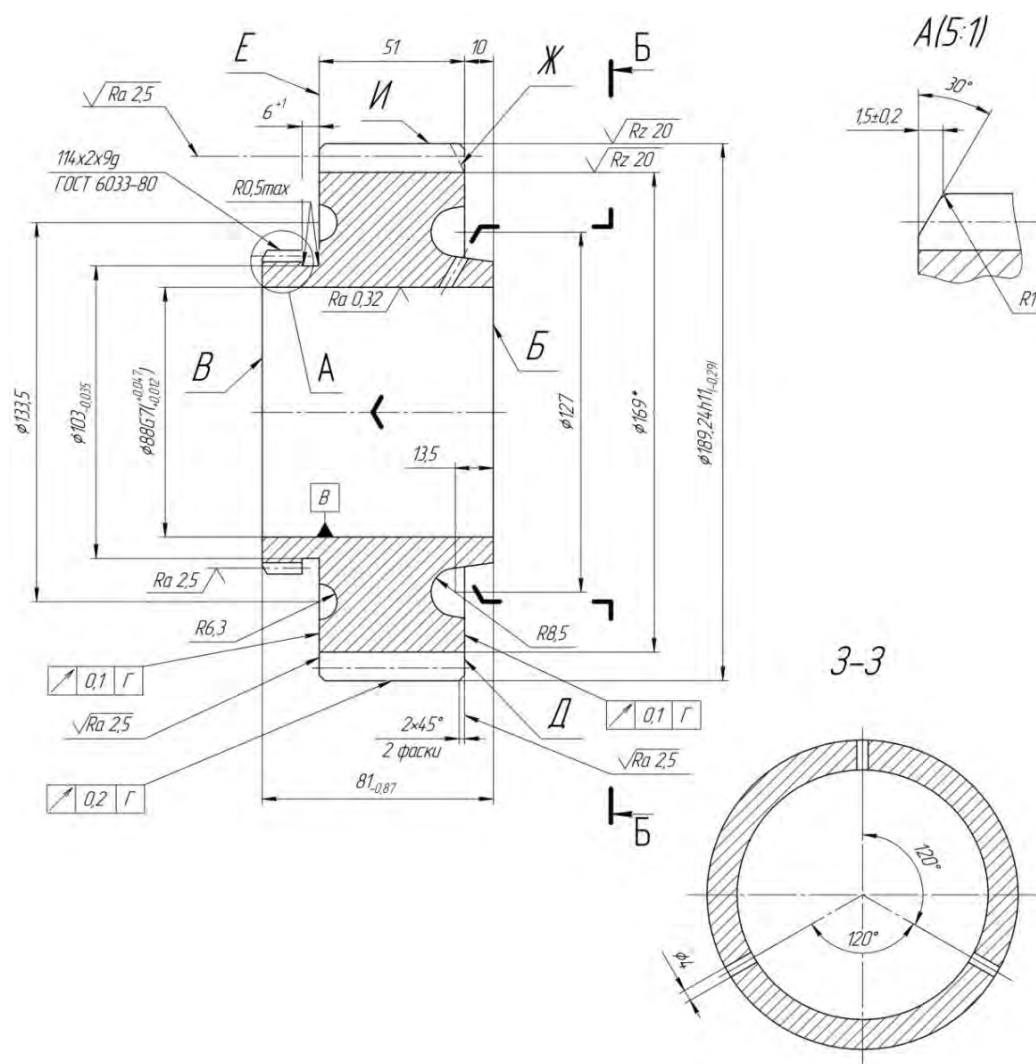


Рисунок 5.2 – Чертеж детали

Чертеж заготовки приведен на рисунке 5.3.

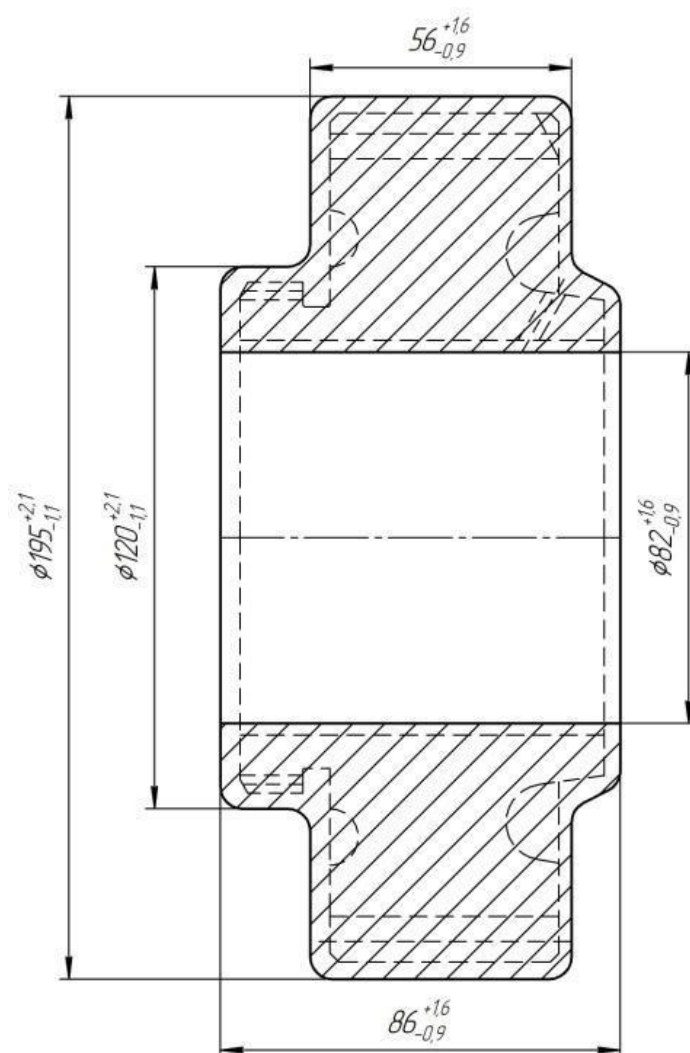


Рисунок 5.3 – Чертеж заготовки

Массу детали и заготовки определим на основе построения 3D-моделей в системе КОМПАС аналогично рисункам 4.5 и 4.7. Тогда коэффициент использования материала для детали (см. рисунок 5.2) будет равен:

$$K_{и.м} = \frac{M_d}{M_z} = \frac{4.6}{6.5} = 0.7, \quad (5.1)$$

где $M_d=4.6$ кг – масса детали шестерня дифференциала;

$M_z=6.5$ кг – масса заготовки шестерня дифференциала.

Для расчета коэффициентов точности и шероховатости составим вспомогательную таблицу, куда занесем данные квалитетов и шероховатости исполнительных поверхностей (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Таблица для расчетов коэффициентов

Наименование поверхности	Количество поверхностей	Параметр шероховатости, Ra	Квалитет точности
Отв. Ø88G7	1	0.32	7
Торцы	2	12.5	14
Наружная поверхность Ø103-0.025	1	1.25	7
Наружная поверхность Ø133.5	1	12.5	14
Наружная поверхность Ø182.2h11	1	2.5	11
Фаски	4	10	14
Отверстия Ø4	3	12.5	14
Итого	13		

Коэффициент точности обработки $K_{mч}$ детали шестерня дифференциала:

$$A_{cp} = \frac{10 \times 14 + 2 \times 7 + 6}{13} = 12 \quad (5.2)$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{12} = 0.92 \quad (5.3)$$

Коэффициент шероховатости обработки $K_{ш}$ детали шестерня дифференциала:

$$B_{cp} = \frac{10 \times 12.5 + 0.32 + 1.25 + 2.5}{13} = 9.9 \quad (5.4)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{9.9} = 0.1 \quad (5.5)$$

Пользуясь алгоритмом на рисунке 5.1, можно сделать выбор о том, что деталь по двум признакам является технологичной (по коэффициенту точности и шероховатости) и по одному нетехнологична.

6 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В рамках данного раздела рассматривается определение припусков расчетно-аналитическим методом [7–9]. В качестве исходных данных задается размер, который должен быть обеспечен на детали. Первым шагом необходимо выбрать последовательность обработки поверхности (составить план обработки). При этом необходимо руководствоваться данными по экономической точности обработки.

Пример приведен на рисунке 6.1.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ		
Способ обработки цилиндрических отверстий	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
<i>В сплошном металле</i>		
Сверление	12	25...12,5
Сверление и зенкерование	11	6,3...3,2
Сверление и развертывание	8...9	3,2...1,6
Сверление и протягивание	9..8	3,2...0,4
Сверление, зенкерование и развертывание	9...8	1,6...0,8
Сверление и двукратное развертывание	8...7	1,6...0,4
Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Сверление, зенкерование и шлифование	8...7	0,8...0,4
Сверление, протягивание и калибрование	8...7	0,8...0,4

Рисунок 6.1 – Экономическая точность обработки отверстий

Таким образом, на рисунке 6.1 приведены варианты построения последовательности обработки отверстия для получения различных значений точности размеров и качества поверхности. Важно, что может быть несколько вариантов обработки с использованием разных инструментов.

Пример алгоритма составления плана обработки отверстий приведен на рисунке 6.2.

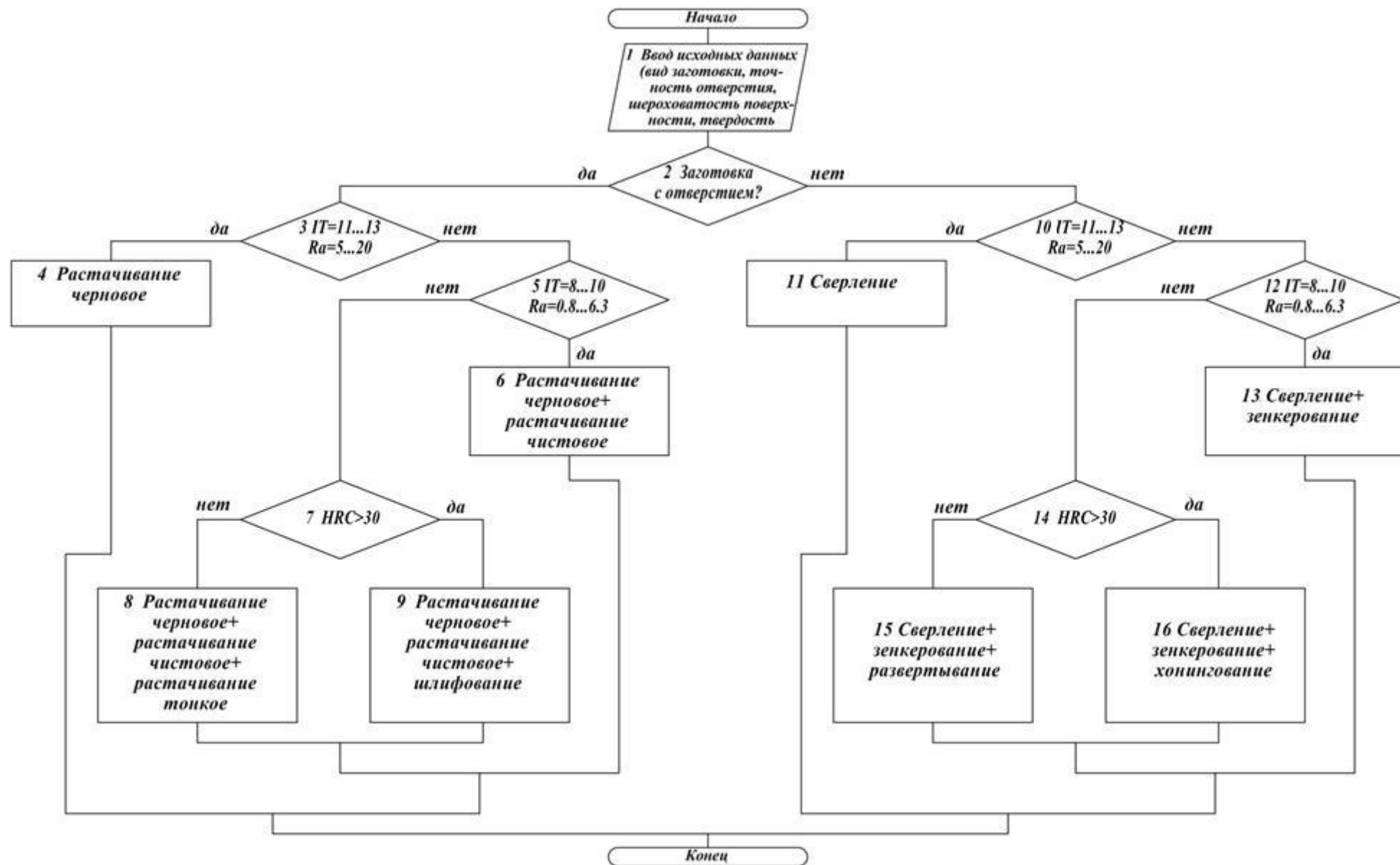


Рисунок 6.2 – Алгоритм составления плана обработки отверстия

Алгоритм составления плана обработки для других поверхностей аналогичен тому, что приведен на рисунке 6.2.

Аналитический метод расчета минимального припуска на механическую обработку строится на том, что в этом методе должны учитываться следующие его составляющие:

- микрогеометрия поверхности (оценивается шероховатостью по R_z , мкм);
- состояние поверхностного слоя (оценивается с использованием глубины дефектного слоя T , мкм);
- поверхностные отклонения (ρ , мкм);
- погрешность установки (Δ , мкм).

Алгоритм расчета припусков для двухсторонней обработки приведен на рисунке 6.3.

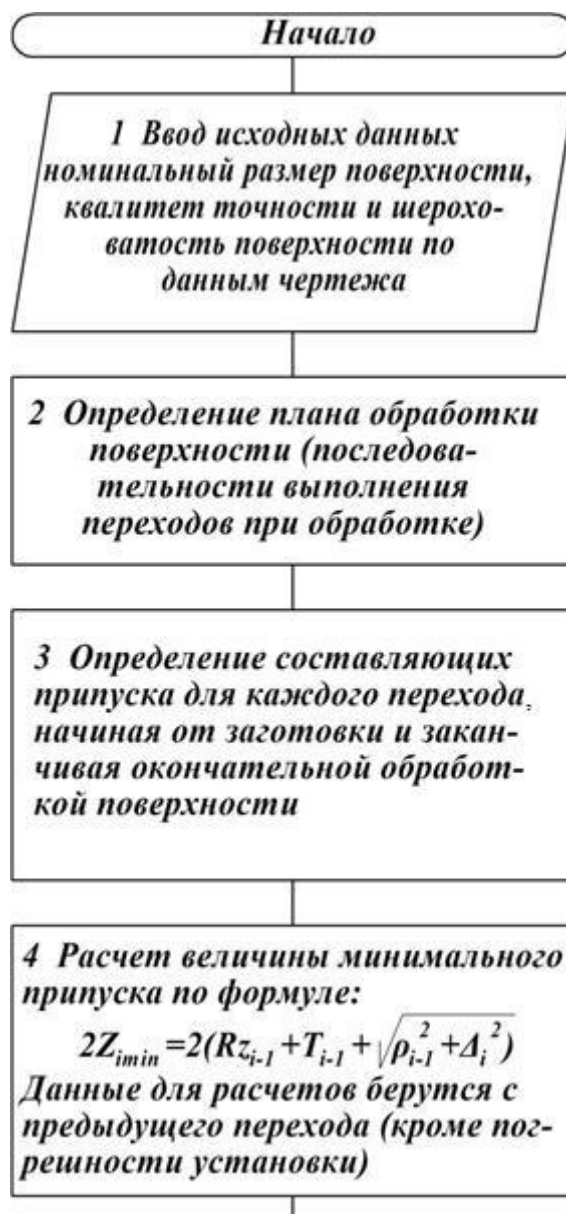


Рисунок 6.3 – Алгоритм расчета

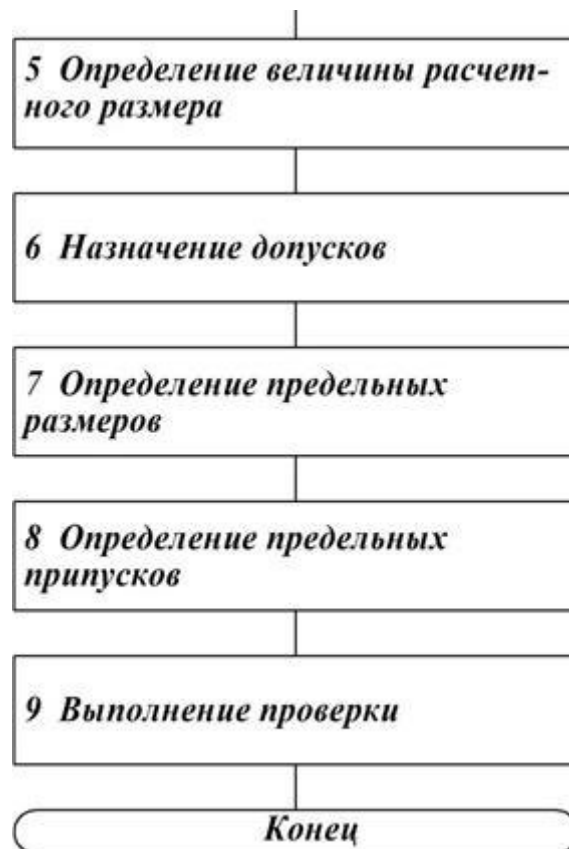


Рисунок 6.3 – Окончание

Рассмотрим пример расчета припусков на обработку поверхности $\varnothing 35k6^{(+0.0018}_{+0.002})$. Согласно рекомендациям, по экономической точности обработки [7 – 9], для обработки данной поверхности необходима следующая последовательность технологических переходов:

- черновое точение;
- чистовое точение;
- шлифование черновое;
- шлифование чистовое.

Согласно рекомендациям [9], принимаем составляющие припуска:

- заготовка (прокат) $Rz=150$ мкм, $T=250$ мкм;
- черновое точение $Rz=50$ мкм, $T=50$ мкм;
- чистовое точение $Rz=30$ мкм, $T=30$ мкм;
- шлифование черновое $Rz=10$ мкм, $T=20$ мкм;
- шлифование чистовое $Rz=5$ мкм, $T=15$ мкм.

Согласно рекомендациям [9], пространственная погрешность заготовки проката равна погрешности от формирования центровых отверстий:

$$\rho = \rho_{\text{ц}} = 530 \text{ мкм}$$

Часть данной погрешности остается после выполнения перехода. Величина остаточной погрешности по переходам равна:

- черновое точение $\rho=0.06 \cdot \rho_{\text{ц}}=0.06 \cdot 530=32$ мкм;
- чистовое точение $\rho=0.05 \cdot \rho_{\text{ц}}=0.05 \cdot 530=28$ мкм;
- шлифование черновое $\rho=0.04 \cdot \rho_{\text{ц}}=0.04 \cdot 530=20$ мкм;
- шлифование чистовое $\rho=0.02 \cdot \rho_{\text{ц}}=0.05 \cdot 530=11$ мкм.

Погрешность установки равна нулю в силу того, что деталь при обработке устанавливается в центрах.

Величина минимального припуска по переходам равна:

- черновое точение: $2Z_{\min}=2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{530^2 + 0^2}) = 1860$ мкм);
- чистовое точение: $2Z_{\min}=2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{32^2 + 0^2}) = 264$ мкм);
- черновое шлифование: $2Z_{\min}=2 \cdot (30 + 30 + \sqrt{28^2 + 0^2}) = 176$ мкм);
- чистовое шлифование: $2Z_{\min}=2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{20^2 + 0^2}) = 102$ мкм).

Расчетный размер:

- чистовое шлифование: $d=35.002$ мм (минимальный предельный размер детали);
- черновое шлифование: $d=35.002+0.102=35.104$ мм;
- чистовое точение: $d=35.104+0.176=35.280$ мм;
- черновое точение: $d=35.280+0.264=35.544$ мм;
- заготовка: $d=35.544+1.860=37.404$ мм.

Выбираем допуски:

- заготовка (прокат) 1600 мкм;
- черновое точение 620 мкм;
- чистовое точение 250 мкм;
- шлифование черновое 39 мкм;
- шлифование чистовое 16 мкм.

Минимальный предельный размер:

- заготовка (прокат) 37.5 мм;
- черновое точение 35.55 мм;
- чистовое точение 35.28 мм;
- шлифование черновое 35.104 мм;
- шлифование чистовое 35.002.

Максимальный предельный размер:

- заготовка (прокат) $37.5+1.6=39.1$ мм;
- черновое точение $35.55+0.62=36.17$ мм;

- чистовое точение $35.28+0.25=35.53$ мм;
- шлифование черновое $35.104+0.039=35.143$ мм;
- шлифование чистовое $35.002+0.016=35.018$ мм.

Минимальный предельный припуск:

- $2Z_{1\min}=37.5-35.55=1.95$ мм;
- $2Z_{2\min}=35.55-35.28=0.27$ мм;
- $2Z_{3\min}=35.28-35.104=0.176$ мм;
- $2Z_{4\min}=35.104-35.002=0.102$ мм.

Максимальный предельный припуск:

- $2Z_{1\max}=39.1-36.17=2.93$ мм;
- $2Z_{2\max}=36.17-35.53=0.64$ мм;
- $2Z_{3\max}=35.53-35.143=0.387$ мм;
- $2Z_{4\max}=35.143-35.018=0.125$ мм.

Проверка:

$$\Sigma 2Z_{\max} - 2Z_{\min} = T_{\text{ЗАГ}} - T_{\text{ДЕТ}}$$

$$(2.93+0.64+0.176+0.102-1.95-0.27-0.176-0.102)=1.6-0.016$$

$$1.584=1.584$$

Данный расчет можно автоматизировать с использованием MSExcel, форма расчета приведена на рисунке 6.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Элементы припуска				Расчетный припуск	Допуск T_d	Размер по переходам		Предельные размеры		Предельные припуски	
2		R_z , мкм	R_T , мкм	e , мкм	$e_{\text{уз}}$, мкм	$2Z_{\min}$, мкм	мкм	$D_{\text{расч}}$	$D_{\text{прим}}$	$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
3	Штамповка	150	250	530,00	-	-	1600	37,404	37,5	37,5	39,1	-	-
4	Точение черновое	50	50	32,00	0	1860,00	620	35,544	35,55	35,55	36,17	1,95	2,93
5	Точение чистовое	30	30	28,00	0	264,00	250	35,280	35,28	35,28	35,53	0,27	0,64
6	Шлифование черновое	10	20	21,00	0	176,00	39	35,104	35,104	35,104	35,143	0,176	0,387
7	Шлифование чистовое	5	15	11,00	0	102,00	16	35,002	35,002	35,002	35,018	0,102	0,125
8	Сумма											2,498	4,082
9													
10	Проверка	$\Sigma 2Z_{\max} - \Sigma 2Z_{\min} =$		1,584									
11		$T_{\text{ЗАГ}} - T_{\text{ДЕТ}} =$		1,584									

Рисунок 6.4 – Форма расчета припусков

Рассмотрим пример расчета припусков для внутренней поверхности (отверстия) $\varnothing 168H9(^{+0.08})$.

Согласно рекомендациям, по экономической точности обработки [7 – 9] для обработки данной поверхности необходима следующая последовательность технологических переходов:

- черновое растачивание;
- получистовое растачивание;
- чистовое растачивание.

Согласно рекомендациям [9], принимаем составляющие припуска:

- заготовка (штамповка) $R_z=320$ мкм, $T=400$ мкм;
- черновое растачивание $R_z=63$ мкм, $T=60$ мкм;
- получистовое растачивание $R_z=40$ мкм, $T=50$ мкм;
- чистовое растачивание $R_z=20$ мкм, $T=30$ мкм.

Согласно рекомендациям [9], пространственная погрешность заготовки проката равна погрешности, которая получается при прошивке центрального отверстия:

$$\rho = \rho_{\text{ц}} = 500 \text{ мкм}$$

Часть данной погрешности остается после выполнения перехода. Величина остаточной погрешности по переходам равна:

- черновое растачивание $\rho = 0.06 \cdot \rho_{\text{ц}} = 0.06 \cdot 500 = 30$ мкм;
- получистовое растачивание $\rho = 0.05 \cdot \rho_{\text{ц}} = 0.05 \cdot 500 = 25$ мкм;
- чистовое растачивание $\rho = 0.04 \cdot \rho_{\text{ц}} = 0.04 \cdot 500 = 20$ мкм.

Погрешность установки будет равна [7 – 9]:

- черновое растачивание 400 мкм;
- получистовое растачивание 200 мкм;
- чистовое растачивание 100 мкм.

Величина минимального припуска по переходам равна:

- черновое растачивание: $2Z_{\min} = 2 \cdot (320 + 400 + \sqrt{500^2 + 400^2}) = 2721$ мкм);
- получистовое растачивание: $2Z_{\min} = 2 \cdot (63 + 60 + \sqrt{30^2 + 200^2}) = 650$ мкм);
- чистовое растачивание: $2Z_{\min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{25^2 + 100^2}) = 386$ мкм).

Расчетный размер:

- чистовое растачивание: $D = 168.08$ мм (максимальный предельный размер детали);
- получистовое растачивание: $D = 168.08 - 0.386 = 167.694$ мм;
- черновое растачивание: $D = 167.694 - 0.65 = 167.044$ мм;
- заготовка: $D = 167.044 - 2.721 = 164.323$ мм.

Выбираем допуски:

- заготовка (штамповка) 1500 мкм;
- черновое растачивание 350 мкм;
- получистовое растачивание 250 мкм;
- чистовое растачивание 80 мкм.

Наибольший предельный размер:

- чистовое растачивание: $D_{\max 4}=168.08$ мм;
- получистовое растачивание: $D_{\max 3}=167.69$ мм;
- черновое растачивание: $D_{\max 2}=167.04$ мм;
- заготовка: $D_{\max 1}=164.3$ мм.

Наименьший предельный размер:

- чистовое растачивание: $D_{\min 4}=168.08-0.08=168$ мм;
- получистовое растачивание: $D_{\min 3}=167.69-0.25=167.44$ мм;
- черновое растачивание: $D_{\min 2}=167.04-0.35=166.69$ мм;
- заготовка: $D_{\min 1}=164.3-1.5=162.8$ мм.

Минимальный предельный припуск:

- $2Z_{1\min}=167.04-164.3=2.74$ мм;
- $2Z_{2\min}=167.69-167.04=0.65$ мм;
- $2Z_{3\min}=168.08-167.69=0.39$ мм;

Максимальный предельный припуск:

- $2Z_{1\max}=166.69-162.8=3.89$ мм;
- $2Z_{2\max}=167.44-166.69=0.75$ мм;
- $2Z_{3\max}=168-167.44=0.56$ мм;

Проверка:

$$\Sigma 2Z_{\max} - 2Z_{\min} = T_{\text{ЗАГ}} - T_{\text{ДЕТ}}$$

$$(3.89 + 0.75 + 0.56 - 2.74 - 0.65 - 0.39) = 1.5 - 0.08$$

$$1.42 = 1.42$$

Данный расчет можно автоматизировать с использованием MSExcel, форма расчета приведена на рисунке 6.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	Расчёт припусков и предельных размеров по технологическим переходам														
2	Технологические переходы обработки поверхности D=168H9(+0,08)			Элементы припуска, мкм				Расчётный припуск 2Zmin, мкм	Расчётный размер Dp,мм	Допуск б, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения, мм		
3				Rz	h	P	Ey				Dmax	Dmin	2Znp.min	2Znp.max	
4	Заготовка			320	400	500			164,323	1500	164,3	162,8			
5	Растачивание черновое			63	60	30	400	2721	167,044	350	167,04	166,69	2740,00	3890	
6	Растачивание получистовое			40	50	25	200	650	167,694	250	167,69	167,44	650,00	750	
7	Растачивание чистовое			20	30	20	100	386	168,08	80	168,08	168	390,00	560	
8													Сумма:	3780	5200
9															
10															
11															
12	Проверка: Bmax-Bmin-(S(2Zmax)+S(2Zmin))=					0									
13															

Рисунок 6.5 – Форма расчета припусков

Рассмотрим пример расчета одностороннего припуска. Возьмем размер между торцами детали, которые обрабатываются последовательно с переустановкой. Исходный размер 100_{-0.52} мм.

Согласно рекомендациям [9], принимаем составляющие припуска:

Заготовка (штамповка): $R_z=150$ мкм; $T=250$ мкм;

Точение с одной стороны: $R_z=40$ мкм; $T=50$ мкм;

Точение с другой стороны: $R_z=40$ мкм; $T=50$ мкм.

Пространственная погрешность заготовки:

$$\rho = \Delta_K B = 2 \times 380 = 760 \text{ мкм}, \quad (6.1)$$

где

$\Delta_K = 2 \text{ мкм}$ – удельное коробление;

$B = 380 \text{ мм}$ – номинальный размер.

Остаточные отклонения:

Точение с одной стороны: $\rho = 0.06 \cdot 760 = 46$ мкм;

Точение с другой стороны: $\rho = 0.04 \cdot 760 = 30$ мкм.

Погрешность установки согласно данным [7–9] будет для первого перехода равна 1000 мкм, а для второго перехода – 500 мкм.

Определим минимальный припуск:

Точение с одной стороны: $Z_{\min} = 150 + 250 + 760 + 1000 = 2160$ мкм;

Точение с другой стороны: $Z_{\min} = 150 + 250 + 760 + 1000 = 1660$ мкм.

В остальном порядок расчетов аналогичен предыдущим двум примерам, результаты расчетов сведем в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты расчетов припусков при последовательной обработке поверхности 100-0.52 мм

Технологические переходы обработки поверхности: 100-0.52	Элементы припуска				Расчетный припуск $Z_{\min}$, мкм.	Расчетный размер L_p , мм.	Допуск δ , мкм.	Предельный размер		Предельное значение припуска	
	R_z	T	ρ	e				$L_{\min}$, мм.	$L_{\max}$, мм.	$Z_{\min}^{\text{пр}}$, мкм.	$Z_{\max}^{\text{пр}}$, мкм.
Заготовка	150	250	760	-	-	103.3	1300	103.3	104.6	-	-
Точение Черновое 1 сторона	40	50	46	1000	2160	101.14	840	101.14	101.98	2160	2620
Точение Черновое 2 сторона	40	50	36	500	1660	99.48	520	99.48	100	1660	1980
Суммарный припуск:										3820	4600

Проверка: $\Sigma Z_{\max} - \Sigma Z_{\min} = T_{\text{ЗАГ}} - T_{\text{ДЕТ}}$

$2620 + 1980 - 2160 - 1660 = 4600 - 3820$

$780 = 780$.

7 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Одним из вариантов назначения режимов резания является использование расчетной методики, которая изложена в источниках [7 – 9]. На рисунке 7.1 приведен алгоритм расчета режимов резания для токарной обработки.

Составляющие режима резания в данном случае – это глубина (t , мм), подача (S , мм/об) и скорость резания (V , м/мин). Также учитывается период стойкости инструмента (T , мин).

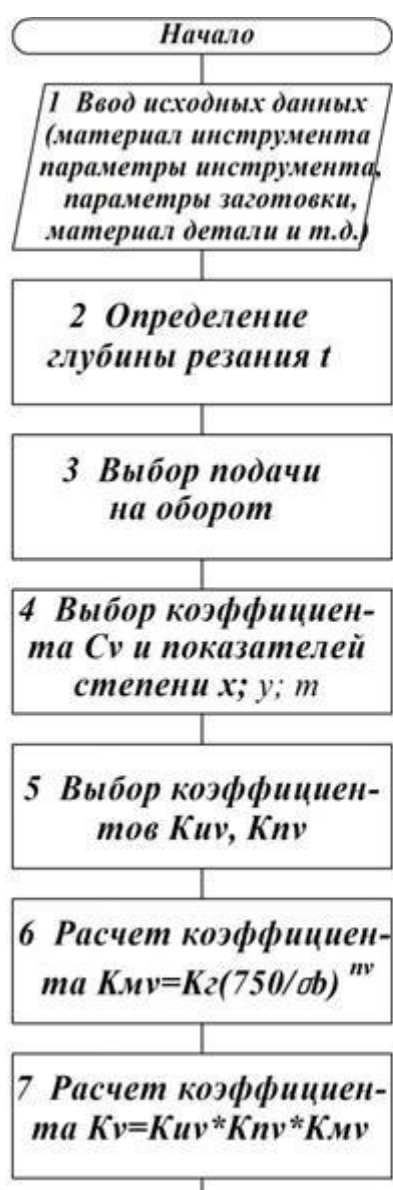


Рисунок 7.1 – Алгоритм расчета режимов
резания при токарной обработке

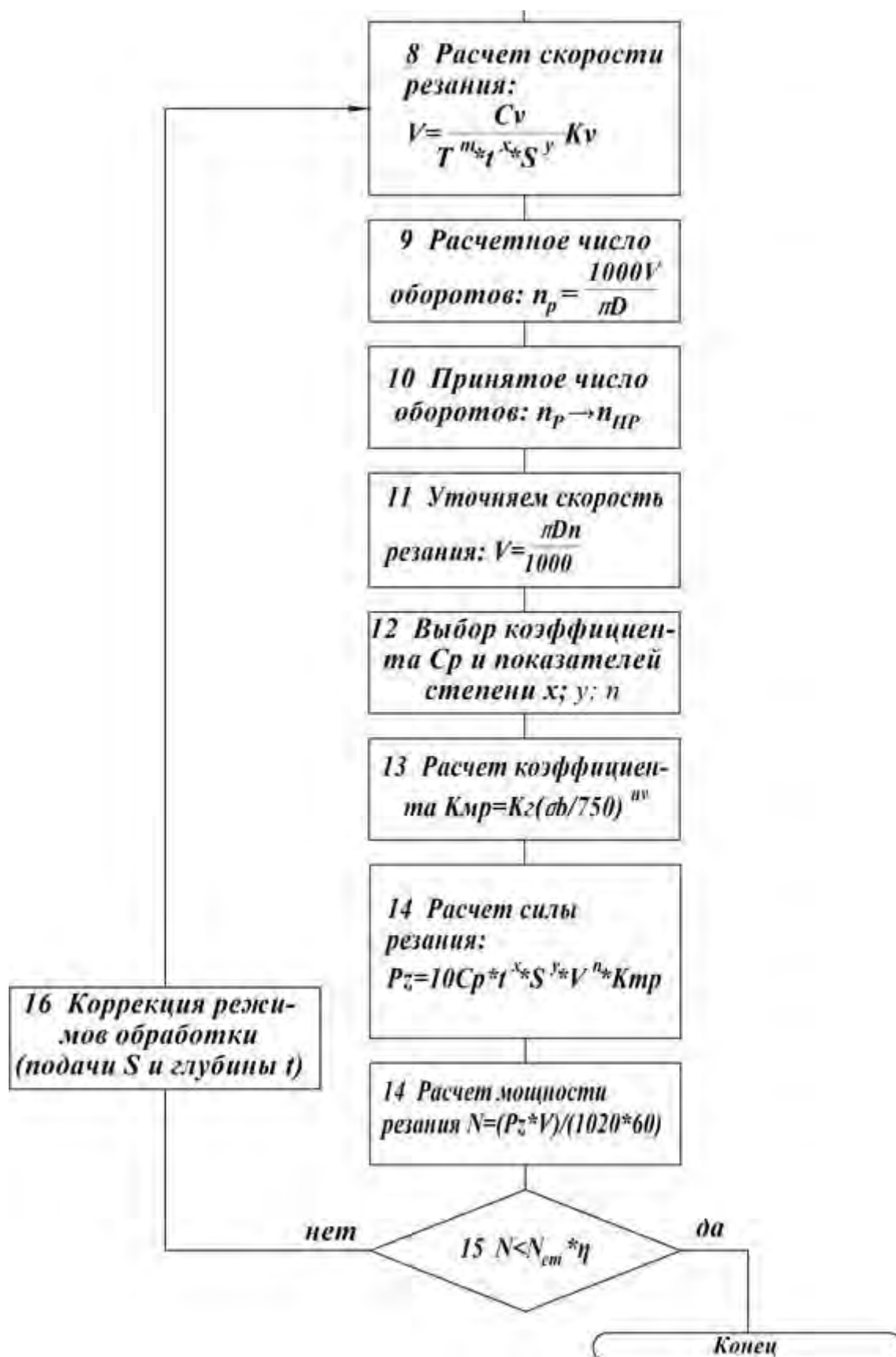
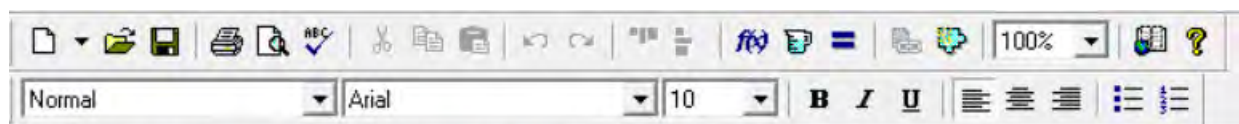


Рисунок 7.1 – Окончание

С целью автоматизации расчетов была разработана компьютерная программа, интерфейс которой приведен на рисунке 7.2.



Расчет режимов резания при точении

Исходные данные

Глубина резания, мм $t := 1.5$
 Подача продольная, мм/об $S := 0.8$
 Диаметр обработки, мм $D := 120$
 Стойкость резца, мин $T := 120$
 Показатели степени
 $C_v := 340$ $m := 0.2$ $x := 0.15$ $y := 0.35$
 Обрабатываемый материал
 Сталь - 1
 Чугун - 2
 $OM := 1$
 Предел прочности, МПа $\sigma_b := 600$
 Твердость, HB $HB := 190$
 Коэффициенты
 $K_g := 1$
 $nv := 0.75$

$$K_m(HB, \sigma_b, K_g, nv, OM) := \begin{cases} k \leftarrow K_g \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{nv} & \text{if } OM = 1 \\ (190)^{nv} & \end{cases}$$

Рисунок 7.2 – Окно программы для расчета режимов резания при токарной обработке

В качестве второго примера рассмотрим расчет режимов резания при обработке на фрезерных станках. Составляющие режимов резания отличаются от токарной обработки тем, что здесь учитывается подача на зуб инструмента (S_z , мм/об), а также число зубьев фрезы (z). Кроме того, учитывается ширина фрезерования (B , мм). При этом, ширина фрезерования всегда определяется в направлении, которое параллельно оси вращения инструмента, а глубину фрезерования (t , мм) необходимо задавать в направлении, перпендикулярном оси вращения фрезы.

На рисунке 7.3 представлен алгоритм определения режимов резания при фрезеровании.

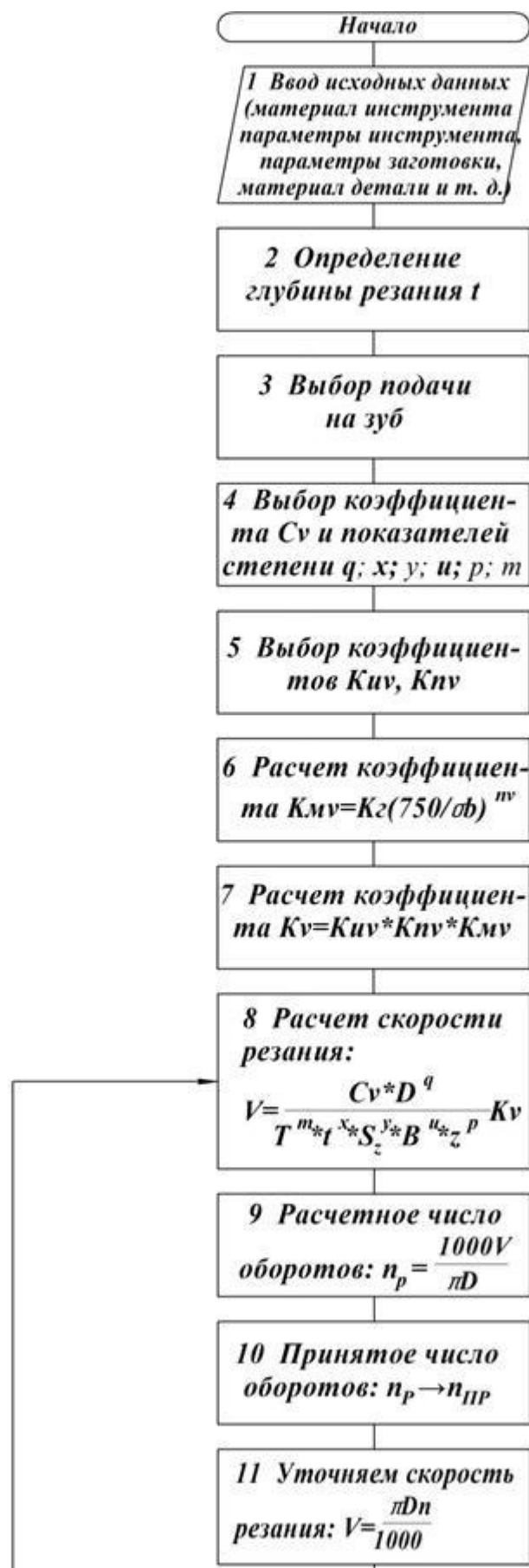


Рисунок 7.3 – Алгоритм расчета режимов резания при фрезеровании

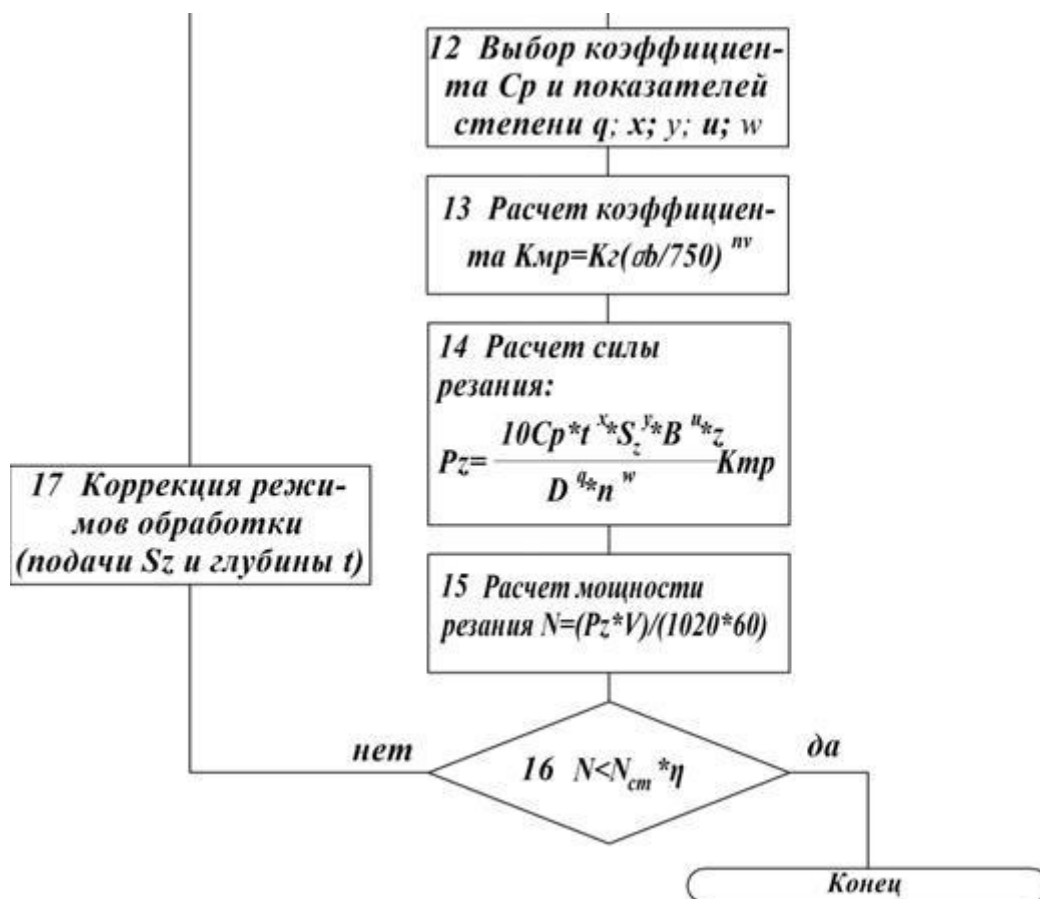


Рисунок 7.3 – Окончание

На рисунке 7.4 приведен интерфейс программы для расчета режимов резания при фрезеровании.

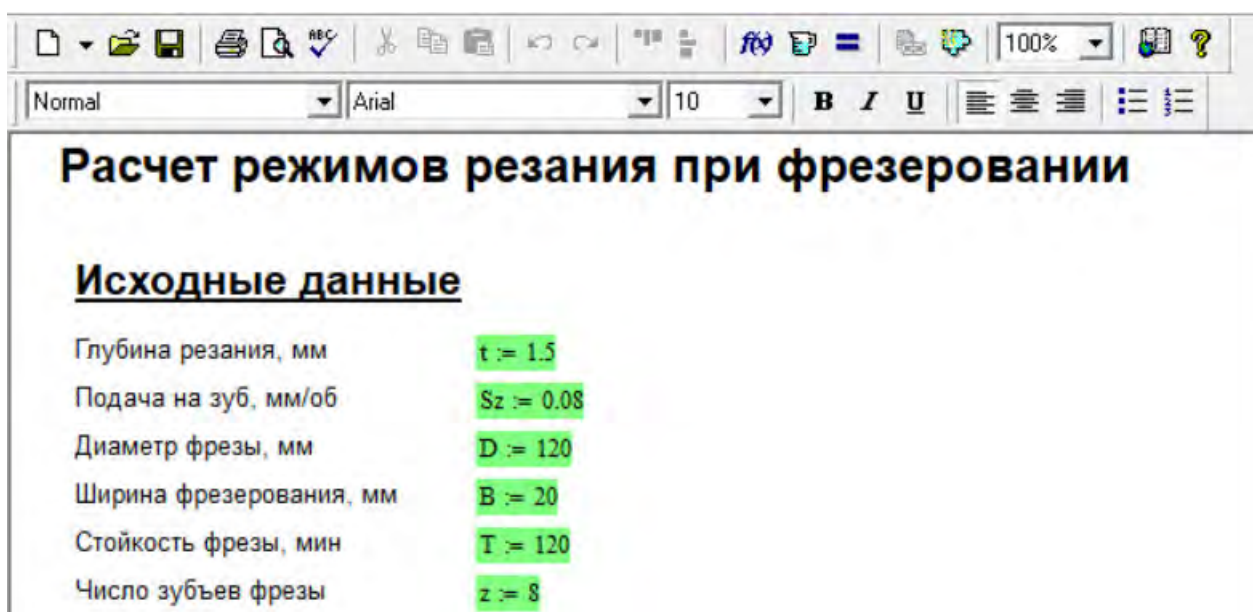


Рисунок 7.4 – Окно программы для расчета режимов резания при фрезерной обработке

Также ряд производителей инструментов предлагает свои методики назначения режимов резания. Рассмотрим пример использования методики SandvikCoromant [10] (рисунки 7.5 – 7.8).



Рисунок 7.5 – Расчет режимов резания по методике производителя инструмента (шаг 1)

Условия обработки	Состояние поверхности загото... Предварительно обработанная	Условия резания Непрерывное резание	Стабильность крепления Хорошая стабильность
Тип операции СТРТ	Черновая и чистовая обработка		
Обрабатываемый диаметр DMS	50 mm		
Обработанный диаметр DME	45 mm		
Обрабатываемая длина LM	50 mm		
Мах радиус при вершине REX	1 mm		
Шероховатость Ra на торцевой поверхности RRA	6.3 μm		
Шероховатость Ra в продольном направлении RRA	6.3 μm		

Рисунок 7.6 – Расчет режимов резания по методике производителя инструмента (шаг 2)

P	Низколегированная сталь Показать варианты ...	175 HB P2.1.Z.AN	M	Аустенитная нержавеющая ...	200 HB M1.0.Z.AQ
K	Серый чугун	245 HB K2.2.C.UT	N	Сплав на основе алюминия	90 HB N1.3.C.AG
S	Жаропрочный сплав на осн...	350 HB S2.0.Z.AG	H	Сверхзакаленная сталь	60 HRC H1.3.Z.HA
O	O1.0.0.X0	50 HV O1.0.0.X0			

Рисунок 7.7 – Расчет режимов резания по методике производителя инструмента (шаг 3)

ТОЧЕНИЕ НАРУЖНОЕ ПРОДОЛЬНОЕ И ПОДРЕЗКА ТОРЦА / СМЕННАЯ



РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



T-Max P

DCLNR 2525M 19
Инструмент

CNMG 19 06 08-PR 4425
Пластина

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Интерфейс со стороны станка ADINTMS

Стойкость, дет. TLIFEC 314 Поверхности

Время обработки на элемент TMF 00:04.038 мин:с

Создайте инструментальную сборку

ШАГИ 1

ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC 317 m/min

Подача на оборот FN 0.35 mm

Число проходов в направлении AP NORAP 1

Глубина резания AP 2.5 mm

[Показать подробности](#)

[Информация](#)

Рисунок 7.8 – Расчет режимов резания по методике производителя инструмента (шаг 4)

Также ряд производителей САПР предоставляет возможность расчета режимов резания. На рисунках 7.9-7.12 приведен пример расчетов режима резания в системе «Вертикаль». Данный программный комплекс содержит базу данных станков, режущего инструмента и свойств обрабатываемых материалов.

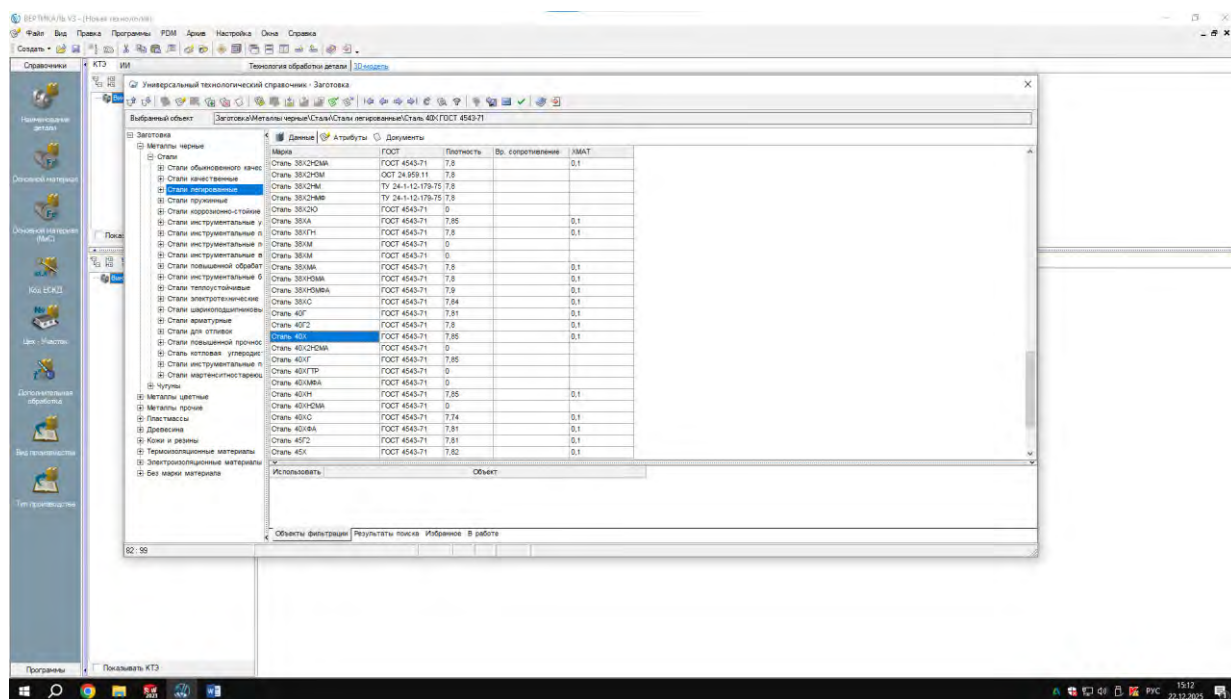


Рисунок 7.9 – Пример расчетов режима резания в системе «Вертикаль» (выбор материала детали)

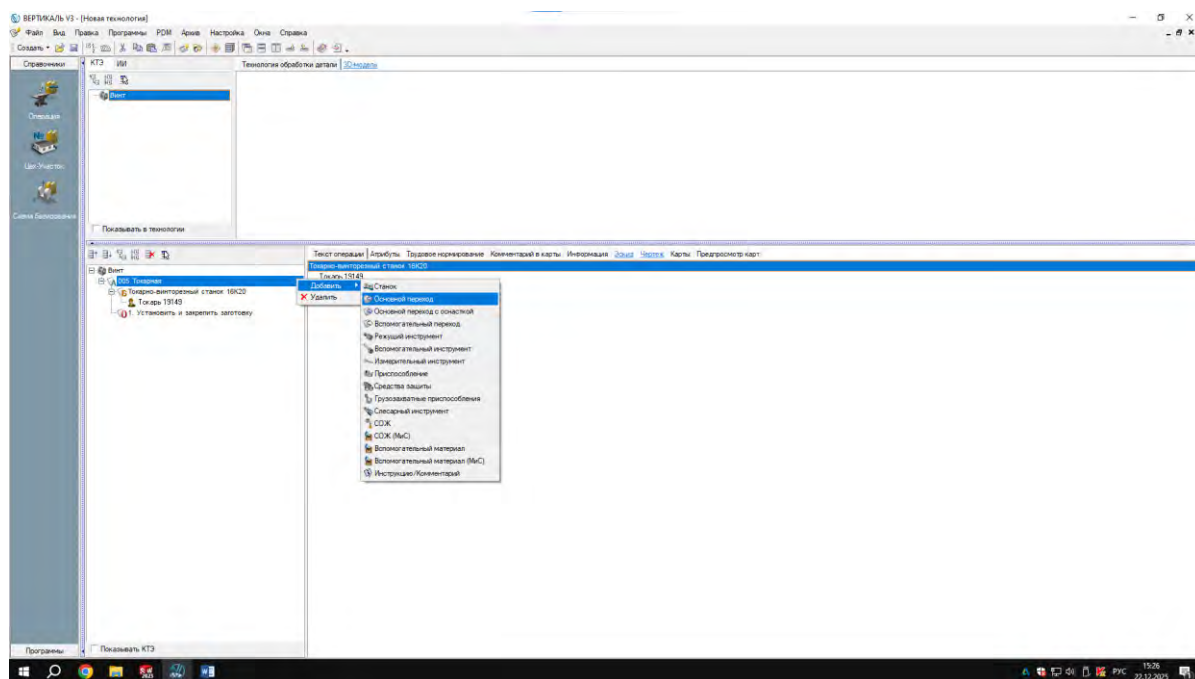


Рисунок 7.10 – Пример расчетов режима резания в системе «Вертикаль» (создание основного перехода)

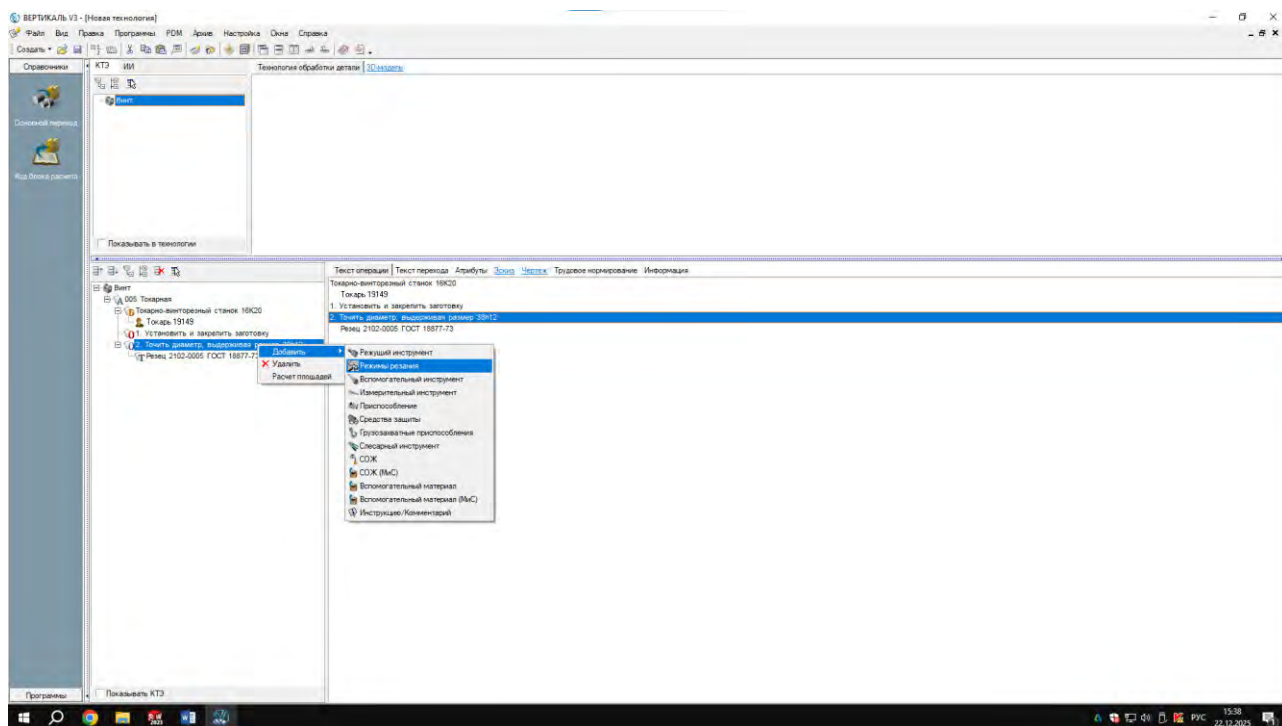


Рисунок 7.11 – Пример расчетов режима резания в системе «Вертикаль»
(запуск библиотеки)

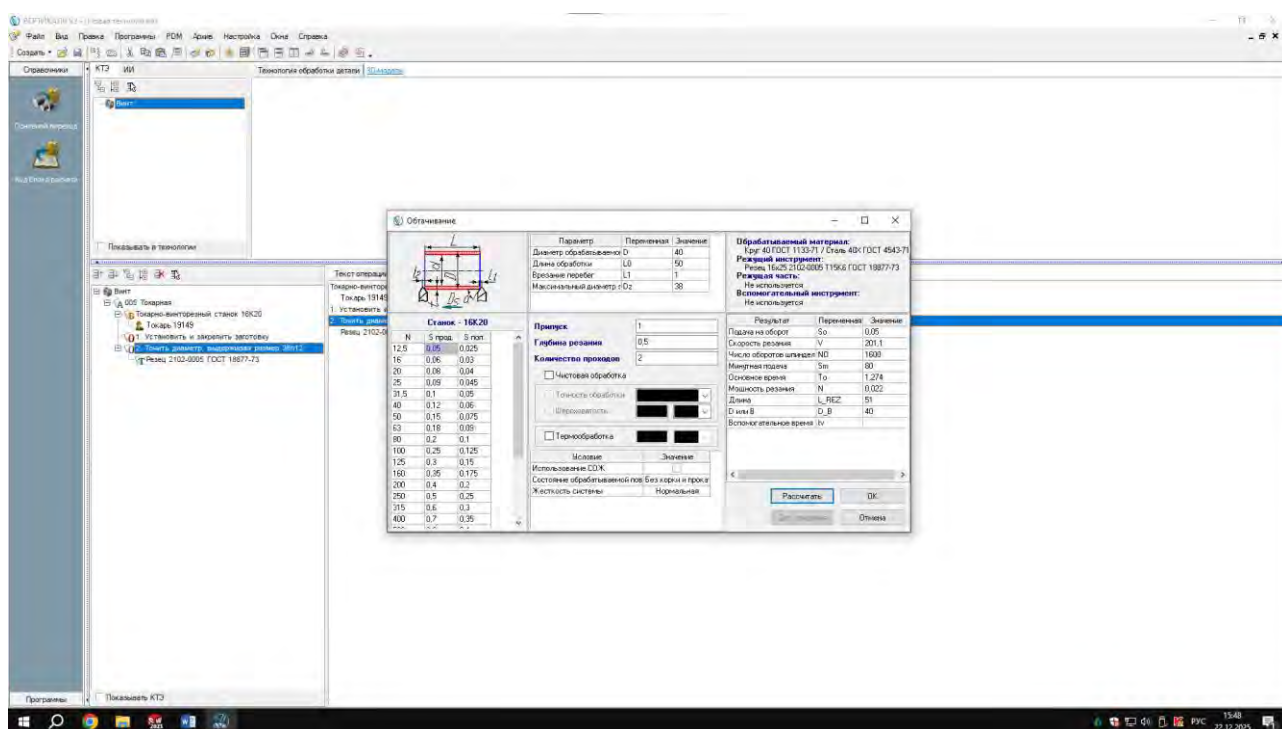


Рисунок 7.12 – Пример расчетов режима резания в системе «Вертикаль»
(результат расчетов)

8 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В машиностроительном производстве в качестве учетной единицы нормирования трудоемкости операций используется штучно-калькуляционное время [7–9]. Есть некоторые особенности определения величины штучно-калькуляционного времени в зависимости от вида обработки:

- в случае если обработка всех поверхностей ведется последовательно, то перекрытия времени не наблюдается;
- если обработка нескольких поверхностей производится параллельно, то в расчет времени берется продолжительность наиболее длинного технологического перехода.

В дальнейшем мы будем рассматривать только последовательную обработку, т. к. в практике современного машиностроения параллельная обработка ведется крайне редко.

На рисунке 8.1 представлен алгоритм определения нормы времени при последовательной обработке:

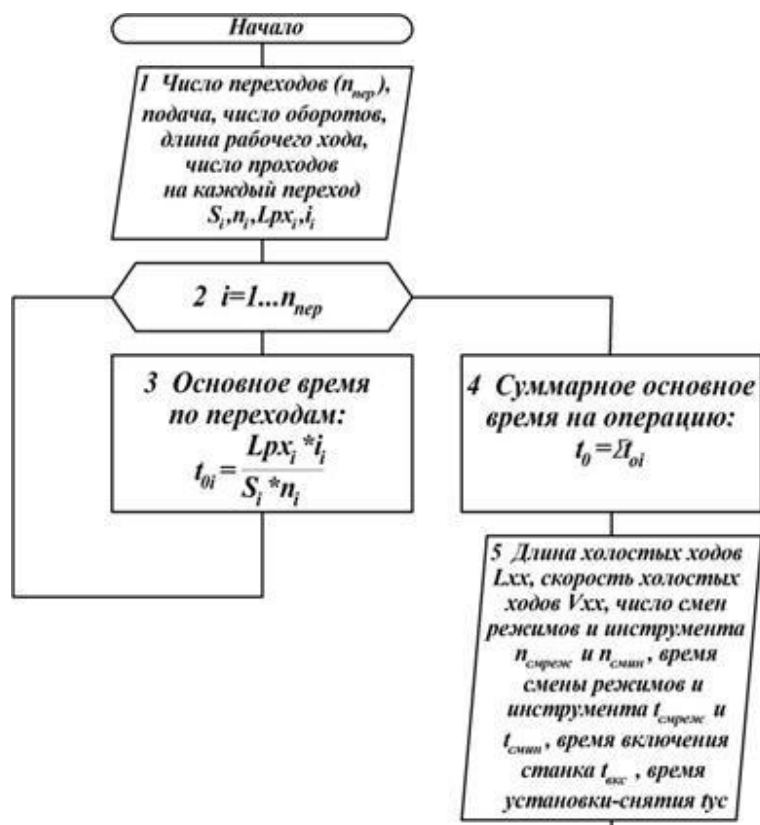


Рисунок 8.1 – Алгоритм технического нормирования

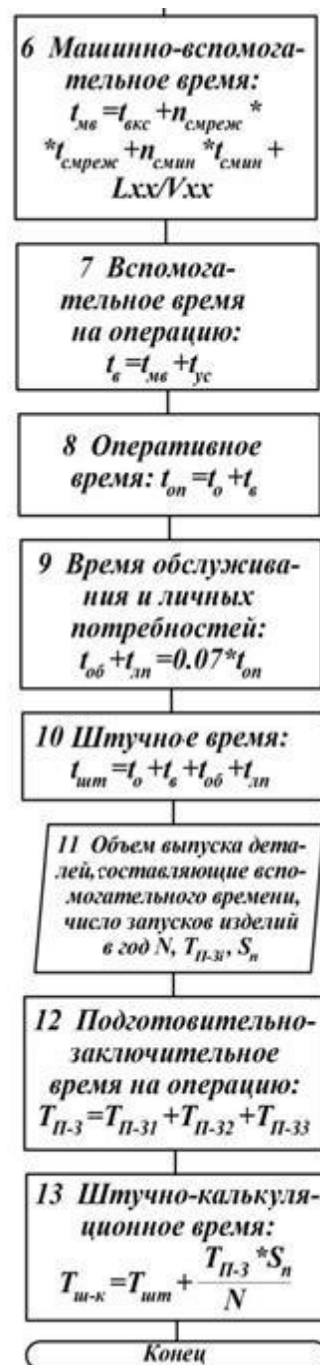


Рисунок 8.1 – Окончание

Рассмотрим пример определения нормы времени для обработки детали втулка. В качестве исходных данных имеем:

- материал детали: сталь 45 ГОСТ 1050-88;
- станок: токарный с ЧПУ 16K20Ф3;
- приспособление: цанговый патрон;
- режущий инструмент, изготовленный из твердого сплава марки Т15К6;

Состав технологических переходов и режимы резания приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Состав технологических переходов и режимы резания при обработке детали втулка

№	Наименование перехода	Режимы резания		
		S, мм/об	t, мм	n, об/мин
1	Подрезка торца	0.8	2	300
2	Черновое растачивание центрального отверстия	0.8	2	500
3	Чистовое растачивание центрального отверстия	0.4	0.5	1000

Операционный эскиз приведен на рисунке 8.2.

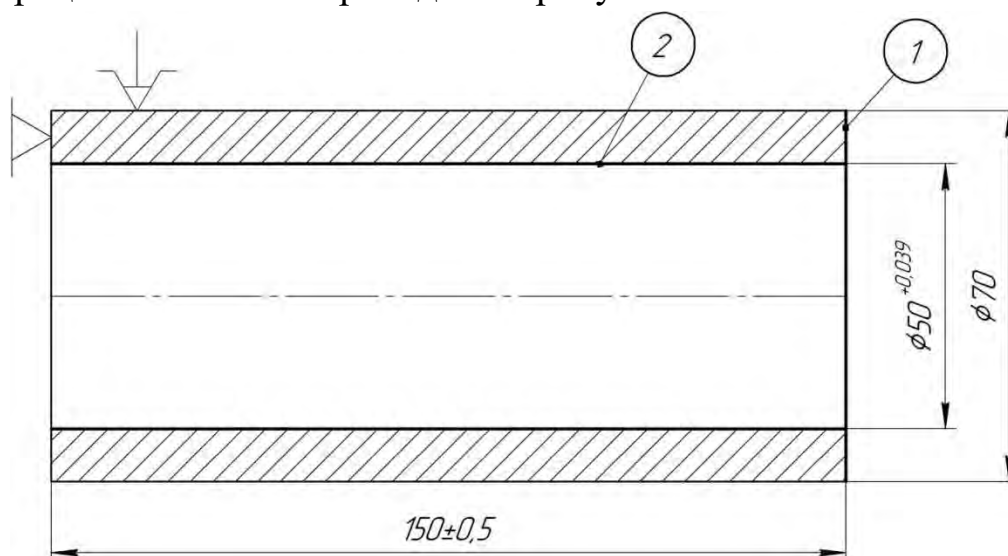


Рисунок 8.2 – Эскиз обработки детали типа втулка

Основное время обработки:

$$\text{Переход 1: } t_{01} = (L_{PX} \cdot i) / (n \cdot S) = (15 \cdot 1) / (0.8 \cdot 300) = 0.1 \text{ мин};$$

$$\text{Переход 2: } t_{01} = (L_{PX} \cdot i) / (n \cdot S) = (155 \cdot 1) / (0.8 \cdot 500) = 0.4 \text{ мин};$$

$$\text{Переход 3: } t_{01} = (L_{PX} \cdot i) / (n \cdot S) = (155 \cdot 1) / (0.4 \cdot 1000) = 0.4 \text{ мин}.$$

В формулах L_{PX} – длина рабочего хода (вычисляется прибавлением к длине обрабатываемой поверхности 3-5 мм); i – число проходов, за которое обрабатывается поверхность.

Суммарное основное время обработки детали типа втулка:

$$t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} = 0.1 + 0.4 + 0.4 = 0.9 \text{ мин}$$

Согласно рекомендациям [7 – 9], вспомогательное время обработки детали типа втулка складывается из следующих элементов:

$$t_6 = t_{6y} + t_{СМИН} + t_{СРЕЖ} + t_{ХХ}, \quad (8.1)$$

где t_{6y} – доля вспомогательного времени, которая затрачивается на установку

заготовки в станочное приспособление и снятие детали. Согласно данным [7 – 9], зависит от типа станочного приспособления и массы детали;

$t_{СМИН}$ – доля вспомогательного времени, которая расходуется на процесс смены режущего инструмента (например, ротацию позиций инструментальной головки или взятие нового инструмента из магазина);

$t_{СРЕЖ}$ – доля вспомогательного времени, которое расходуется на смену режимов резания при переходе с рабочей подачи на холостые перемещения и т. д.;

$t_{ХХ}$ – доля вспомогательного времени, которая расходуется на холостые ходы (подвод инструмента, вывод из зоны обработки, отход к позиции смены инструмента и др.). Зависит от скорости холостых перемещений станка.

Согласно рекомендациям [7 – 9], примем $t_{св}=0.1$ мин.

В рамках изготовления детали типа втулка предполагается 2 смены инструмента и 6 смен режимов. Из технических характеристик станка [9] время смены инструмента 0.04 мин, а смены режимов 0.02 мин, тогда соответствующие составляющие равны:

$$t_{СМИН}=2 \cdot 0.04=0.08 \text{ мин}$$

$$t_{СРЕЖ}=6 \cdot 0.02=0.12 \text{ мин}$$

Скорость холостых перемещений станка 16К20Ф3 равна 5000 мм/мин [9]. Суммарная длина холостых ходов будет равна 900 мм (для расчетов лучше составить карту наладки с указанием траекторий). Тогда составляющая вспомогательного времени будет равна:

$$t_{ХХ}=900/5000=0.8 \text{ мин}$$

Суммарно вспомогательное время обработки детали втулка будет равно:

$$t_{с}=0.1+0.08+0.12+0.8=1.1 \text{ мин}$$

Следующим шагом согласно алгоритма определяем оперативное время и время обслуживания и личных потребностей (в процентах от оперативного).

$$t_{ОП}=t_{О}+t_{В}=0.9+1.1=2 \text{ мин}$$

$$t_{ЛП}+t_{ОБСЛ}=0.07 \cdot t_{ОП}=2 \cdot 0.07=0.14 \text{ мин}$$

Тогда штучное время обработки детали втулка будет равно:

$$t_{шт} = t_o + t_e + t_{пл} + t_{обсл} = 0.9 + 1.1 + 0.14 = 2.14 \text{ мин}$$

В автоматизированном формате определять время можно с использованием САПР, например системы Вертикаль [11]. Пример нормирования приведен на рисунках 8.3-8.5.

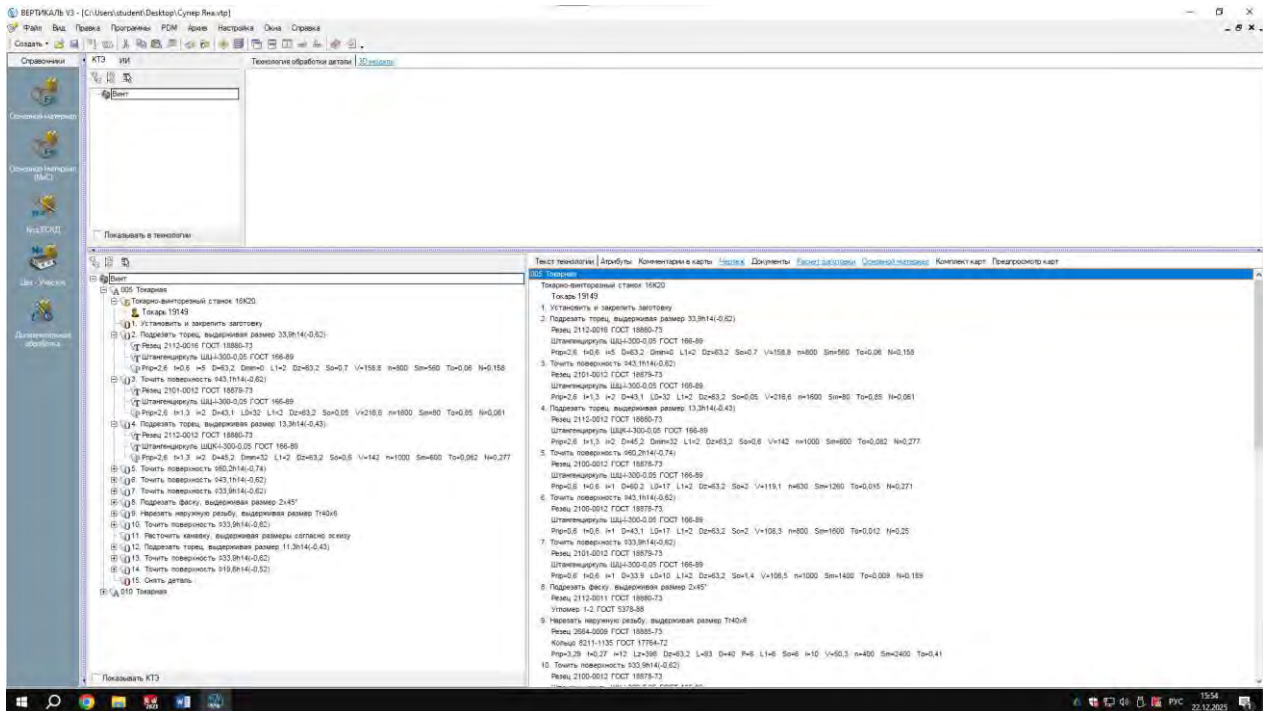


Рисунок 8.3 – Пример нормирования в среде Вертикаль

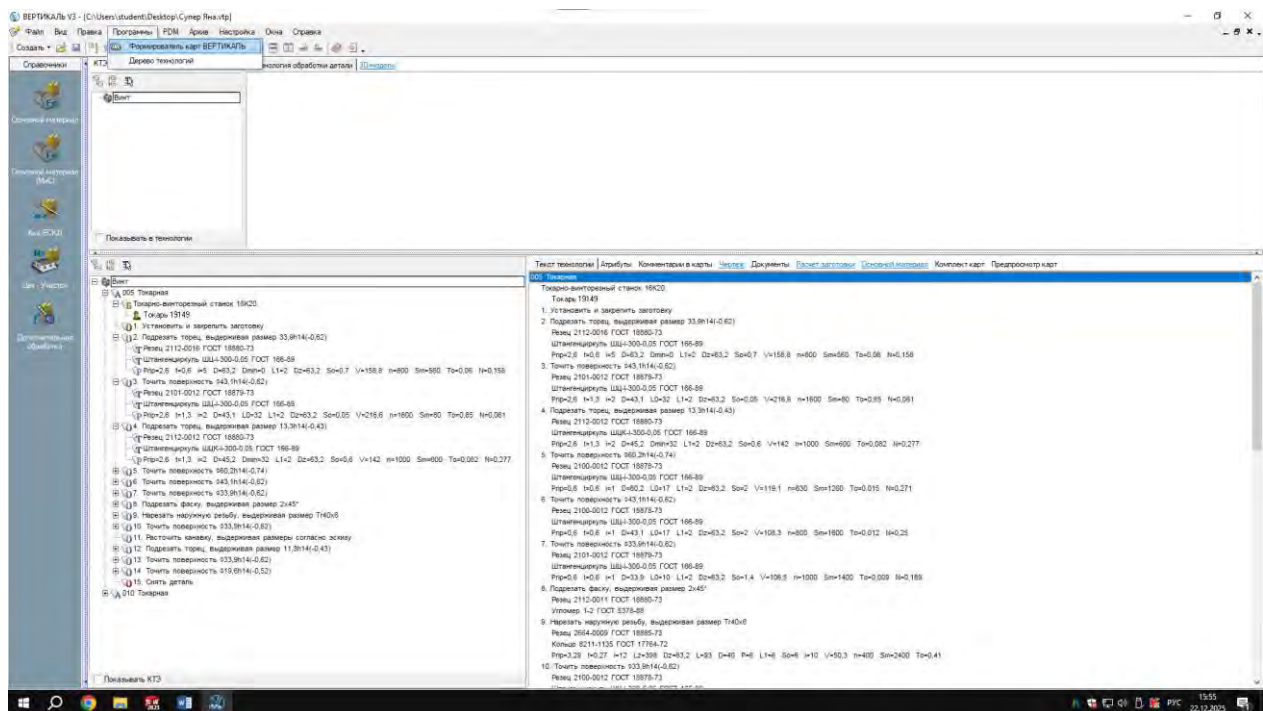
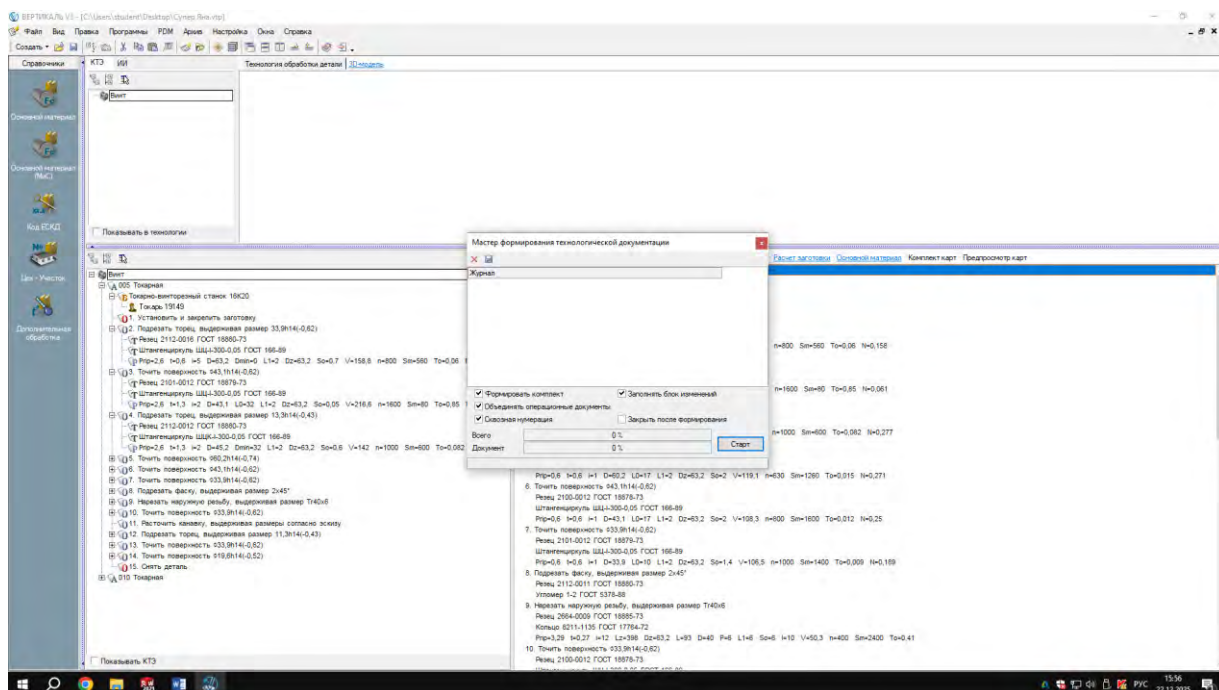
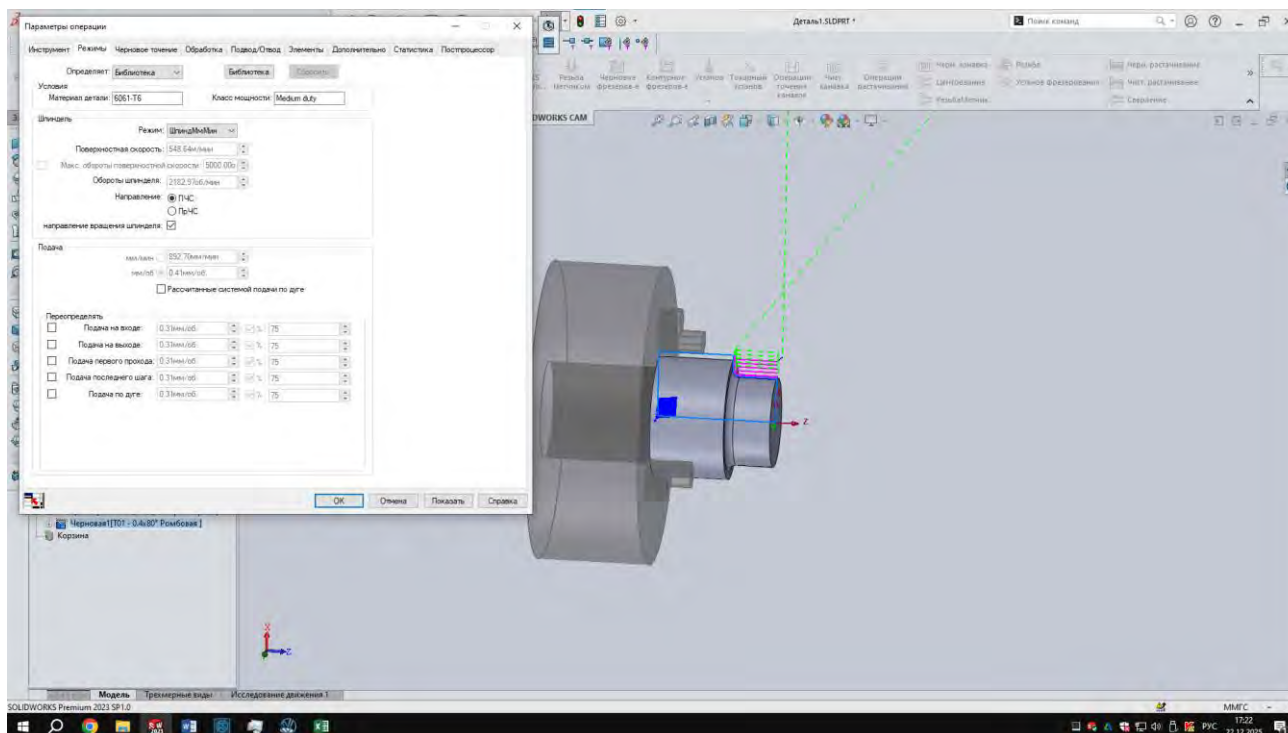


Рисунок 8.4 – Пример нормирования в среде Вертикаль



Также в качестве инструментария для определения основного времени обработки можно использовать САМсистемы. На рисунках 8.6-8.9 приведен пример для системы Solid CAM.



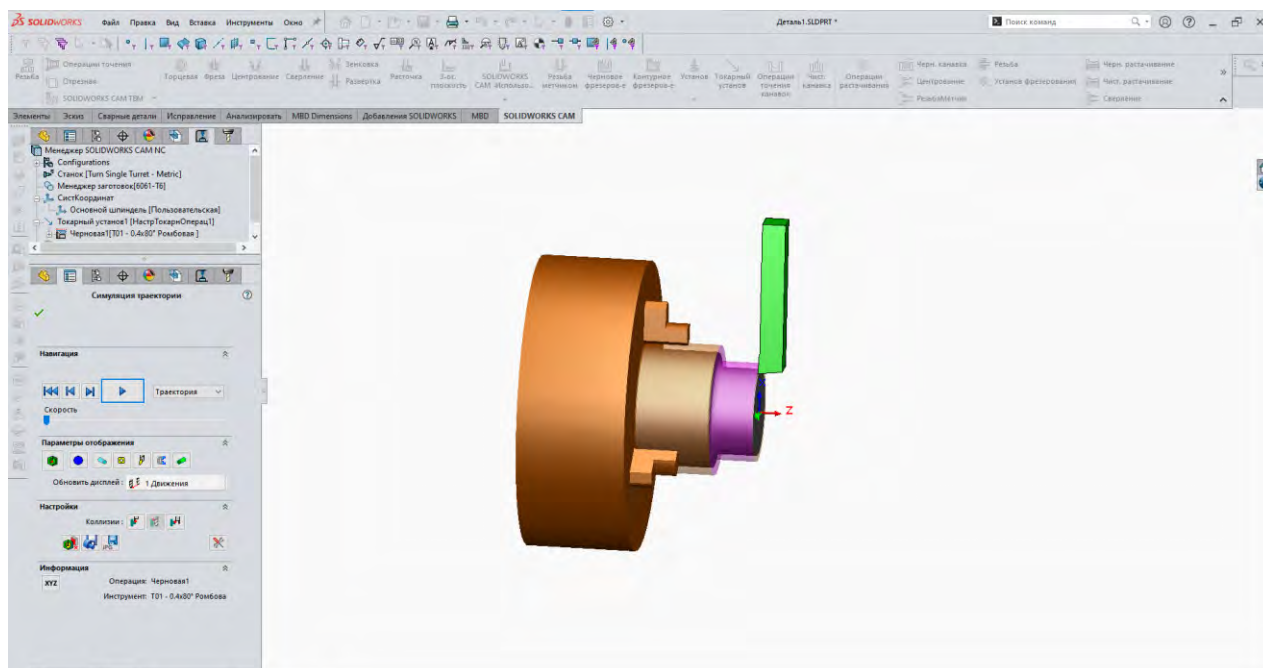


Рисунок 8.7 – Пример нормирования в среде SolidCAM

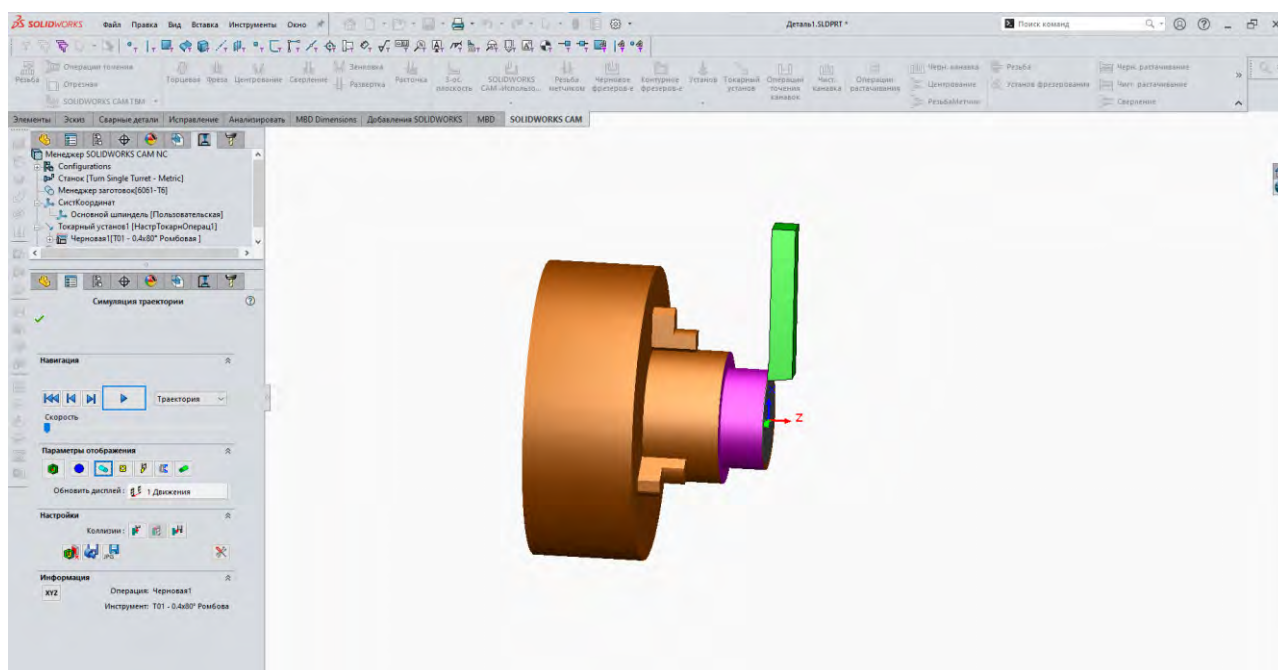


Рисунок 8.8 – Пример нормирования в среде SolidCAM

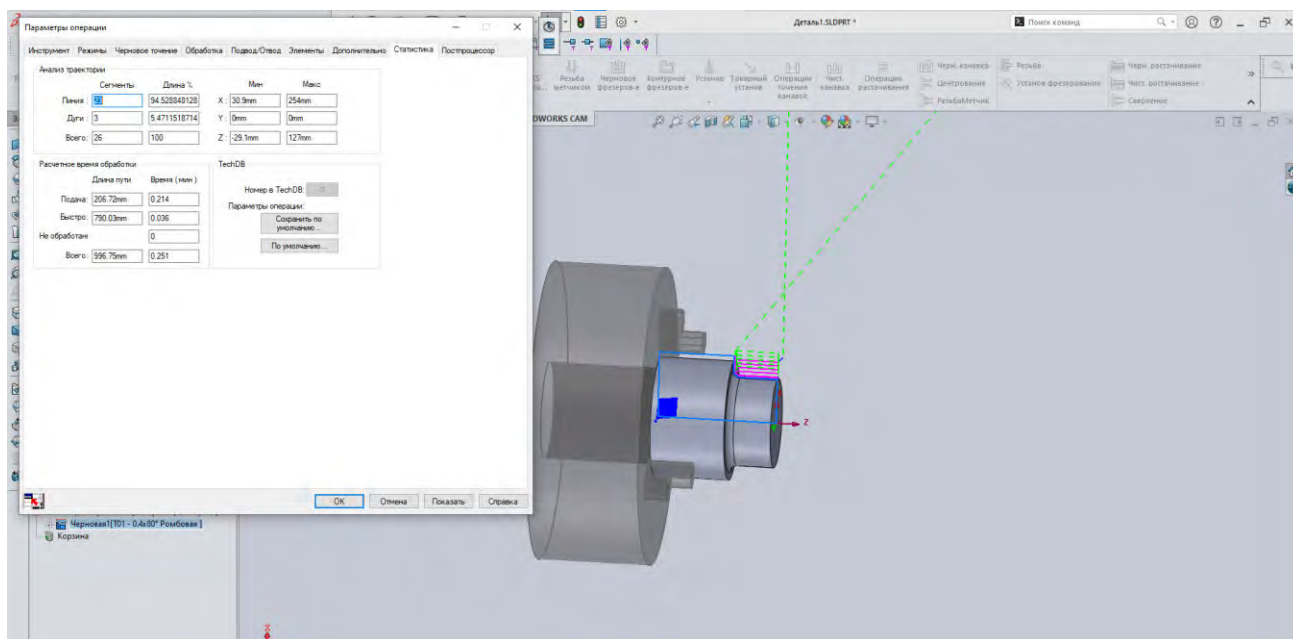


Рисунок 8.9 – Пример нормирования в среде SolidCAM

9 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Оформление технологической документации является завершающим этапом технологической подготовки производства. Причем следует отметить, что сам процесс оформления документов достаточно трудоемкий. Согласно данным [11], трудоемкость только одной процедуры оформления технологической документации составляет до 30–40 % от всей трудоемкости процедуры подготовки производства. В этом свете использование даже средств, которые позволяют оформлять карты технологического процесса, значительным образом снижает затраты живого труда при подготовке производства.

Более перспективной является разработка технологической документации в автоматизированном режиме на основе разработки параметрических моделей и использования принципов построения технологических процессов по групповому признаку. Однако реализовать на практике данный принцип далеко не всегда представляется возможным ввиду того, что не на всех производствах имеется возможность изготовления продукции в рамках серийного производства.

Поэтому более приоритетной задачей является все-таки первая. На сегодняшний день на рынке предлагается достаточно большое количество программных продуктов, которые дают возможность оформления технологической документации. Однако часть их достаточно сложна в освоении и требуют большого объема подготовительных работ, направленных на заполнение базы данных комплекса информацией, которая отражает характеристики станков, режущего инструмента и других средств технологического оснащения и т. д.

Для учебных целей можно использовать библиотеку бланков, которая является дополнением к программному продукту КОМПАС и подключается в виде библиотеки. Программа дает возможность создавать основные формы бланков технологической документации и заполнять их по принципу основной надписи на чертеже. Также имеется определенная встроенная информация в виде базы данных, которая может быть занесена в карты. Пример использования библиотеки приведен на рисунках 9.1–9.5. Пример заполненных карт приведен на рисунках 9.6–9.14.

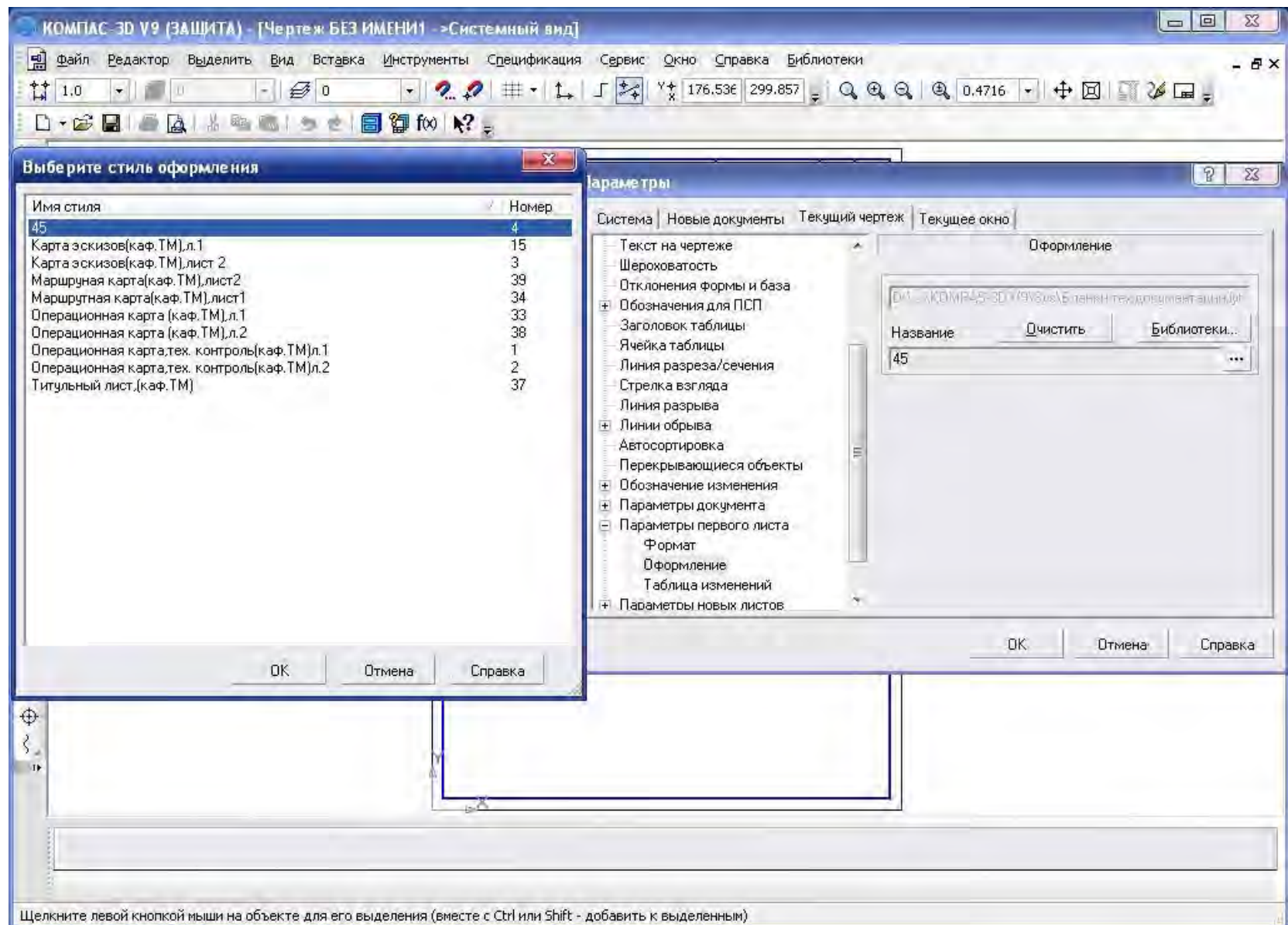


Рисунок 9.1 – Некоторые возможности библиотеки бланков

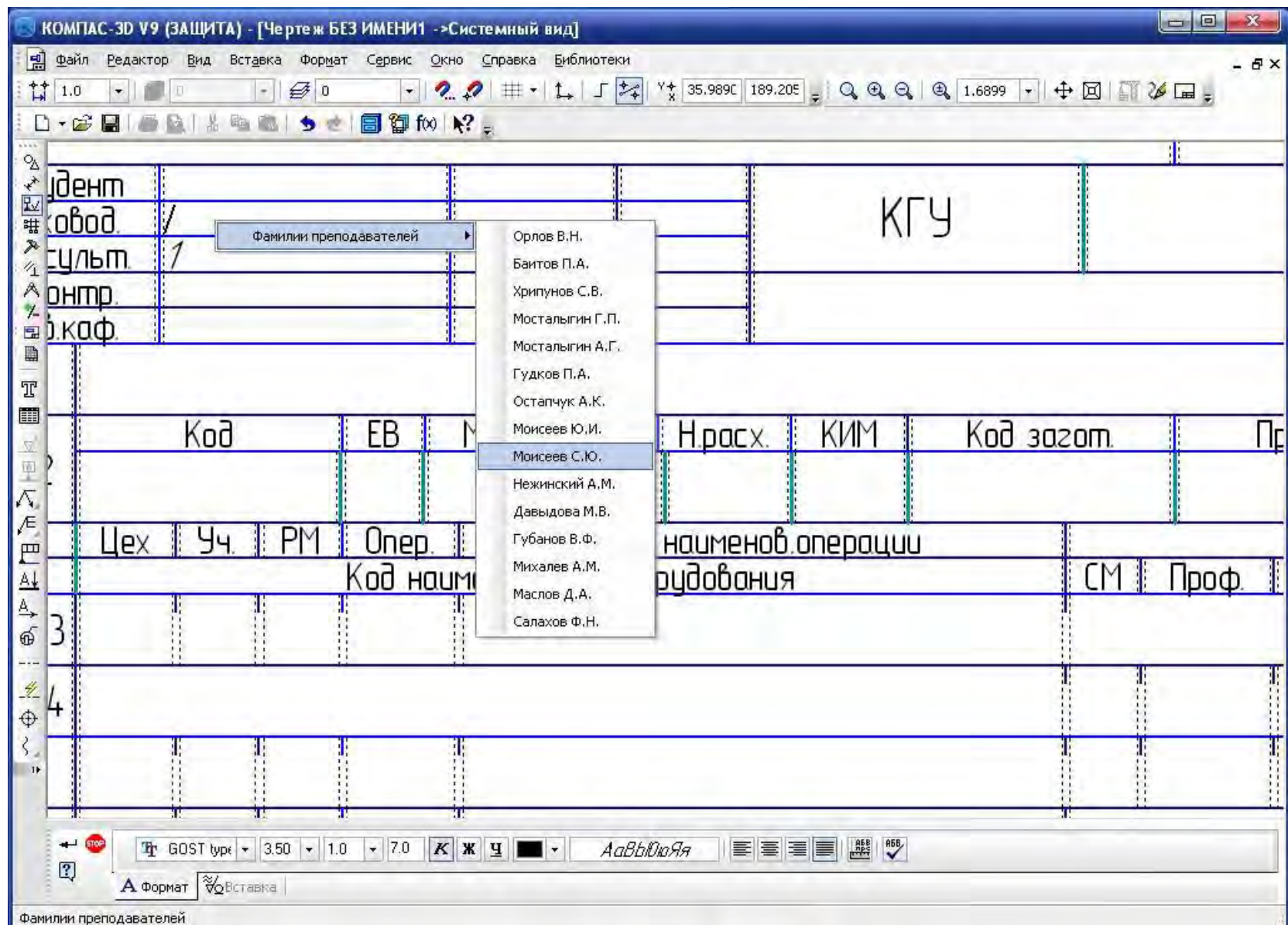


Рисунок 9.2 – Некоторые возможности библиотеки бланков

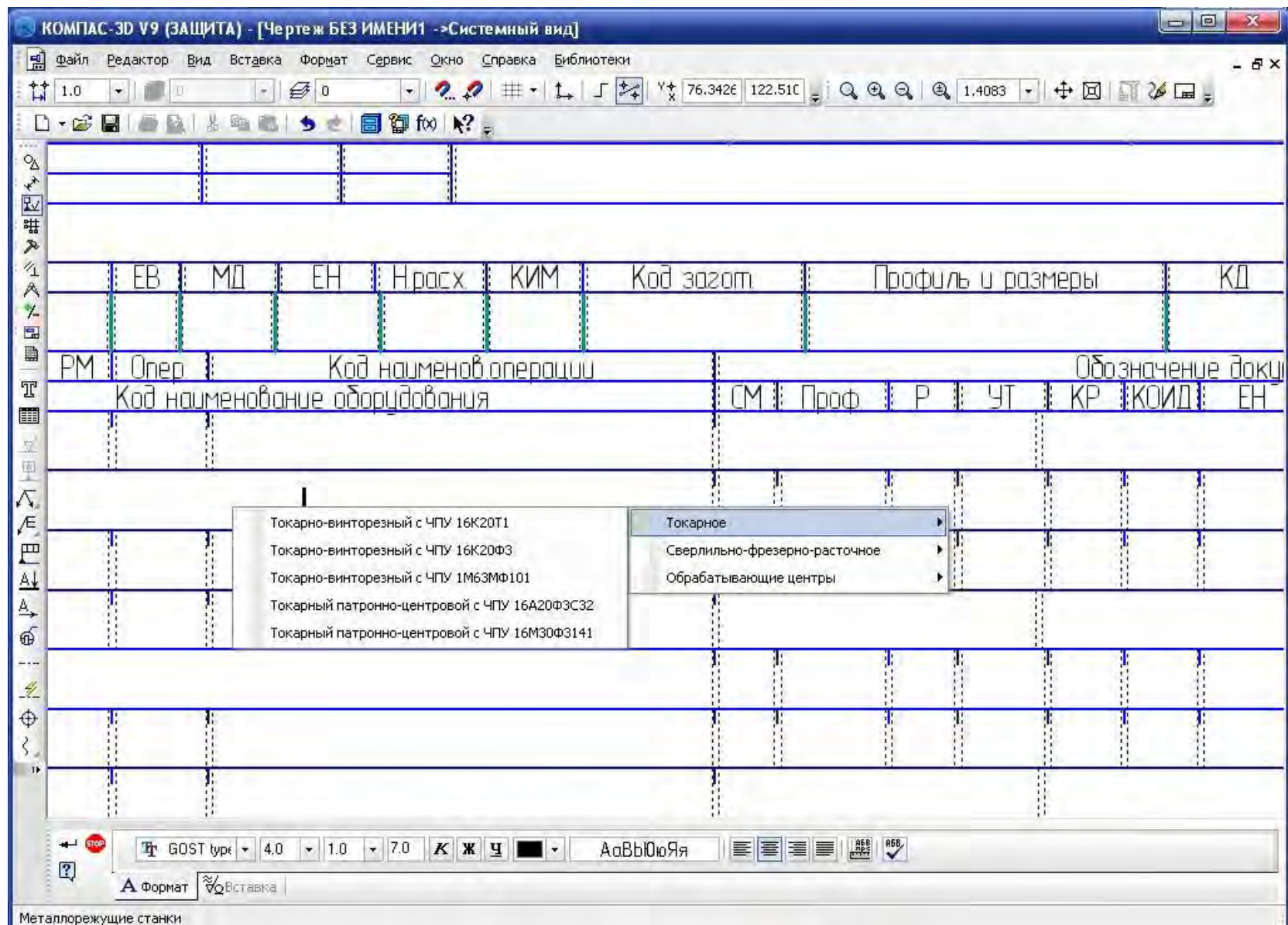


Рисунок 9.3 – Некоторые возможности библиотеки бланков

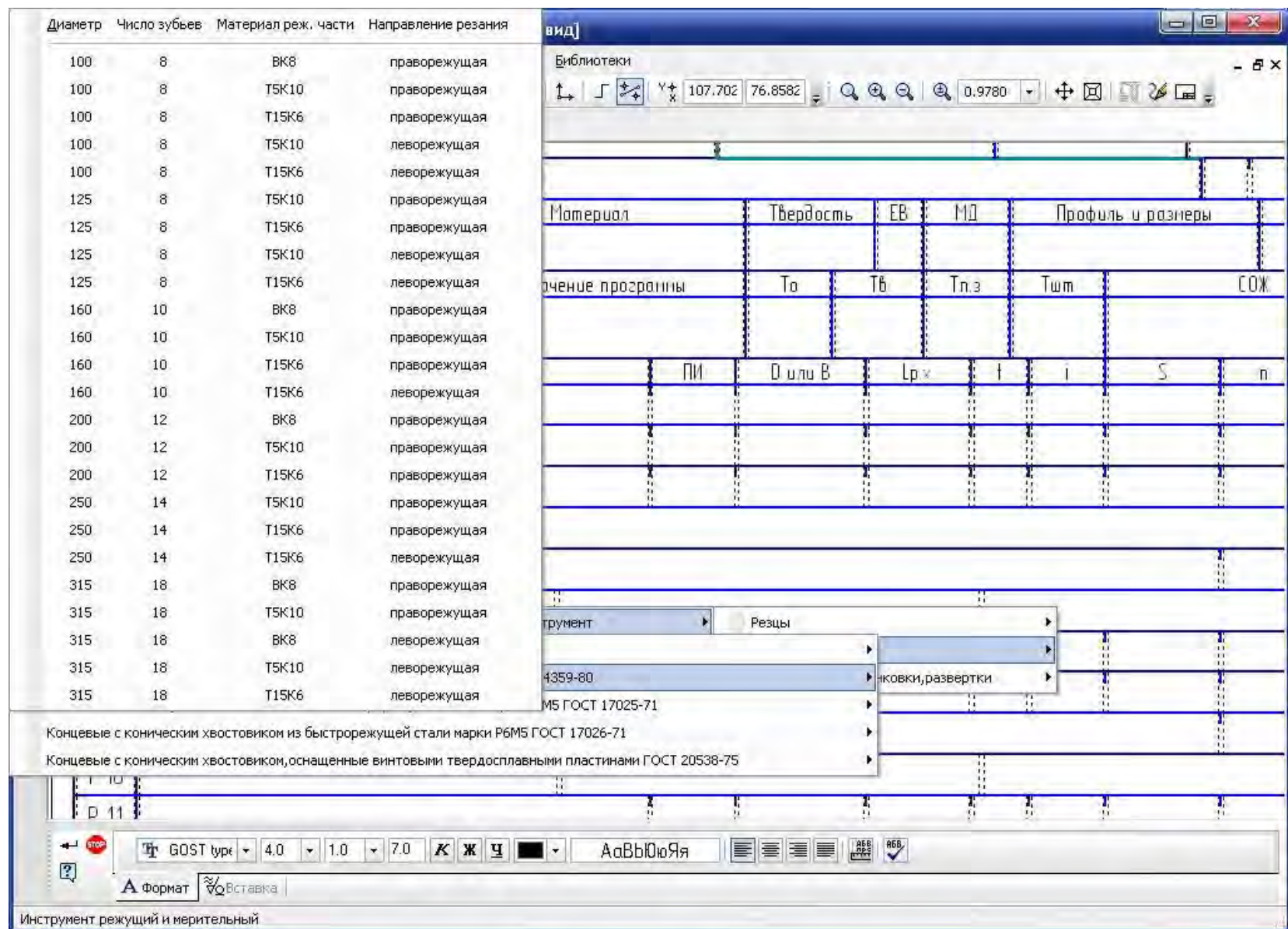


Рисунок 9.4 – Некоторые возможности библиотеки бланков

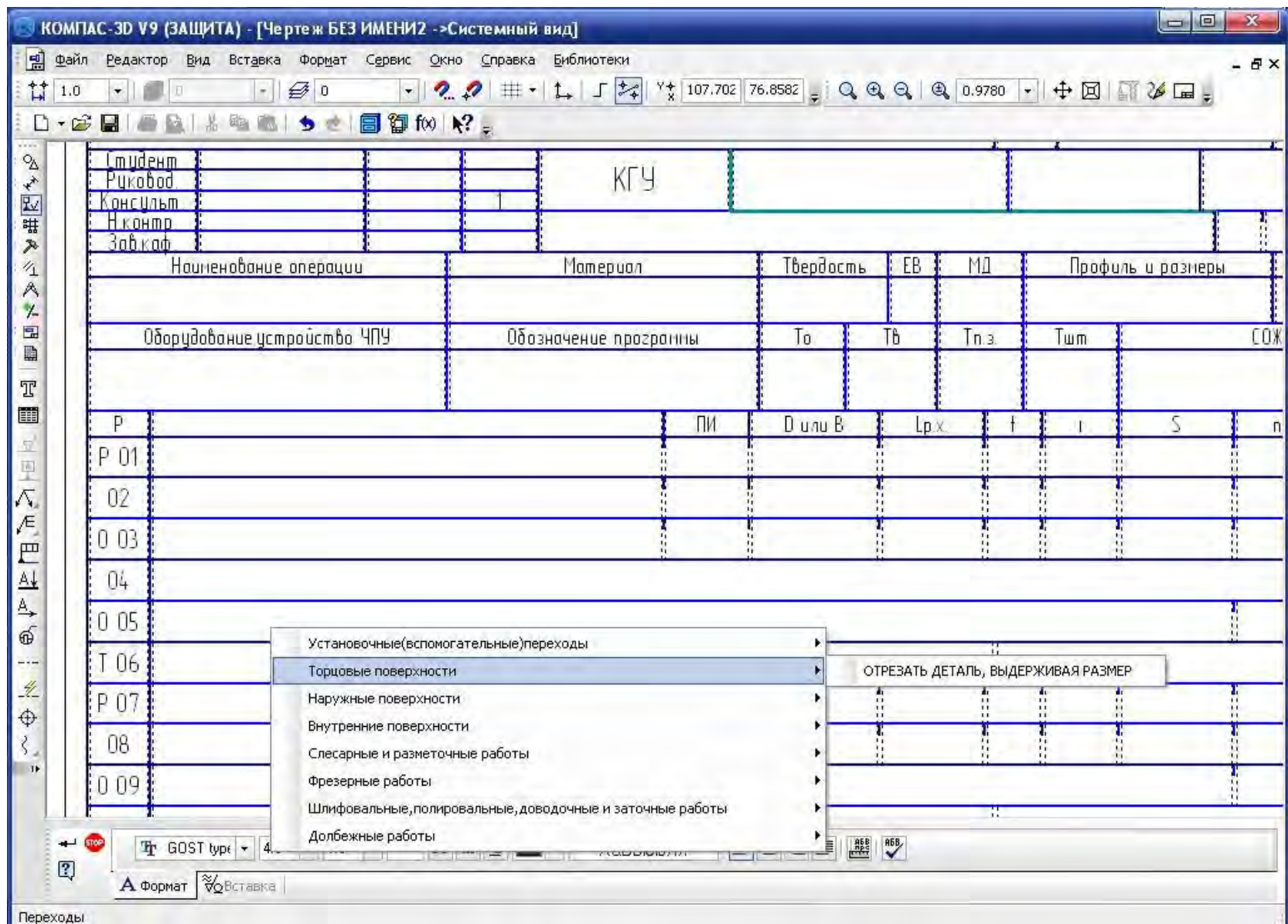


Рисунок 9.5 – Некоторые возможности библиотеки бланков

		01101.00000	16	1
--	--	-------------	----	---

Министерство высшего и профессионального образования РФ
Курганский государственный университет

Утверждаю: Зав.кафедрой Давыдова М.В.

Дата _____

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологический процесс механической обработки

вала

наименование детали , узла

Студент гр. Т-5112 Овсянников В. Е.

Дата _____

Руководитель Остапчук А. К.

Дата _____

ТЛ	
----	--

Рисунок 9.6 – Пример заполненных бланков технологического процесса

										01101.000000		16	2					
Студент	Обьянников В.Е.							КГУ				1014.100000						
Руковод.	Остапчук А.К.																	
Консульт.																		
Н.контр.																		
Зав.каф.	Давыдова М.В.									Вал		ДП						
М01	Сталь 35 ГОСТ 1050-88																	
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ								
		к2	3	1		0,6	21	43×399	1	5.2								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименов. операции				Обозначение документа									
Б	Код наименования оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
А 03				000	Заготовительная				Без ОК, КЗ									
Б 04	Отрезка из проката																	
05																		
А 06				005	Фрезерно-центровально-обточная				2014.100001		6014.100001		ИОТ №67					
Б 07	Фрезерно-центровально-обточной 2Г942							фрез.	3		1	1	1	750		40	0,91	
08																		
А 09				010	Токарная с ЧПУ				2014.100002		6014.100002		ИОТ №63					
Б 10	Токарный с ЧПУ SBL-300							токарь	3		1	1	1	750		32.05	8.83	
11																		
А 12				015	Фрезерная с ЧПУ				2014.100003		6014.100003		ИОТ №67					
Б 13	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Т12ФЗ							фрез.	3		1	1	1	750		35	0,75	
14																		
А 15				020	Токарная с ЧПУ				2014.100004		6014.100004		ИОТ №63					
Б 16	Токарный с ЧПУ SBL-300							токарь	3		1	1	1	750		32.05	3.941	
МК	Маршрутная карта механической обработки (первый лист)																	

Рисунок 9.7 – Пример заполненных бланков технологического процесса

										10141.000000										16	3			
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа														
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт								
Наименование детали, сборки или материала					Обозначение, код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
A01				025	Слесарная					Без ОК, КЭ					ИОТ №84									
Б02	Верстак																							
03																								
A04				030	Моечная					Без ОК, КЭ														
Б05	Машина моечная																							
06																								
A07				035	Контрольная					20103.00005					60103.00005					ИОТ №91				
Б08	Стол контрольный					контр					3	1		1	1	750	15		2.6					
09																								
A10																								
Б11																								
12																								
A13																								
Б14																								
15																								
A16																								
Б17																								
МК		Маршрутная карта механической обработки (последующие листы)																						

Рисунок 9.8 – Пример заполненных бланков технологического процесса

										Форма 7		ГОСТ 3.1105-84	
Дудл.													
Взам.													
Подл.													
ИОТ №63										01101.000000		16	6
Студент.	Обсянников В.Е.			КГУ						2014.1000002			
Руков.	Осталчук А.К.												
Консульт.													
Н.конт.	Салахов Ф.Н.					Вал				ДП		010	
Заб. каф.	Давыдова М.В.												

Рисунок 9.9 – Пример заполненных бланков технологического процесса

						01101.000000		16	7		
Студент	Овсянников В.Е.			КГУ			6014.1.000002				
Руковод.	Остапчук А.К.										
Консульт.											
Н.контр.											
Зав.каф.	Давыдова М.В.									ДП	010
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Токарная с ЧПУ		Сталь 35 ГОСТ 1050-88		25...45HRC	к2	3	43×399		5.2	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тп.з.	Тшт	СОЖ			
Токарный с ЧПУ SBL-300				5,49	2,76	32,05	8,83	5% эмульсия укринол1 ТУ38.101.197-89			
Р		ПИ	Д или В	Лр.х.	t	i	S	n	v		
Р 01	ИОТ №63										
02											
0 03	1. Установить и снять деталь							0.1			
04	Поводковый патрон.										
0 05	2.Точить поверхности 2,5,8,11,12 начерно..							0.44	1.14		
Т 06	Резец 2103-0712 Т5К10 ГОСТ 20872-80		ШЦ-500-0,05 ГОСТ 166-80								
Р 07			43	501.6	4	1	0,4	1100	148.5		
08											
0 09	3. Точить поверхности 14,16 начерно.							0.33	0.46		
Т 10	Резец 2103-0711 Т5К10 ГОСТ 20872-80		ШЦ-500-0,05 ГОСТ 166-80								
Р 11			43	202.4	4	1	0,4	1100	148,5		
12											
0 13	4. Точить поверхности 1,4,7,10,17							0.51	0.12		
ОК	Операционная карта механической обработки (первый лист)										

Рисунок 9.10 – Пример заполненных бланков технологического процесса

										01101.000000		16	8				
										60141.000002		010					
P	ПИ										Д или В	Lp.x.	f	i	S	n	v
T 01	Резец К.01.4979.00-04 Т5К10 ТУ 2-035-892-82 Шаблон спец. 13х/45° Шаблон спец. 16х/45° Шаблон спец. 15х/45°																
P 02											43	83.6	2.5	1	0.4	1100	148.5
03																	
O 04	5. Точить поверхности 5,8,11,12 начисто.															0,16	0,53
T 05	Резец 2103-0712 Т15К6 20872-80 Микрометр МК 50-0.25 ГОСТ 4380-93																
P 06											35	191.5	0,205	1	0,2	1710	189
07																	
O 08	6. Точить поверхность 16 начисто.															0,31	0,15
T 09	Резец 2103-0711 Т15К6 20872-80 Микрометр МК 50-0.25 ГОСТ 4380-93																
P 10											35	51.3	0.205	1	0,2	1710	189
11																	
O 12	7. Точить поверхность 15															0.22	0.76
T 13	Резец К.01.5001.000-04 Р6М5 ГОСТ 18874-73 Шаблон спец. R0.5xL3x/45°																
P 14											35	25.08	4	1	0.1	330	36.4
15																	
O 16	8. Точить поверхности 6,9,13.															0.50	1.56
T 17	Резец К.01.5001.000-04 Р6М5 ГОСТ 18874-73 Шаблон спец. R0.5xL3x/45°																
P 18											35	51.48	4	1	0.1	330	36.4
OK	Операционная карта механической обработки (последующие листы)																

Рисунок 9.11 – Пример заполненных бланков технологического процесса

																				01101.00000					16		9	
																									60141.00002			
Р												П		D или B		Lp.х.		f		i		S		п		v		
0 01		9. Точить поверхность 3																										
Т 02		Резец К.015001.000-04 Р6М5 ГОСТ 18874-73 ; шаблон спец. R0.5xL4												45°										0.19		0.77		
Р 03												35		25.41		4		1		0.1		330		36.4				
04																												
0 05		КР-РМ-100%; ОТК-10%; КМ-РМ-5%																										
Т 06																												
Р 07																												
08																												
0 09																												
Т 10																												
Р 11																												
12																												
0 13																												
Т 14																												
Р 15																												
16																												
17																												
18																												
OK		Операционная карта																										

Рисунок 9.12 – Пример заполненных бланков технологического процесса

										Форма 7		ГОСТ 3.1105-84	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
ИОТ №91										01101.000000		16	15
Студент.	Обсянников В.Е.			КГУ						2014.1000005			
Руков.	Осталчук А.К.												
Консульт.													
Н.конт.	Салахов Ф.Н.			Вал							ДП	035	
Заб. каф.	Давыдова М.В.												

$\sqrt{Ra\ 3,2}$

Рисунок 9.13 – Пример заполненных бланков технологического процесса

						01101.00000	16	16
Студент	Обьянников В.Е.					60103.00005		
Руковод.	Остапчук А.К.							
Консульт.								
Н.контр.	Салахов Ф.Н.			Вал		ДП		035
Зав. каф.	Давыдова М.В.							
Наименование операции				Наименование материала				МД
Контрольная				Сталь 35 ГОСТ 1050-88				7,23
Наименование оборудования			Тб	То	Обознач. ИОТ			
Контрольный стол			-	1.5	ИОТ №91			
Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО		Наименование средств ТО		Объем и ПК	То/Тб	
01	Проверить шероховатость			Образцы шероховатости 0,8 6,3		75	0.15	
02	1			Кольцо ПР М20х15-6g ГОСТ 17763-72; Кольцо НЕ М20х15-6g ГОСТ 17764-72;		75	0.2	
03	2			Скоба $\phi 24h6$ ГОСТ 18360-93		75	0.1	
04	3			Скоба $\phi 32h6$ ГОСТ 18360-93		75	0.1	
05	4			Скоба $\phi 35h6$ ГОСТ 18360-93		75	0.1	
06	5			Скоба $\phi 35k6$ ГОСТ 18360-93		75	0.1	
07	6			ШЦ-250-0.05 ГОСТ 166-88		75	0.1	
08	7			Скоба $\phi 35k6$ ГОСТ 18360-93		75	0.1	
09	8			Скоба $\phi 24js$ ГОСТ 18360-93		75	0.1	
10	9			Шз 160-0.1 ГОСТ 162-90		75	0.1	
11	10			Шц 250-0.05 ГОСТ 166-88		75	0.1	
12	11			Шз 160-0.1 ГОСТ 162-90		75	0.1	
13	Проверить биеение			Приспособление контрольное		75	0.15	
OK	Операционная карта технического контроля (первый лист)							

Рисунок 9.14 – Пример заполненных бланков технологического процесса

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Солопова Е. А. Технологическая подготовка производства : учеб. пособие / Е. А. Солопова, С. В. Курынцев. – Москва : Изд-во Техносфера, 2025. – 146 с.
- 2 Крайнев А. Ф. Идеология конструирования / А. Ф. Крайнев. – Москва : Машиностроение, 2003. – 384 с.
- 3 Крейтер С. В. Основы конструирования и агрегатирования: учеб. пособие / С. В. Крейтер, А. Р. Нестеров, В. В. Данилевский. – Москва : Издательство стандартов, 1983. – 224 с.
- 4 Кунву Ли. Основы САПР / Ли Кунву. – Санкт-Петербург : ПИТЕР, 2004. – 289 с.
- 5 Марголит Р. Б. Технология машиностроения : учебник для вузов / Р. Б. Марголит. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 413 с.
- 6 Рогов В. А. Технология машиностроения : учебник для среднего профессионального образования / В. А. Рогов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 351 с.
- 7 Справочник технолога-машиностроителя в 2 т. Т. 1 / под. ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – 656 с.
- 8 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2 / под. ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – 496 с.
- 9 Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для ВУЗов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Москва : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
- 10 CoroKey. Точение. Фрезерование. Сверление / ООО «Сандвик». 2008. – 208 с.
- 11 Высокогорец Я. В. САПР ТП «Вертикаль» : учеб. пособие для самостоятельной работы / Я. В. Высокогорец, С. Г. Чиненов. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 48 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ. СВИДЕТЕЛЬСТВА О РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТОК



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФЕДЕРАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ПЛОЩАДКА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ИМ. А.К. АЙЛАМАЗЯНА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование»
(основан в 1991 году)

**СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ
ЭЛЕКТРОННОГО РЕСУРСА
№25142**

**Информационно-поисковая система
«Технология машиностроения»**

Дата регистрации: 08 апреля 2023 года
Авторы: Гагарин А.Ю., Казаков С.И., Овсянников В.Е.



И.о. директора
Института _____ И.Н. Григорьевский

Руководитель ОФЭРНИО
почетный работник
науки и техники Российской
Федерации _____ А.И. Галкина



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 10804

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Определение оптимального коэффициента
закрепления операций**

зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

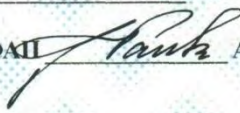
Дата регистрации: 03 июня 2008 года

Авторы: Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.,
Терещенко В.Ю.

Организация-разработчик: ГОУ ВПО «Курганский
государственный университет»



Директор  Е.Г. Калинкевич

Руководитель ОФАП  А.И. Галкина

Дата выдачи 01.07.2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 10791

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Мультимедийная лекция
«Обработка внутренних поверхностей»**

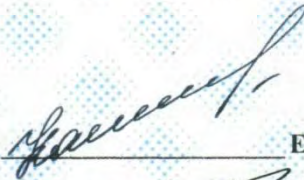
зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Дата регистрации: 03 июня 2008 года

Авторы: Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.,
Терещенко В.Ю.

Организация-разработчик: ГОУ ВПО «Курганский
государственный университет»



Директор  Е.Г. Калинкевич

Руководитель ОФАП  А.И. Галкина

Дата выдачи 01.07.2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 10789

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Мультимедийная лекция
«Обработка на многоцелевых станках»**

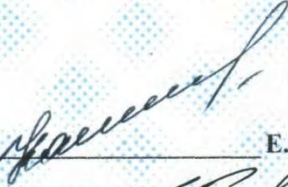
зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Дата регистрации: 03 июня 2008 года

Авторы: Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.,
Терещенко В.Ю.

Организация-разработчик: ГОУ ВПО «Курганский
государственный университет»



Директор  Е.Г. Калинкевич
Руководитель ОФАП  А.И. Галкина

Дата выдачи 01.07.2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 10790

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Мультимедийная лекция
«Обработка наружных поверхностей»**

зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Дата регистрации: 03 июня 2008 года

Авторы: Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.,
Терещенко В.Ю.

Организация-разработчик: ГОУ ВПО «Курганский
государственный университет»



Директор  Е.Г. Калинкевич

Руководитель ОФАП  А.И. Галкина

Дата выдачи 01.07.2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 10787

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Мультимедийная лекция
«Обработка сверлением»**

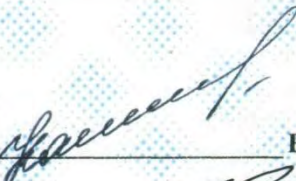
зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Дата регистрации: 03 июня 2008 года

Авторы: Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.,
Терещенко В.Ю.

Организация-разработчик: ГОУ ВПО «Курганский
государственный университет»



Директор  Е.Г. Калинкевич
Руководитель ОФАП  А.И. Галкина

Дата выдачи 01.07.2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 10788

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Мультимедийная лекция
«Обработка фрезерованием»**

зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Дата регистрации: 03 июня 2008 года

Авторы: Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.,
Терещенко В.Ю.

Организация-разработчик: ГОУ ВПО «Курганский
государственный университет»



Директор  Е.Г. Калинkevич

Руководитель ОФАП  А.И. Галкина

Дата выдачи 01.07.2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 11371

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Определение оптимального режима
резания при точении v.1.0**

зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Дата регистрации: 28 августа 2008 года

Авторы: Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.

Организация-разработчик: ГОУ ВПО «Курганский
государственный университет»



Директор _____ Е.Г. Калининевич
Руководитель ОФАП _____ А.И. Галкина

Дата выдачи 12.09.2008



ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ФОНД ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ "НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ"

**СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ
ЭЛЕКТРОННОГО РЕСУРСА**

№ 17863 

Настоящее свидетельство выдано на электронный ресурс, отвечающий
требованиям новизны и приоритетности:

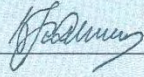
Оптимизация коэффициента закрепления операций

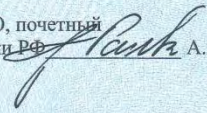
Дата регистрации: 01 февраля 2012 года

Авторы: Овсянников В.Е., Грицило В.М., Тукмачева С.С.

Организация-разработчик: ФГБОУ ВПО Курганский государственный
университет



Директор ИНИПИ РАО,
академик РАО, д.ю.н., проф.  В.Е. Усанов

Руководитель ОФЭРНиО, почетный
работник науки и техники РФ  А.И. Галкина

Дата выдачи 01.02.2012



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ФГНУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
ОТРАСЛЕВОЙ ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОТРАСЛЕВОЙ
РЕГИСТРАЦИИ РАЗРАБОТКИ**

№ 10664

Настоящее свидетельство выдано на разработку:

**Расчет режимов резания при токарной
обработке v.1.0**

зарегистрированную в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Дата регистрации: **16 мая 2008 года**

Авторы: **Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю.**

Организация-разработчик: **ГОУ ВПО Курганский
государственный университет**



Директор  **Е.Г. Калинин**
Руководитель ОФАП  **А.И. Галкина**

Дата выдачи **05.06.2008**

Учебное издание

Овсянников Виктор Евгеньевич
Кузнецова Елена Михайловна
Остапчук Александр Константинович
Рогов Евгений Юрьевич

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Редактор В. А. Лисина

Подписано в печать 25.08.26
Печать цифровая
Заказ 36

Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 5,62
Тираж 100

Бумага 80 г/м²
Уч.-изд. л. 5,62

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.