

На правах рукописи

Умнов Павел Иванович

МЕТОД ОЦЕНКИ ТРУДОЁМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ КОНВЕРСИИ

Специальность 2.5.22 - Управление качеством продукции.
Стандартизация. Организация производства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the author's name.

Москва – 2023

Работа выполнена в Автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования «Научно – образовательный центр ВКО «Алмаз – Антей» им. академика В.П. Ефремова»

Научный руководитель: **Долгов Виталий Анатольевич**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Киселев Эдуард Валентинович**
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный
технический университет им. П.А. Соловьева»,
заведующий кафедрой организации производства и
управления качеством

Александрова Светлана Викторовна
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)», доцент кафедры 1105

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное учреждение
науки «Институт конструкторско-технологической
информатики Российской академии наук»

Защита состоится _____ 2023 г. в ____ часов на заседании диссертационного
совета 24.2.331.18 при ФГБОУ ВО «Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана) по адресу: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 7,
ауд. 414мт.

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим
выслать по адресу: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана и
на сайте www.bmstu.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Е.С. Постникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) обладают высоким производственным потенциалом, который можно задействовать для импортозамещения высокотехнологичной продукции гражданского назначения на рынке, который характеризуется позаказным многономенклатурным производством.

При этом важно отметить, что привлекаемые заказы на изготовление новой номенклатуры продукции должны в основном выполняться имеющимися производственными мощностями и не требовать проведения длительной и дорогостоящей технологической подготовки производства.

Предприятия ОПК ориентированы на изготовление узкоспециализированной продукции постоянной номенклатуры в течении длительного периода времени. Изменение номенклатуры изделий, как правило, осуществляется в рамках освоения производства новых модификаций изделий традиционной номенклатуры.

Длительность оценки трудоемкости изготовления номенклатуры машиностроительных деталей гражданского назначения порядка 100 позиций на предприятиях ОПК в позаказном производстве в среднем превышает 3-4 месяца.

Эффективная работа на рынке гражданской продукции требует применения предприятиями ОПК инструментов, обеспечивающих оперативную оценку стоимости изготовления изделий новой номенклатуры для участия в конкурсных процедурах, а также оперативную технологическую подготовку производства.

Отсутствие на предприятиях ОПК эффективных инструментов анализа привлекательности заказа с точки зрения загрузки имеющихся производственных мощностей, включая оценку стоимости технологической подготовки производства и изготовления изделий новой номенклатуры, является барьером для выхода на рынок высокотехнологичной гражданской продукции.

Диссертационная работа посвящена разработке метода оценки временных затрат изготовления изделий гражданской продукции на предприятиях ОПК на этапе определения их технико-экономических показателей.

Степень разработанности проблемы

Вопросам расчета временных затрат и исследованию временных связей изготовления изделий посвящены работы отечественных ученых: Б.С. Балакшина, Б.М. Базрова, Ю.В. Барановского, Н.Ю. Генкина, А.М. Дальского, В.А. Долгова, И.М. Колесова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, С.П. Митрофанова, Омельченко И.Н., А.А. Панова, А.П. Соколовского, А.Г. Сулова, Е.И. Стружестраха, А.В. Цыркова, Г.А. Шаумяна и др.

Методы расчета временных затрат широко применяются в отечественных системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), например, T-Flex Технология, Вертикаль, СПРУТ и др., а также в зарубежных системах организации технологической подготовки производства класса CAPP: TeamCenter, DELMIA и др.

Несмотря на достаточно серьезную проработку методов расчета временных затрат, в настоящее время отсутствует метод расчета трудоемкости изготовления деталей на этапе определения технико-экономических показателей (ТЭП) их изготовления.

Цель работы заключается в разработке метода оценки трудоемкости изготовления машиностроительных деталей на этапе определения технико-экономических показателей, обеспечивающего сокращение времени подготовки производства заказов гражданского назначения на предприятиях ОПК.

Для достижения заданной цели в работе необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ существующих методов расчета станкоёмкости и трудоемкости изготовления изделий с целью выявления возможности их применения для определения ТЭП заказов на предприятиях ОПК.
2. Разработать метод геометрической дифференциации машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой, на унифицированные конструкторско-технологические элементы с учетом особенностей станочных циклов.
3. Построить информационную модель машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой, на основе разработанного метода геометрической дифференциации деталей, описанных унифицированными

конструкторско-технологическими элементами, параметры которых идентичны станочным циклам.

4. Исследовать математические зависимости определения станкоемкости изготовления унифицированных конструкторско-технологических элементов.

5. Разработать программный комплекс для автоматизированного расчета станкоёмкости и трудоемкости на основе установленных связей информационной модели машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой, и выявленных математических зависимостей.

6. Определить ТЭП заказа с использованием разработанного программного комплекса, основанного на автоматизированном алгоритме расчета станкоёмкости и трудоемкости и учитывающего организационное и информационное взаимодействие структурных подразделений предприятия.

Предметом исследования являются процессы организации подготовки производства изделий гражданского назначения на машиностроительных предприятиях ОПК.

Объектом исследования являются модели и методы расчета станкоемкости и трудоемкости изготовления машиностроительных деталей.

Научную новизну работы представляют:

1. Впервые разработанный метод геометрической дифференциации деталей на унифицированные конструкторско-технологические элементы с учетом особенностей станочных циклов.

2. Впервые разработанная информационная модель детали, основанная на использовании унифицированных конструкторско-технологических элементов и предназначенная для расчета станкоёмкости и трудоемкости изготовления деталей на этапе определения ТЭП их изготовления.

3. Вновь разработанные математические зависимости станкоемкости изготовления деталей от параметров унифицированных конструкторско-технологических элементов.

4. Разработанная модель автоматизации расчёта ТЭП заказа в нотации BPMN, отличающаяся от существующих сокращением количества организационных и информационных связей между структурными подразделениями путем концентрации основных функций в структуре отдела главного технолога.

Теоретическая значимость заключается в развитии методов организации расчета трудоемкости изготовления деталей на этапе определения ТЭП их изготовления.

Практическая ценность результатов работы состоит в алгоритме автоматизированного расчета станкоёмкости и трудоемкости, учитывающим установленные связи информационной модели машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой, и выявленные математические зависимости их станкоёмкости от параметров унифицированных конструкторско-технологических элементов. Для практической реализации алгоритма разработан программный комплекс для расчета трудоемкости технологических операций обработки деталей резанием на этапе определения ТЭП их изготовления.

Методы исследования

Теоретические исследования в диссертации базируются на основных положениях теории организации машиностроительного производства, математического моделирования технологических процессов с использованием систем автоматизированного проектирования, логического и сравнительного анализа, бережливого производства.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Метод геометрической дифференциации деталей на унифицированные конструкторско-технологические элементы с учетом особенностей станочных циклов.
2. Информационная модель машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой, основанная на использовании унифицированных конструкторско-технологических элементов и предназначенная для определения станкоёмкости и трудоемкости изготовления деталей на этапе определения ТЭП их изготовления.
3. Математические зависимости определения станкоёмкости изготовления унифицированных конструкторско-технологических элементов деталей.
4. Модель автоматизации ТЭП заказа в нотации BPMN, отличающаяся от существующих сокращением количества организационных и информационных связей между структурными подразделениями путем концентрации основных функций в структуре отдела главного технолога.

Теоретическую и методологическую основу исследования составляют научные труды зарубежных и отечественных ученых в области организации производства, нормирования труда, научные разработки в области автоматизации процесса технологической подготовки производства.

Информационно-эмпирическая база

В работе использовались материалы научной периодической печати и интернет-ресурсов, доклады отечественных и зарубежных ученых на семинарах и конференциях, связанных с темой исследования.

Соответствие паспорту научной специальности 2.5.22:

- п. 20. Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов;
- п. 25. Разработка моделей описания, методов и алгоритмов решения задач проектирования производственных систем, организации производства и принятия управленческих решений в цифровой экономике.

Публикации результатов работы

По теме диссертации опубликовано 10 научных работ. Из них 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России. По результатам исследования получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Портативный диалоговый программный комплекс для предварительного расчета машинного времени, станкоемкости и стоимости изготовления деталей на металлообрабатывающем оборудовании с ЧПУ».

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, общих выводов и заключения, списка литературы из 96 наименований, приложения. Работа изложена на 136 страницах машинописного текста, содержит 43 рисунка, 23 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертации, определены направления и объект исследования, сформулированы цели и задачи исследования, а также основные положения, составляющие научную новизну и практическую значимость работы.

В Главе 1 проведен анализ процессов и методов оценки временных затрат на изготовление изделий машиностроения на предприятиях ОПК. Анализ существующих методов расчета трудовых затрат изготовления деталей гражданской продукции на предприятиях ОПК на этапе подготовки конкурсной документации проводился по следующим критериям: точность оценки, трудоемкость оценки, а также применимость для оценки трудоемкости изготовления деталей новой номенклатуры. При анализе рассматривались аналитические, опытно-статистические и опытные (экспертные) методы с учетом особенностей их применения при проектировании единичных, типовых/групповых, а также модульных технологических процессов.

Результаты проведенного анализа показали, что существующие методы трудового нормирования изготовления деталей, которые могут применяться для оценки новой номенклатуры, характеризуются высокой трудоемкостью, что является значительным барьером для их применения на этапе проработки ТЭП заказа при подготовке конкурсной документации.

Таким образом, задача разработки метода оценки трудоемкости изготовления деталей гражданской продукции на предприятиях ОПК на этапе подготовки конкурсной документации является актуальной и ее решение позволит повысить эффективность производства высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения.

В Главе 2 разработаны методы геометрической дифференциации деталей на унифицированные конструкторско-технологические элементы (КТЭ) с учетом особенностей станочных циклов, информационная модель машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой, основанная на использовании конструкторско-технологических элементов для расчета станкоёмкости и трудоемкости их изготовления, а также математические зависимости определения станкоёмкости изготовления конструкторско-технологических элементов. В Таблице 1 представлена индексация КТЭ для их идентификации с целью использования элементов в Программном комплексе.

Индексация КТЭ проведена по следующим принципам: каждому КТЭ присваивается индекс, состоящий из 3 параметров. Первый параметр отражает

порядковый номер КТЭ, второй – чистоту обработки, третий – стратегию обработки, в зависимости от вида операции.

Таблица 1.

Индексация КТЭ

№ пп	Вид операции	Вариативность обработки	Индекс
1	Фрезерование прямоугольного кармана	черновая	1_0_0
		чистовая	1_1_0
2	Фрезерование круглого кармана	черновая	2_0_0
		чистовая	2_1_0
3	Фрезерование продольного паза	черновая	3_0_0
		чистовая	3_1_0
4	Фрезерование кольцевого паза	черновая	4_0_0
		чистовая	4_1_0
5	Фрезерование прямоугольного выступа	черновая	5_0_0
		чистовая	5_1_0
6	Фрезерование круглого выступа	черновая	6_0_0
		чистовая	6_1_0
7	Фрезерование многоугольного выступа	черновая	7_0_0
		чистовая	7_1_0
8	Фрезерование резьбы	черновая	8_0_0
		чистовая	8_1_0
9	Сверление отверстия	с отводом	9_0_0
		с выводом	9_0_1
10	Нарезание резьбы метчиком	однопроходное	10_0_0
		многопроходное	10_0_1
11	Точение ступени	черновая продольная	11_0_0
		черновая поперечная	11_0_1
		чистовая	11_1_0
12	Точение канавки	черновая	12_0_0
		чистовая	12_1_0
13	Точение выточки	черновая	13_0_0
		чистовая	13_1_0
14	Точение резьбы	черновая	14_0_0
		чистовая	14_1_0

Для реализации процесса расчета выявленных конструкторско-технологических элементов разработаны параметрические модели элементов. Параметры, входящие в состав моделей, формально, можно представить как технологические (соответствуют методике обработки и техническим требованиям) и геометрические (соответствуют форме и размерам). По выявленным параметрам разработан математический аппарат, представленный алгоритмами и формулами расчета времени обработки каждого КТЭ. В качестве примера в Таблице 2 приведена схема обработки КТЭ «Фрезерование прямоугольного кармана» и его параметры.

Таблица 2.

Параметры КТЭ «Фрезерование прямоугольного кармана»

Схема обработки	Параметр	Обозначение	Размерность
	Длина кармана	L	мм
	Ширина кармана	W	мм
	Глубина кармана	FP	мм
	Величина врезания в плоскости	d	мм
	Величина врезания на глубину	dFP	мм
	Рабочая подача	F	мм/мин
	Скорость резания	V	об/мин
	Диаметр инструмента	D	мм

Расчет машинного времени t выполняется по следующей формуле:

$$t = \frac{2}{F} \cdot \left(\frac{L-D+d \cdot \left(\frac{L-D}{W-D} \right)}{2} + \frac{W-D+d}{2} \right) \cdot \left(\frac{L-D}{2d} \right) \cdot \left(\frac{FP}{dFP} \right) + \frac{FP}{F}, \text{ мин} \quad (1)$$

Расчет станкочасности операций обработки резанием $T_{шт}(OP)$ проводится с использованием коэффициента $k_{шт}$, учитывающего вспомогательное время, время организационного и технического обслуживания и время перерывов по следующей формуле:

$$T_{шт}(OP) = k_{шт}(OP) \cdot t, \text{ мин/шт} \quad (2)$$

Значение $k_{шт}(OP)$ определяется в соответствии с нормативно-справочной информацией, используемой на предприятии. Информационная модель детали состоит из набора КТЭ и совокупности стратегий их обработки (Рисунок 1).

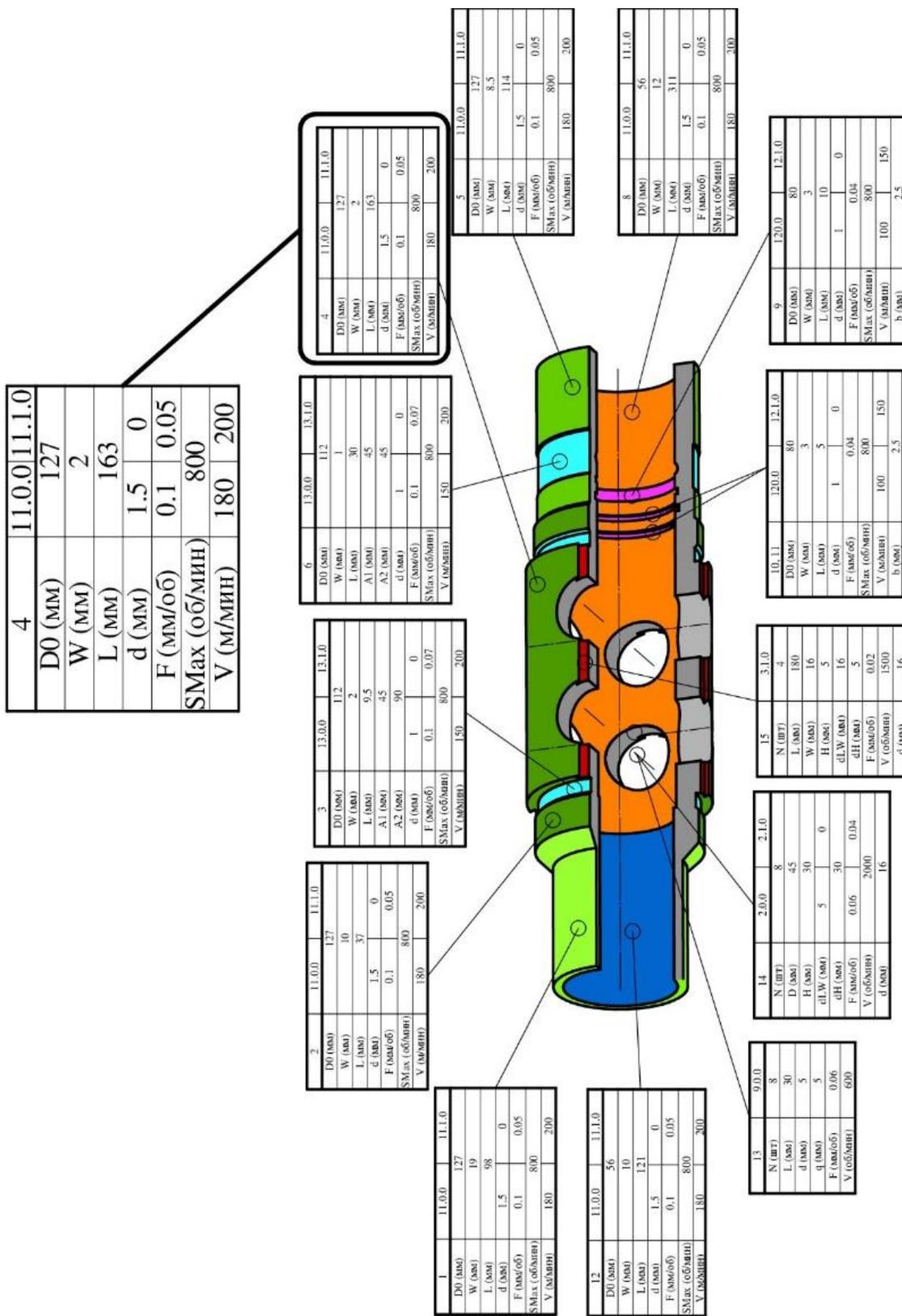


Рисунок 1. Графическое представление информационной модели детали типа «Корпус»

В Главе 3 разработан процесс оценки трудоемкости и станкоемкости изготовления деталей гражданской продукции на предприятиях ОПК и программный комплекс для автоматизации его выполнения.

Базовыми параметрами для определения ТЭП заказов для предприятий ОПК являются станкоёмкость и трудоемкость механических видов обработки. В данной научной работе расчет станкоёмкости обработки резанием осуществляется аналитическим методом, то есть рассматриваются такие элементы технологических операций как переходы, рабочие ходы и др. Для осуществления расчетов станкоёмкости обработки резанием необходимо поэтапно сформировать исходные данные, которые непосредственно описывают требования и условия обработки заказа.

Формат описания процесса подготовки к выполнению расчета стоимости выполнения заказа комбинированным методом можно представить в виде модели прямого фильтра поэтапных действий. На каждом этапе принимается управленческое решение о целесообразности каждого следующего этапа. Конечным этапом является расчет станкоёмкости отдельно взятого технологического перехода – КТЭ.

Формирование процесса детализированного расчета стоимости изготовления можно представить через модель обратного фильтра (Рисунок 2).

Длительность процесса оценки трудоемкости изготовления деталей во многом определяется моделями организационного взаимодействия структурных подразделений предприятия: отдел главного технолога (ОГТ), отдел главного металлурга (ОГМет), отдел труда и заработной платы (ОТиЗ) и др.

Существующие модели взаимодействия структурных подразделений при определении трудоемкости изготовления деталей основаны на типовых процессах, используемых при разработке и постановке продукции на производство [ГОСТ Р 15.301–2016]. Такие процессы характеризуются значительной длительностью и являются избыточными для оценки временных затрат изготовления деталей гражданской продукции на предприятиях ОПК на этапе подготовки конкурсной документации. Пример модели такого процесса в нотации BPMN приведен на Рисунке 3,а. Для сокращения длительности процесса расчета трудоемкости разработана модель, реализующая разработанный метод геометрической дифференциации деталей на конструкторско-технологические элементы с учетом особенностей станочных циклов и основанная на концентрации выполнения функций в рамках одного структурного подразделения, выполняющего оценку трудоемкости (Рисунок 3,б).

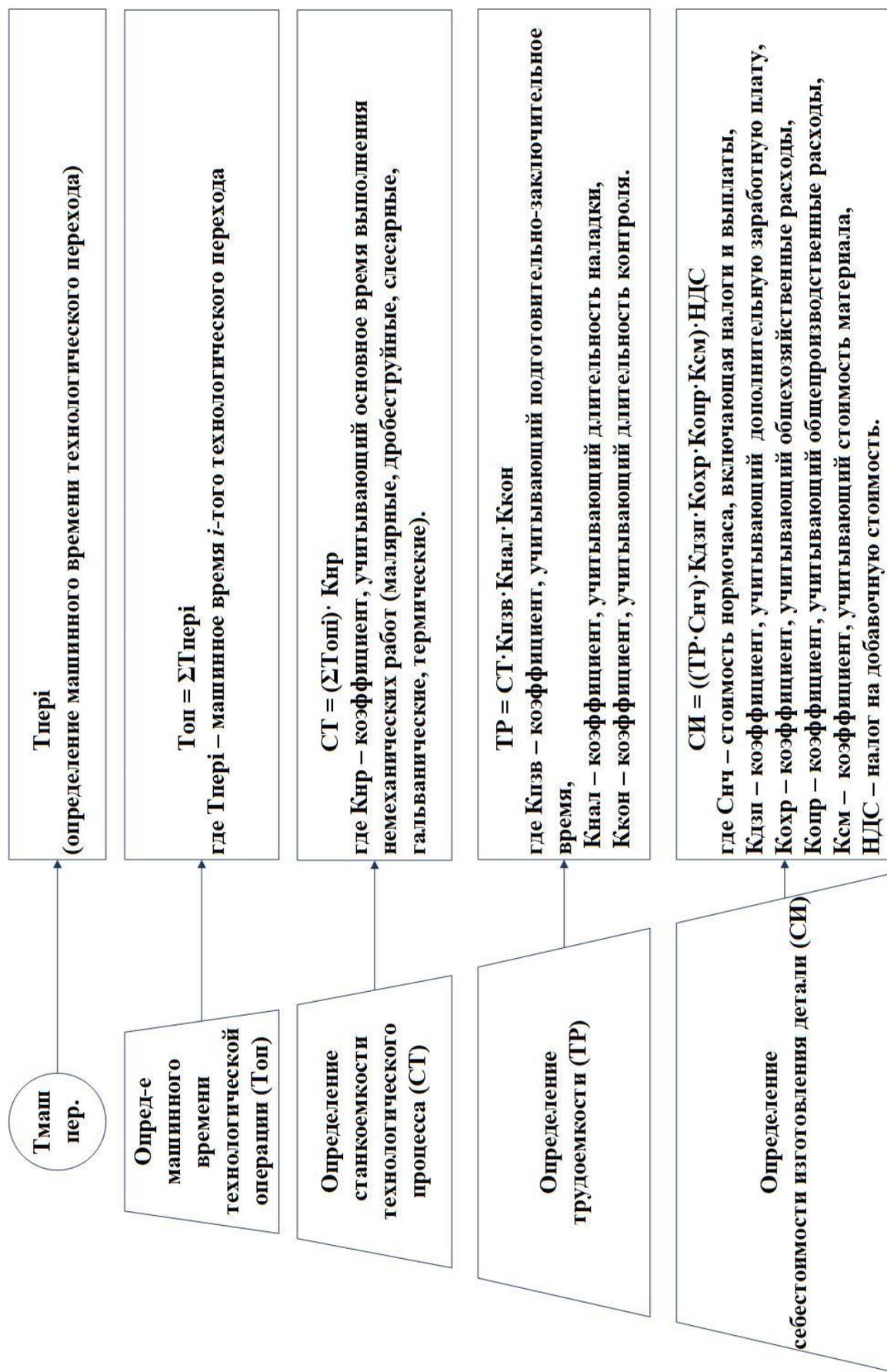


Рисунок 2. Этапы расчета стоимости изготовления

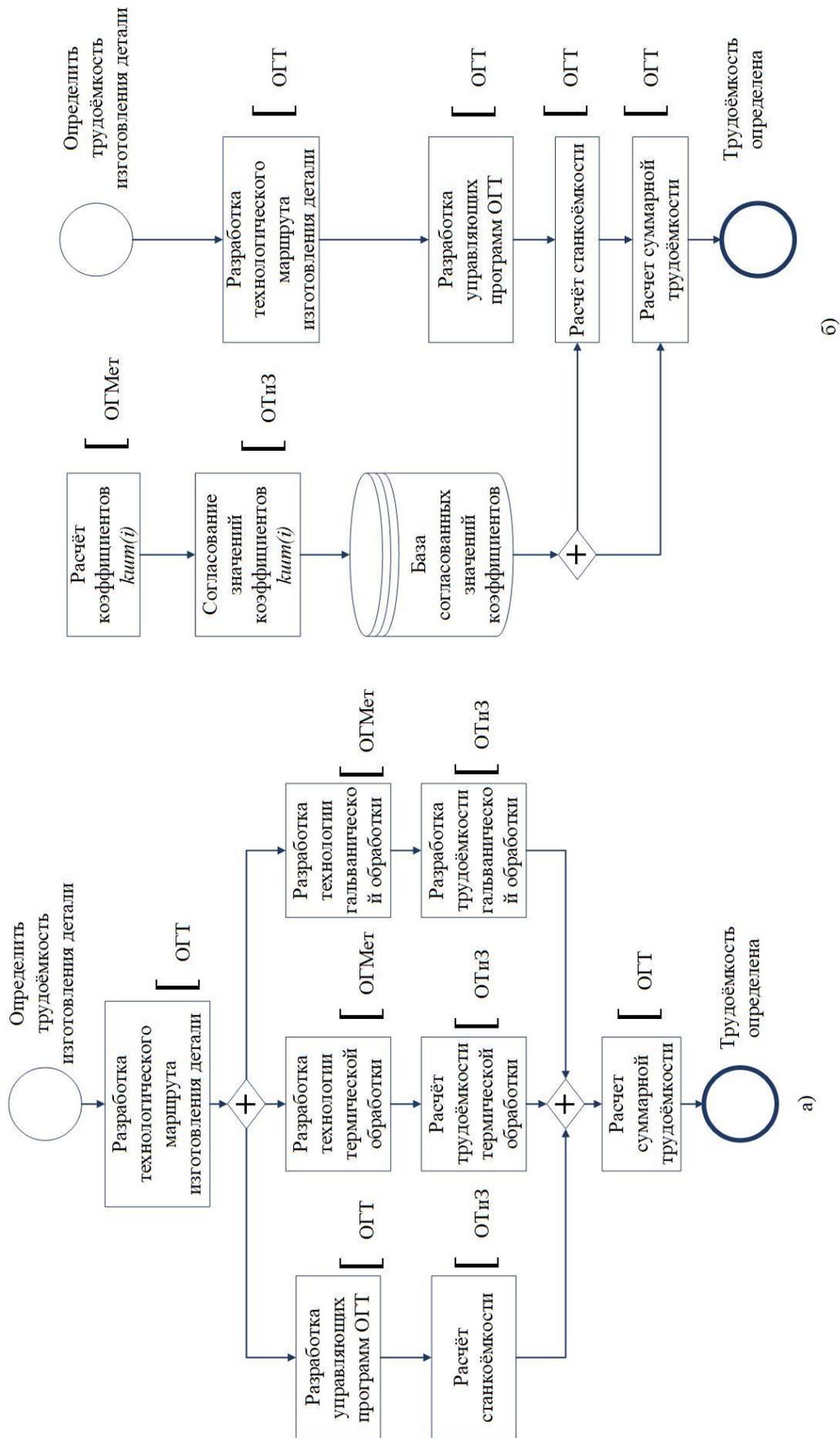


Рисунок 3. Модели процесса расчета трудоемкости в нотации BPMN:

а) существующая, б) предложенная

Предложенный процесс расчета трудоемкости изготовления деталей, в отличие от существующих, основывается на выполнении основных функций одним подразделением. При этом остальные подразделения обеспечивают информационное сопровождение этого процесса, состоящее в разработке и согласовании нормативных значений коэффициентов $k_{шт}(i)$.

Описанный бизнес-процесс обеспечит определение ТЭП изготовления заказов в сроки и с затратами, удовлетворительными в среде жесткой конкуренции рынка гражданской продукции. На базе, описанной в данной научной работе методики расчета ТЭП, разработан Программный комплекс «Портативный диалоговый программный комплекс для предварительного расчета машинного времени, станкоёмкости и стоимости изготовления деталей на металлообрабатывающем оборудовании с ЧПУ» (ПК), состоящий из двух основных программных блоков: СУБД (Банк данных и Система Управления Данными); и клиентское приложение.

Блок СУБД предназначен для накопления, хранения и редактирования информации, обеспечивающей оперативность и удобство расчета станкоёмкости механической обработки. При использовании ПК для получения оценочного значения себестоимости изготовления заказов весь объем информации, необходимый для расчета указанного значения, можно разделить на три части:

- справочные данные, значения которых выбираются из Банка Данных ПК;
- исходные данные, значения которых определяются вне программного комплекса и вводятся в ПК вручную;
- данные, автоматически рассчитываемые с помощью ПК.

Описанный бизнес-процесс обеспечит определение ТЭП изготовления заказов в сроки и с затратами, удовлетворительными в среде жесткой конкуренции рынка гражданской продукции.

С целью оценки эффективности разработанного метода и разработанного на его основе ПК проведены расчеты оцениваемых показателей эффективности процесса определения машинного времени изготовления детали «Корпус» (рис. 1). Эффективность процесса оценивалась по относительной точности расчета и относительной трудоемкости расчета машинного времени. В качестве базы для

определения относительных показателей принята точность, получаемая при разработке управляющей программы в САМ-системе и обеспечивающая наибольшую точность. Полученные результаты приведены в Таблице 3.

Таблица 3.

Трудоемкость и точность расчета машинного времени операции фрезерной обработки

Специалист	Трудоемкость вычисления, ч.	Точность расчета, %
Программист ЧПУ (САМ-система)	6	100
Высококвалифицированный технолог (САПР ТП)	6	72,4
Высококвалифицированный технолог (ПК)	3	96,1

Анализ трудоемкости расчета машинного времени при изготовлении детали «Корпус» показал, что точность расчета с использованием ПК сопоставима с точностью при использовании САМ-системы, при этом трудоемкость в два раза ниже.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ существующих методов расчета станкочемкости и трудоемкости изготовления изделий машиностроения на предприятиях ОПК показал, что их применение для расчета временных затрат изготовления деталей на этапе определения ТЭП заказа не позволяют оценивать стоимость ТПП и изготовления гражданской продукции в требуемые рынком сроки.
2. Подтверждено исследованиями, что унифицированные конструкторско-технологические элементы, учитывающие особенности станочных циклов при геометрической дифференциации деталей позволяют сократить время построения информационной модели машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой.
3. Построенная информационная модель машиностроительных деталей, изготавливаемых токарной и фрезерной обработкой, описанная конструкторско-технологическими элементами, параметры которых идентичны станочным циклам, позволяет формализовать и автоматизировать алгоритм расчета станкочемкости.

4. Выявленные математические зависимости определения станкоемкости конструкторско-технологических элементов позволяют автоматизировать расчет станкоёмкости.
5. Разработанная модель процесса автоматизированного определения ТЭП заказа в нотации BPMN позволяет сократить количество организационных и информационных связей между структурными подразделениями путем концентрации основных функций в структуре отдела главного технолога.
6. Использование разработанного программного комплекса при определении ТЭП заказа на предприятиях ОПК позволило сократить время расчета, стоимости и сроков изготовления детали на 50% по сравнению с использованием САМ-систем при погрешности расчета, не превышающей 5%.
7. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при совершенствовании системы определения ТЭП выполнения заказов на изготовление высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения на предприятиях ОПК, позволяющей повысить эффективность работы предприятий ОПК на рынке гражданской продукции, а также управлять привлечением заказов для загрузки технологического оборудования.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Научные статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России по специальности 2.5.22

1. Умнов П.И. Методика оценки заказов гражданского рынка машиностроительной продукции на предприятиях ОПК для обеспечения дозагрузки свободных производственных мощностей // Автоматизация. Современные технологии. 2022. Т.76, №5. С200-205. (0,5 п.л.)
2. Оценка станкоемкости изготовления изделий гражданской продукции на машиностроительных предприятиях ОПК / П.И. Умнов [и др.] // Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т.75, №7. С.291-295. (0,15 п.л./0,45 п.л.)
3. Предиктивный анализ состояния технологического оборудования / П.И. Умнов [и др.] // Наука и бизнес: Пути развития. 2021. №6. С.48-52. (0,15 п.л. /0,5 п.л.)

Публикации по теме в других изданиях

4. Умнов П.И. Разработка методики определения станкоёмкости и трудоёмкости технологических операций изготовления деталей гражданской продукции на этапе технико-экономических показателей их изготовления // Инновационная наука. 2022. № 11-2. С. 63-65. (0,2 п.л.)
5. Умнов П.И. Автоматизация функций определения технико-экономических показателей изготовления заказов // Инновационная наука. 2022. № 12-1. С. 66-69. (0,2 п.л.)
6. Models for managing production systems of machine-building enterprises based on the development and using of their digital twins / P.I. Umnov [etal] // EPJ Web of Conferences. V international Conference. 2021. P.1-5. (0,15 п.л./0,6 п.л.)
7. Evaluation of machining content and labor intensity of manufacturing products of new nomenclature when determining the cost of fulfilling an order at highly specialized machine building enterprises / P.I. Umnov [etal] // MATEC Web of Conferences. 2020. Vol.329, №03076. P.1-8. (0,1 п.л./0,45 п.л.)
8. Умнов П.И. Предварительный расчет машинного времени механической обработки на металлообрабатывающих станках с ЧПУ // Теория и практика современной науки: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2020. С.18-22 (0,3 п.л.)
9. Умнов П.И. Разработка методики расчета времени обработки на токарных станках с ЧПУ. Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XV Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2020. С.38-41. (0,2 п.л.)
10. Портативный диалоговый программный комплекс для предварительного расчета машинного времени, станкоёмкости и стоимости изготовления деталей на металлообрабатывающем оборудовании с ЧПУ / П.И. Умнов [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021619015 Российская Федерация. №2021619015. заявл. 27.05.2021. опубл. 03.06.2021.