

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК НА ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ КОНКУРСНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

П.И. Умнов<sup>1</sup>

p-umnov@mail.ru

В.А. Долгов<sup>2</sup>

v-dolgov@yandex.ru

<sup>1</sup> ПАО «ДНПП», г. Долгопрудный, Московская обл., Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация

---

### Аннотация

Приведены результаты анализа применения существующих методов трудового нормирования изготовления деталей машиностроения новой номенклатуры на предприятиях ОПК. Показана недостаточная эффективность методов трудового нормирования, обусловленная значительной трудоемкостью и длительностью. Рассмотрены аналитический, опытно-статистический и статистический методы для оценки трудоемкости применительно к следующим типам технологических процессов: единичному, типовому/групповому и модульному. На этапе определения технико-экономических показателей изготовления изделий гражданской продукции для сокращения сроков оценки временных затрат на предприятиях ОПК предложен метод расчета трудоемкости изготовления деталей новой номенклатуры, основанный на геометрической дифференциации конструкторско-технологических элементов деталей с учетом особенностей станочных циклов. Построена информационная модель детали, состоящая из унифицированных конструкторско-технологических элементов, параметры которых идентичны станочным циклам токарной и фрезерной обработки. Сформирован перечень конструктивно-технологических элементов деталей, получаемых токарной и фрезерной обработкой. Разработаны математические зависимости расчета станкостоемкости изготовления каждого унифицированного конструкторско-технологического элемента. В качестве примера построена информационная модель детали типа корпус. Разработана

### Ключевые слова

*Оценка станкостоемкости, токарная обработка, фрезерная обработка, организация производства*

модель в нотации BPMN (Business Process Modeling Notation) процесса расчета трудоемкости, основанная на концентрации выполнения функций в рамках одного структурного подразделения, оценивающего трудоемкость, и позволяющая сократить длительность трудового нормирования, при этом остальные подразделения обеспечивают информационное сопровождение этого процесса

Поступила 27.10.2023

Принята 25.04.2024

© Автор(ы), 2024

---

*Исследование проведено за счет гранта РНФ (№ 22-79-10254).*

*Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Государственный инжиниринговый центр» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» при поддержке Минобрнауки России (проект № 075-15-2021-695 от 26.07.2021, уникальный идентификатор проекта RF-2296.61321X0013)*

**Введение.** В настоящее время в условиях санкций остро встает проблема изготовления высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения. Машиностроительные предприятия гражданского сектора зачастую не имеют необходимых технических возможностей, которыми обладают предприятия ОПК.

В связи с этим предприятия ОПК можно рассматривать с точки зрения производственного потенциала для изготовления высокотехнологичных изделий гражданской продукции. Организация процессов технологической подготовки производства на предприятиях ОПК ориентирована на изготовление узкоспециализированной продукции постоянной номенклатуры в течение длительного периода времени [1–3].

Процессы оценки стоимости изготовления изделий новой номенклатуры для участия в конкурсных процедурах на предприятиях ОПК требуют значительных временных и финансовых затрат. Отсутствие на предприятиях ОПК эффективных инструментов оценки станкоемкости обработки изделий является барьером для выхода на рынок гражданской продукции [2–5].

Разработка организационно-технологических решений для сокращения временных и стоимостных затрат на изготовление изделий гражданской продукции на предприятиях ОПК позволит им эффективно работать на рынке высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения [4, 6–9].

**Анализ применения методов оценки станко- и трудоемкости изготовления изделий машиностроения на предприятиях ОПК.** Вопросам трудового нормирования посвящено много работ отечественных и зару-

бежных авторов. Большое распространение получили аналитические, опытно-статистические и опытные (экспертные) методы оценки. Эти методы широко применяются при разработке единичных, типовых, групповых, а также модульных технологических процессов [6, 10–18].

Методы оценки станко- и трудоемкости изготовления деталей гражданской продукции на предприятиях ОПК на этапе подготовки конкурсной документации должны позволять определять нормы изготовления деталей новой номенклатуры и при этом иметь невысокую трудоемкость [5, 19–22]. Анализ существующих методов расчета трудовых затрат проводился по следующим критериям: точность оценки, трудоемкость оценки, применимость для оценки трудоемкости изготовления деталей новой номенклатуры.

Рассмотрим особенности методов расчета трудовых затрат изготовления деталей для трех технологических процессов.

#### *1. Единичный технологический процесс.*

1.1. Аналитический метод. Расчет норм проводится по формулам, справочникам и с помощью САМ-систем или стоек с ЧПУ непосредственно на оборудовании. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей новой номенклатуры.

1.2. Опытно-статистический метод. Расчет норм проводится на основе сопоставления со статистически определенными значениями трудоемкости изготовления изделия аналога. Конструктивные отличия нормируемой детали учитываются введением коэффициента приведения. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей, для которых имеются статистические данные.

1.3. Опытный метод. Расчет норм проводится на основе экспертных оценок. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей новой номенклатуры.

#### *2. Типовой / групповой технологический процесс.*

2.1. Аналитический метод. Расчет норм изготовления детали-представителя/комплексной детали проводится по формулам, справочникам и с использованием САМ-систем или стоек с ЧПУ непосредственно на оборудовании. Нормирование деталей осуществляется с применением коэффициентов приведения, учитывающих отличия в конструкторско-технологических решениях изготовления нормируемой детали и соответствующей ей детали-представителя/комплексной детали, пронормированной ранее. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей, для которых определены типы и группы.

2.2. *Опытно-статистический метод.* Расчет норм изготовления детали-представителя/комплексной детали проводится на основе статистически определенных норм. Нормирование деталей осуществляется с использованием коэффициентов приведения, учитывающих отличия конструкторско-технологических решений изготовления нормируемой детали от соответствующей ей детали-представителя/комплексной детали, пронормированной ранее. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей, для которых определены типы и группы.

2.3. *Опытный метод.* Расчет норм изготовления детали-представителя/комплексной детали проводится на основе экспертных оценок. Нормирование деталей осуществляется с использованием коэффициентов приведения, учитывающих отличия конструкторско-технологических решений изготовления нормируемой детали от соответствующей ей детали-представителя/комплексной детали, пронормированной ранее. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей, для которых определены типы и группы.

### *3. Модульный технологический процесс.*

3.1. *Аналитический метод.* Расчет норм проводится для изготовления каждого модуля поверхностей детали по формулам, справочникам и с использованием САМ-систем или стоек с ЧПУ непосредственно на оборудовании. Требуется база модулей поверхностей. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей, для которых определены модули поверхностей.

3.2. *Опытно-статистический метод.* Расчет норм проводится для изготовления каждого модуля поверхностей детали на основе статистически определенных норм. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей, для которых определены модули поверхностей.

3.3. *Опытный метод.* Расчет норм изготовления каждого модуля поверхностей детали проводится на основе экспертных оценок. Метод предназначен для оценки трудоемкости изготовления деталей, для которых определены модули поверхностей.

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 технико-экономических показателей заказа при подготовке конкурсной документации. Методы, характеризующиеся невысокой трудоемкостью, предназначены для нормирования типовой номенклатуры

изделий и не могут эффективно применяться для решения поставленной задачи.

Следовательно, 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.

**Оценка временных затрат изготовления заданной номенклатуры деталей на этапе подготовки конкурсной документации.** В настоящей работе рассматриваются детали, преимущественно изготавливаемые токарной и фрезерной трехосевой обработкой. Такие детали составляют значительную долю механообрабатываемых машиностроительных деталей и требуют применения дорогостоящего технологического оборудования.

Оценка трудоемкости изготовления деталей основана на точном расчете станкочасов их обработки на токарных и фрезерных станках и укрупненном расчете обработки другими методами (например, слесарная и термическая обработки, нанесение гальванических и лакокрасочных покрытий, контроль и пр.). Таким образом, оценка временных затрат состоит из двух этапов: 1) расчет станкочасов; 2) расчет трудоемкости.

**Метод расчета станкочасов изготовления деталей, основанный на геометрической дифференциации деталей на конструкторско-технологические элементы с учетом особенностей станочных циклов.** Для достижения целей настоящей работы предложен метод геометрической дифференциации деталей на параметризованные типовые конструкторско-технологические элементы (КТЭ), соответствующие типовым станочным циклам их обработки.

Проведенный анализ кинематики формообразования основных конструктивных элементов деталей, преимущественно изготавливаемых токарной и фрезерной трехосевой обработкой, позволил выявить совокупность типовых КТЭ (табл. 1).

Для каждого КТЭ определен набор параметров, включающий в себя геометрические характеристики элемента, технологические режимы обработки и размеры инструмента. Технологические режимы обработки резанием и размеры инструмента определяются с учетом марки обрабатываемого материала. Разработаны формулы расчета машинного (основного) времени.

В качестве примера в табл. 2 приведены схема обработки КТЭ «Прямоугольный карман» и его параметры.

**Типовые КТЭ деталей, преимущественно изготавливаемых токарной и фрезерной трехосевой обработкой**

№ п/п	Наименование КТЭ	Модель КТЭ	Характеристика кинематики формообразования
1	Прямоугольный карман		Обработка — осевым инструментом. Главное движение — вращение инструмента. Вспомогательное движение — осевое и радиальное перемещения инструмента
2	Круглый карман		
3	Продольный паз		
4	Кольцевой паз		
5	Прямоугольный выступ		
6	Круглый выступ		
7	Многоугольный выступ		
8	Резьба		Обработка — резьбовой фрезой. Главное движение — вращение инструмента. Вспомогательное движение — осевое и радиальное перемещения инструмента
9	Отверстие		Обработка — осевым инструментом (сверлом, разверткой, зенкером, цековкой, зенковкой, комбинированным инструментом). Главное движение — вращение инструмента. Вспомогательное движение — осевое перемещение инструмента

№ п/п	Наименование КТЭ	Модель КТЭ	Характеристика кинематики формообразования
10	Резьба		Обработка — метчиком или плашкой. Главное движение — вращение инструмента. Вспомогательное движение — осевое перемещение инструмента
11	Токарная ступень		Обработка — проходным или расточным резцом. Главное движение — вращение заготовки. Вспомогательное движение — продольное и поперечное перемещение резца
12	Токарная канавка		Обработка — канавочным наружным, внутренним или торцевым резцом. Главное движение — вращение заготовки. Вспомогательное движение — поперечное перемещение резца перпендикулярно оси вращения для наружной или внутренней обработки, продольное — для торцевой обработки
13	Токарная выточка		Обработка — проходным или расточным резцом с углом в плане, не более 45°. Главное движение — вращение заготовки. Вспомогательное движение — перемещение резца под углом, соответствующим углу наклона дна выточки относительно оси вращения
14	Резьба (наружная или внутренняя)		Обработка — резьбовым наружным или внутренним резцом. Главное движение — вращение заготовки. Вспомогательное движение — продольное перемещение резца

Параметры КТЭ «Прямоугольный карман»

Схема обработки КТЭ	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	$V$	мин <sup>-1</sup>
	Диаметр инструмента	$D$	мм

Расчет машинного времени  $t$  выполняется по формуле

$$t = \frac{1}{F} \left( \left( L - D + d \frac{L - D}{W - D} + W - D + d \right) \frac{L - D}{d} \frac{FP}{dFP} + FP \right). \quad (1)$$

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

$$T_{шт}(OP) = k_{шт}(OP)t, \quad (2)$$

Значение  $k_{шт}(OP)$  определяется в соответствии с нормативно-справочной информацией, используемой на предприятии.

Некоторые КТЭ рассматриваются как интегральные, включающие в себя несколько промежуточных КТЭ. К интегральным КТЭ относятся № 8 «Резьба», № 10 «Резьба», № 14 «Резьба (наружная или внутренняя)» (см. табл. 1).

Для получения интегрального КТЭ необходимо сначала обработать поверхность, на которую будет наноситься резьба. Например, КТЭ № 14 «Резьба (наружная или внутренняя)» включает в себя КТЭ: «Токарная ступень — открытая или полузакрытая (наружная или внутренняя)», «Резьба (наружная или внутренняя)».

В свою очередь КТЭ № 11 «Токарная ступень — открытая или полузакрытая (наружная или внутренняя)» может содержать черновую и чистовую обработки и обрабатываться за несколько технологических переходов.



При обработке КТЭ № 9 «Отверстие» применяются две основные стратегии: 1) с неполным выводом инструмента из отверстия; 2) с полным выводом инструмента.

При обработке КТЭ № 10 «Резьба (наружная или внутренняя)» в случае нарезания внутренней резьбы метчиком применяют однопроходную и многопроходную стратегии.

С учетом приведенных особенностей проведена индексация КТЭ. Каждому КТЭ присваивается индекс, маска которого состоит из трех полей: I\_II\_III. Поле I маски отражает порядковый номер КТЭ в соответствии с табл. 1; поле II — чистоту обработки, в зависимости от вида операции; значения поля III определяют стратегию резания. Результат индексации КТЭ приведен в табл. 3.

Таблица 3

## Индексация КТЭ

№ п/п	Наименование КТЭ	Тип операции	Вариативность обработки	Индекс
1	Прямоугольный карман	Фрезерная	Черновая	1_0_0
				1_1_0
2	Круглый карман			2_0_0
				2_1_0
3	Продольный паз			3_0_0
				3_1_0
4	Кольцевой паз			4_0_0
				4_1_0
5	Прямоугольный выступ			5_0_0
				5_1_0
6	Круглый выступ			6_0_0
				6_1_0
7	Многоугольный выступ			7_0_0
				7_1_0
8	Резьба			8_0_0
				8_1_0
9	Отверстие	Сверлильная	С отводом	9_0_0
			С выводом из отверстия	9_0_1
10	Резьба		Однопроходное резание	10_0_0
			Многопроходное резание	10_0_1

№ п/п	Наименование КТЭ	Тип операции	Вариативность обработки	Индекс
11	Токарная ступень	Токарная	Черновая продольная	11_0_0
			Черновая поперечная	11_0_1
			Чистовая	11_1_0
12	Токарная канавка		Черновая	12_0_0
			Чистовая	12_1_0
13	Токарная выточка		Черновая	13_0_0
			Чистовая	13_1_0
14	Резьба (наружная или внутренняя)		Черновая	14_0_0
			Чистовая	14_1_0

В целях минимизации трудоемкости расчета станкоемкости изготовления деталей новой номенклатуры в работе принято, что каждый КТЭ обрабатывается за один установ, включая черновую и чистовую обработки. Это допущение не влияет на точность расчета времени выполнения основных технологических переходов, сокращает избыточную степень детализации проработки операций обработки резанием, что позволяет сократить трудоемкость проработки технологического маршрута. Временные затраты на выполнение вспомогательных переходов учитываются коэффициентом  $k_{шт}(OP)$  (см. (2)).

Таким образом, информационная модель детали состоит из набора КТЭ и совокупности стратегий их обработки.

Графическое представление информационной модели детали типа «Корпус» приведено на рис. 1.

**Оценка трудоемкости изготовления деталей на этапе подготовки конкурсной документации основана на процентном соотношении трудо- и станкоемкости их изготовления.** Для изготовления деталей сложной наукоемкой продукции, кроме обработки резанием, требуется выполнить другие виды обработки, трудоемкость которых определяется по формуле:

$$T_{шт}(i) = k_{шт}(i)T_{шт}(OP(i)), \quad (3)$$

где  $k_{шт}(i)$  — коэффициент, учитывающий трудоемкость обработки  $i$ -го вида;  $T_{шт}(OP(i))$  — станкоемкость обработки.

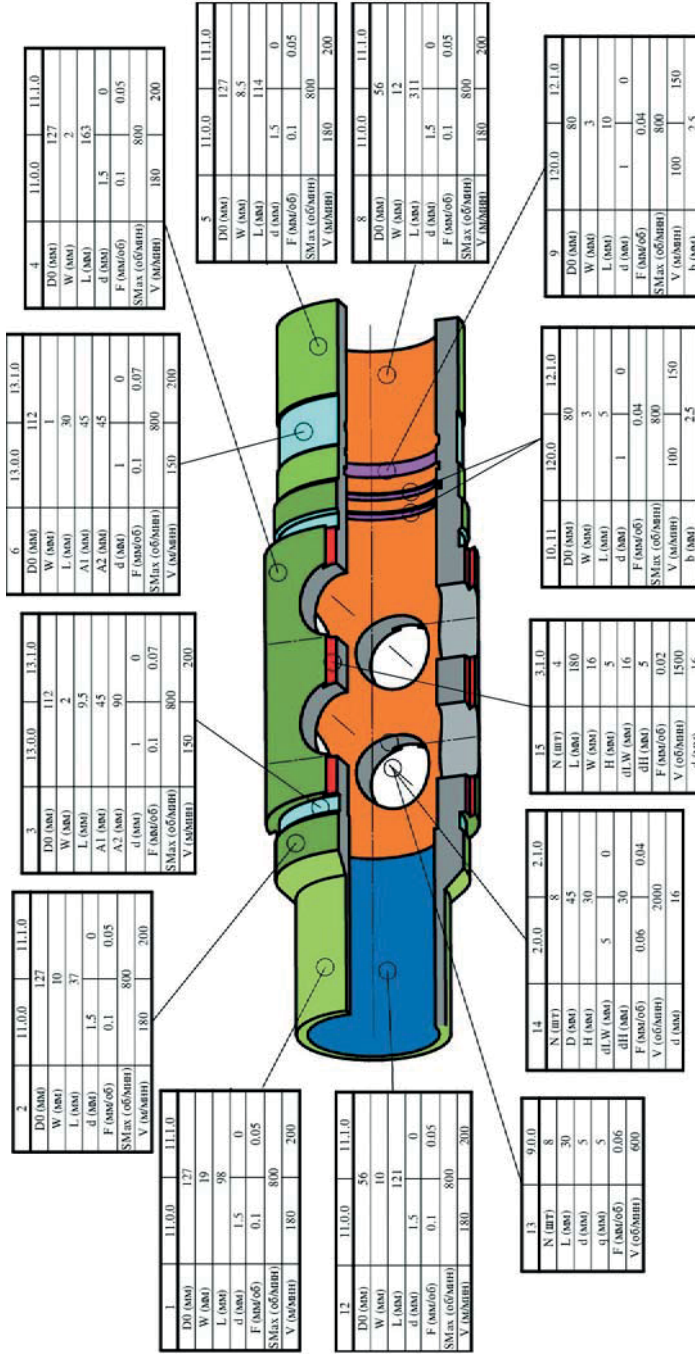


Рис. 1. Графическое представление информационной модели детали типа «Корпус»

Значение  $k_{шт}(i)$  определяются в соответствии с нормативно-справочной информацией, используемой на предприятии.

**Модель процесса оценки временных затрат на изготовление деталей гражданской продукции на предприятиях ОПК на этапе подготовки конкурсной документации.** Длительность процесса оценки трудоемкости изготовления деталей во многом определяется моделями организационного взаимодействия структурных подразделений предприятия: отдела главного технолога (ОГТ), отдела главного металлурга (ОГМет), отдела труда и заработной платы (ОТиЗ) и др.

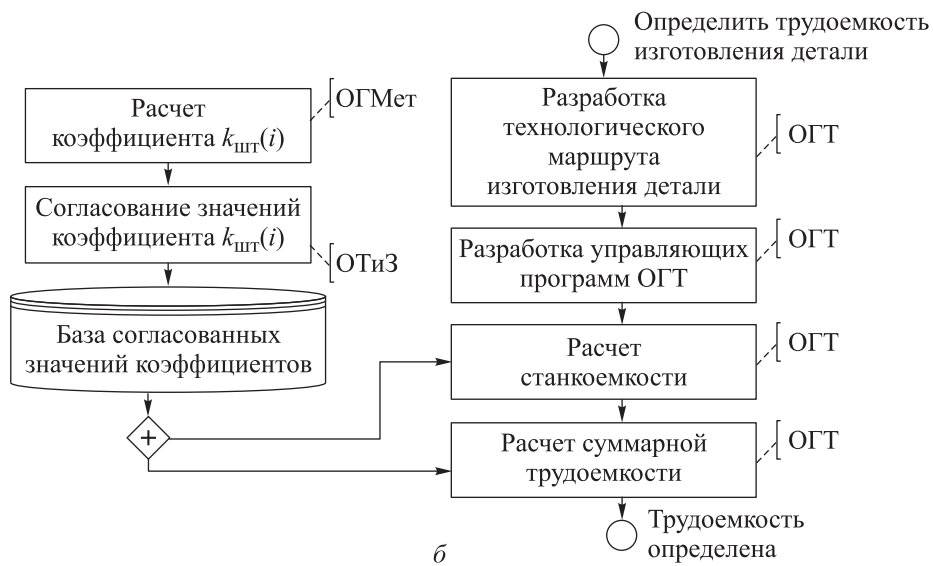
Существующие модели взаимодействия структурных подразделений при определении трудоемкости изготовления деталей основаны на типовых процессах, используемых при разработке и постановке продукции на производство<sup>1</sup>. Такие процессы характеризуются значительной длительностью и являются избыточными 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 рис. 2, а.

Для сокращения длительности процесса расчета трудоемкости разработана модель, реализующая разработанный метод геометрической дифференциации деталей на КТЭ с учетом особенностей станочных циклов и основанная на концентрации выполнения функций в рамках одного структурного подразделения, выполняющего оценку трудоемкости (рис. 2, б). Предложенная организация процесса расчета трудоемкости изготовления деталей, в отличие от существующих моделей основывается на выполнении основных функций расчета одним подразделением. При этом остальные подразделения обеспечивают информационное сопровождение этого процесса, состоящее в разработке и согласовании нормативных значений коэффициентов  $k_{шт}(i)$ .

**Заключение.** Существующие методы трудового нормирования не позволяют обеспечить необходимую трудоемкость и длительность оценки трудоемкости изготовления деталей новой номенклатуры на этапе разработки технико-экономических показателей при подготовке конкурсной документации.

---

<sup>1</sup>ГОСТ Р 15.301–2016. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. М., Стандартинформ, 2016.



**Рис. 2.** Существующая (а) и предложенная (б) модели расчета трудоемкости, основанные на типовых процессах, используемых при разработке и постановке продукции на производство

Для расчета трудоемкости изготовления деталей заказов гражданской продукции на этапе подготовки конкурсной документации разработан метод расчета станкоемкости изготовления деталей, основанный на геометрической дифференциации деталей на КТЭ с учетом особенностей станочных циклов.

Разработана модель процесса расчета трудоемкости, основанная на изменении функций структурных подразделений, участвующих в процессе, и концентрации функций в рамках одного структурного подразделения, выполняющего оценку трудоемкости, что позволяет сократить длительность трудового нормирования.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гудкова О.Е. Организационно-экономические методы обеспечения диверсификации оборонных предприятий. *Бизнес. Образование. Право*, 2020, № 3, с. 157–163. DOI: <https://doi.org/10.25683/VOLBI.2020.52.307>
- [2] Батьковский М.А., Кураев Н.М., Стяжкин А.Н. и др. Оценка производственно-технологического потенциала специального производства предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Вопросы радиоэлектроники*, 2016, № 5, с. 113–125. EDN: VVBWCR
- [3] Гудкова О.Е., Бобрышев А.Д. Исследование причин медленного внедрения современных концепций организации производства в оборонно-промышленном комплексе. *Инновации*, 2020, № 4, с. 2–12. DOI: <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2020.258.4.003>
- [4] Владимиров Д.А., Шатраков А.Ю., Долгов В.А. Анализ организационно-технологического облика предприятий ОПК и типов заказов гражданской продукции в целях увеличения доли ее производства в ОПК. *Автоматизация. Современные технологии*, 2022, т. 76, № 6, с. 243–247. DOI: <https://doi.org/10.36652/0869-4931-2022-76-6-243-247>
- [5] 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, с. 200–205. EDN: ГТКСVM
- [6] Григорьев С.Н., Долгов В.А., Подкидышев А.А. и др. Управление загрузкой рабочих мест при изменении номенклатуры и программы выпуска деталей в дискретном производстве. *Вестник машиностроения*, 2022, № 7, с. 85–88. EDN: DNZQRG
- [7] Григорьев С.Н., Долгов В.А., Никищечкин П.А. и др. Имитационное моделирование производственных процессов различных типов машиностроительных производств. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2022, № 3 (142), с. 84–99. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2022-3-84-99>

- [8] Никишечкин П.А., Долгов В.А., Григорьев С.Н. Разработка типовых архитектур цифровых двойников производственно-логистических систем машиностроительных предприятий на разных стадиях их жизненного цикла. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2023, № 5, с. 37–48.  
DOI: <https://doi.org/10.18698/0536-1044-2023-5-37-48>
- [9] Долгов В.А., Никишечкин П.А., Ивашин С.С. и др. Современные подходы к построению цифровых двойников продуктов, процессов и систем, включая производственно-логистические системы машиностроительных предприятий. *Проблемы машиностроения и автоматизации*, 2023, № 2, с. 88–96. EDN: LKUKDS
- [10] Кондаков А.И., Васильев А.С. Формализованная методика проектирования многономенклатурного производства. *Вестник ЮУрГУ. Сер. Машиностроение*, 2018, т. 18, № 2, с. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.14529/engin180207>
- [11] Kutin A.A., Dolgov V.A., Dazuk I.V., et al. Improving the efficiency of CNC machine tools with multi-pallet systems in machine-building manufacturing. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sc. Eng.*, 2018, vol. 448, art. 012010.  
DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/448/1/012010>
- [12] Grigoriev S.N., Martinov G.M. Research and development of a cross-platform CNC kernel for multi-axis machine tool. *Proc. CIRP*, 2014, vol. 14, pp. 517–522.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.051>
- [13] Омельченко И.Н., Лазарев С.В., Комарова С.Г. Расчет потерь в производственном процессе при построении карты потока создания ценности. *Вестник машиностроения*, 2014, № 2, с. 75–80. EDN: UYZPDH
- [14] Долгов В.А. Использование и перспективы развития CALS-технологий в многономенклатурном производстве. *Автоматизация. Современные технологии*, 2011, № 9, с. 26–31. EDN: OCCSRB
- [15] Григорьев С.Н. Решение задач технологического перевооружения машиностроения. *Комплект: ИТО*, 2008, № 10, с. 14–18. EDN: PVUFIP
- [16] Долгов В.А., Рахмилевич Е.Г., Пятнов Ю.В. и др. Отработка изделий на производственную технологичность при диверсификации машиностроительных предприятий ОПК в условиях развития цифрового производства. *Вестник МГТУ «СТАНКИН»*, 2018, № 4, с. 8–12. EDN: VRYJKB
- [17] Григорьев С.Н., Долгов В.А., Умнов П.И. и др. Оценка станкостроительности изготовления изделий гражданской продукции на машиностроительных предприятиях ОПК. *Автоматизация. Современные технологии*, 2021, т. 75, № 7, с. 291–295.  
EDN: JYNMWU
- [18] Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. М., Машиностроение, 2001.
- [19] Долгов Н.В., Акимов А.А. Применение методов имитационного моделирования для оценки эффективности использования аддитивных технологий печати воском для получения восковых моделей для литья по выплавляемым моделям. *Мехатроника, автоматика и робототехника*, 2023, № 11, с. 113–119.  
DOI: <https://doi.org/10.26160/2541-8637-2023-11-113-119>

[20] Dolgov N.V., Akimov A.A., Nikishechkin P.A. Evaluation of the effectiveness of the use of additive wax printing technologies for obtaining wax models for lost-wax casting in custom production based on simulation modeling. *E3S Web of Conf.*, 2023, vol. 389, art. 01065. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901065>

[21] Никишечкин П.А. Повышение уровня открытости системы управления путем организации многоцелевого канала взаимодействия ее основных компонентов. *Вестник МГТУ «СТАНКИН»*, 2014, № 4, с. 161–164. EDN: TFCGVV

[22] Никишечкин П.А., Ивашин С.С., Черненко В.Е. и др. Система имитационного моделирования PlantTwin как инструмент верификации производственных планов и поддержки принятия решений для повышения эффективности производства. *Вестник машиностроения*, 2021, № 3, с. 80–85. DOI: <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-3-80-85>

**Умнов Павел Иванович** — заместитель генерального директора–главный инженер ПАО «ДНПП» (Российская Федерация, 141701, г. Долгопрудный, Московская обл., пл. Собина, д. 1).

**Долгов Виталий Анатольевич** — д-р техн. наук, доцент, профессор, главный научный сотрудник кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» (Российская Федерация, 127055, Москва, Вадковский переулок, д. 1).

**Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:**

Умнов П.И., Долгов В.А. Организация процесса оценки временных затрат изготовления деталей гражданской продукции на предприятиях ОПК на этапе подготовки конкурсной документации. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2024, № 2 (149), с. 174–193. EDN: VXUNSM

**ORGANIZING THE PROCESS OF THE TIME COSTS ASSESSMENT  
IN MANUFACTURING THE CIVILIAN PRODUCT COMPONENTS  
AT THE MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES  
WITHIN THE TENDER DOCUMENTATION PREPARATION STAGE**

**P.I. Umnov<sup>1</sup>**

[p-umnov@mail.ru](mailto:p-umnov@mail.ru)

**V.A. Dolgov<sup>2</sup>**

[v-dolgov@yandex.ru](mailto:v-dolgov@yandex.ru)

<sup>1</sup> PJSC “DNPP”, Dolgoprudny, Moscow Region, Russian Federation

<sup>2</sup> MSUT “STANKIN”, Moscow, Russian Federation



**Abstract**

The paper presents results of analyzing application of the existing methods in labor standardization of the new range mechanical engineering components manufacture at the military-industrial complex enterprises. It shows insufficient effectiveness of the labor standardization methods caused by significant labor intensity and duration. Analytical, experimental-statistical and statistical methods in assessing the labor intensity are considered in relation to the following types of technological processes: single, standard/group and modular. At the stage of determining technical and economic indicators of the civilian products manufacture and in order to reduce the time required for estimating time costs at the military-industrial complex enterprises, a method for calculating labor intensity in manufacturing the new range components is proposed. It is based on geometric differentiation of the design and technological components elements, taking into account the machining cycle features. A component information model was constructed consisting of the unified design and technological elements, which parameters were identical to the turning and milling cycles. A list of structural and technological elements of components produced by turning and milling was compiled. Mathematical dependencies for calculating the machine-tool capacity in manufacturing each unified structural and technological element was developed. As an example, an information model of a body-type component was constructed. A model was developed in the Business Process Modeling Notation (BPMN) for the process of calculating labor intensity based on the concentration of functions within one structural unit that assessed labor intensity and made it possible to reduce the labor standardization duration. While the other units were providing information support for this process

**Keywords**

*Machine capacity assessment, turning machining, milling machining, production organization*

Received 27.10.2023

Accepted 25.04.2024

© Author(s), 2024

*The study was supported by RSF (project no. 22-79-10254).*

*The study was carried out on the equipment of the Centre of collective use "State Engineering Center" of MSUT "STANKIN" supported by the Ministry of Education and Science of Russian Federation (project no. 075-15-2021-695 from 26.07.2021, unique identifier RF-2296.61321X0013)*

## REFERENCES

- [1] Gudkova O.E. Organizational and economic methods of ensuring diversification of defense enterprises. *Biznes. Obrazovanie. Pravo* [Business. Education. Right], 2020, no. 3, pp. 157–163 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25683/VOLBI.2020.52.307>
- [2] Batkovskiy M.A., Kuraev N.M., Styazhkin A.N., et al. Evaluation of production and technological capability of production of enterprises of the military-industrial complex. *Voprosy radioelektroniki* [Questions of Radio Electronics], 2016, no. 5, pp. 113–125 (in Russ.). EDN: VVBWCR
- [3] Gudkova O.E., Bobryshev A.D. Investigation of the reasons for the slow implementation of modern concepts of production organization in the military-industrial complex. *Innovatsii* [Innovations], 2020, no. 4, pp. 2–12 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2020.258.4.003>
- [4] Vladimirov D.A., Shatrakov A.Yu., Dolgov V.A. Analysis of the organizational and technological image for defense industry enterprises of military-industrial complex (MIC) and orders for civilian products in order to increase the share of their production in the MIC. *Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern Technologies], 2022, vol. 76, no. 6, pp. 243–247 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36652/0869-4931-2022-76-6-243-247>
- [5] Umnov P.I. Evaluation methodology for the civilian market orders of engineering products at defense industry enterprises to ensure additional loading of free production capacities. *Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern Technologies], 2022, vol. 76, no. 5, pp. 200–205 (in Russ.). EDN: ITKSVM
- [6] Grigoryev S.N., Dolgov V.A., Podkidyshev A.A., et al. Managing the workplaces capacity when changing the nomenclature and manufacturing program of parts in discrete production. *Vestnik mashinostroeniya*, 2022, no. 7, pp. 85–88 (in Russ.). EDN: DNZQRG
- [7] Grigoryev S.N., Dolgov V.A., Nikishechkin P.A., et al. Simulation modeling production processes of various types of machine-building enterprises. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering*, 2022, no. 3 (142), pp. 84–99 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2022-3-84-99>
- [8] Nikishechkin P.A., Dolgov V.A., Grigoryev S.N. Development of the digital twins' typical architecture in the mechanical engineering enterprise production and logistics systems at different stages of their lifecycle. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [BMSTU Journal of Mechanical Engineering], 2023, no. 5, pp. 37–48 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18698/0536-1044-2023-5-37-48>
- [9] Dolgov V.A., Nikishechkin P.A., Ivashin S.S., et al. Modern approaches to the construction of digital twins of products, processes and systems, including machine-building enterprises production and logistics systems. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii* [Engineering and Automation Problems], 2023, no. 2, pp. 88–96 (in Russ.). EDN: LKUKDS

- [10] Kondakov A.I., Vasilyev A.S. A formalized method for designing multiproduct manufacture. *Vestnik YuUrGU. Ser. Mashinostroenie* [Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry], 2018, vol. 18, no. 2, pp. 61–68 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/engin180207>
- [11] Kutin A.A., Dolgov V.A., Dazuk I.V., et al. Improving the efficiency of CNC machine tools with multi-pallet systems in machine-building manufacturing. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sc. Eng.*, 2018, vol. 448, art. 012010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/448/1/012010>
- [12] Grigoriev S.N., Martinov G.M. Research and development of a cross-platform CNC kernel for multi-axis machine tool. *Proc. CIRP*, 2014, vol. 14, pp. 517–522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.051>
- [13] Omelchenko I.N., Lazarev S.V., Komarova S.G. Calculation of losses in production process at construction of flow map of adding value. *Vestnik mashinostroeniya*, 2014, no. 2, pp. 75–80 (in Russ.). EDN: UYZPDH
- [14] Dolgov V.A. CALS-technology utilization and development prospect in the multi-product production. *Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern Technologies], 2011, no. 9, pp. 26–31 (in Russ.). EDN: OCCSRB
- [15] Grigoryev S.N. Solving problems of technological re-equipment of mechanical engineering. *Komplekt: ITO*, 2008, no. 10, pp. 14–18 (in Russ.). EDN: PVUFIP
- [16] Dolgov V.A., Rakhmilevich E.G., Pyatnov Yu.V., et al. Development of products for production manufacturability in the diversification of machine-building enterprises of the defense industry in the development of digital production. *Vestnik MGTU “STANKIN”* [Vestnik MSUT “STANKIN”], 2018, no. 4, pp. 8–12 (in Russ.). EDN: VRYJKB
- [17] Grigoryev S.N., Dolgov V.A., Umnov P.I., et al. Assessment of the machine-tool capacity of civilian products at the machine-building enterprises of the military-industrial complex. *Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern Technologies], 2021, vol. 75, no. 7, pp. 291–295 (in Russ.). EDN: JYNMWU
- [18] Bazrov B.M. *Modulnaya tekhnologiya v mashinostroenii* [Modular technology in mechanical engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2001.
- [19] Dolgov N.V., Akimov A.A. Application of simulation modeling methods to evaluate the effectiveness of the use of additive wax printing technologies to produce wax models for lost-wax casting. *Mekhatronika, avtomatika i robototekhnika*, 2023, no. 11, pp. 113–119 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26160/2541-8637-2023-11-113-119>
- [20] Dolgov N.V., Akimov A.A., Nikishechkin P.A. Evaluation of the effectiveness of the use of additive wax printing technologies for obtaining wax models for lost-wax casting in custom production based on simulation modeling. *E3S Web of Conf.*, 2023, vol. 389, art. 01065. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901065>
- [21] Nikishechkin P.A. Increase of level of open architecture of CNC systems by the organization multipurpose channel for interaction of its main components. *Vestnik MGTU*

“STANKIN” [Vestnik MSUT “STANKIN”], 2014, no. 4, pp. 161–164 (in Russ.).  
EDN: TFCGVV

[22] Nikishechkin P.A., Ivashin S.S., Chernenko V.E., et al. PlantTwin simulation system as a tool for verifying production plans and supporting the decision-making to improve production effectiveness. *Vestnik mashinostroeniya*, 2021, no. 3, pp. 80–85 (in Russ.).  
DOI: <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-3-80-85>

**Umnov P.I.** — Deputy General Director–Chief Engineer of PJSC “DNPP” (Sobina ploshchad 1, Dolgoprudny, Moscow Region, 141701 Russian Federation).

**Dolgov V.A.** — Dr. Sc. (Eng.), Chief Research Fellow, Assoc. Professor, Professor, Department of High-Efficient Processing Technology, MSUT “STANKIN” (Vadkovskiy pereulok 1, Moscow, 127055 Russian Federation).

**Please cite this article in English as:**

Umnov P.I., Dolgov V.A. Organizing the process of the time costs assessment in manufacturing the civilian product components at the military-industrial complex enterprises within the tender documentation preparation stage. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering*, 2024, no. 2 (149), pp. 174–193 (in Russ.). EDN: VXUNSM