

На правах рукописи

СОКОЛОВА ЕЛЕНА ЮРЬЕВНА

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ НА ОСНОВЕ  
ЕГО КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

Специальность 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Рыбинск – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» на кафедре «Организация производства и управление качеством».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Непомилуев Валерий Васильевич.

Официальные оппоненты:

Матрохин Алексей Юрьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение, товароведение, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»;

Киселева Ирина Александровна, кандидат технических наук, инженер по качеству I категории ООО «НПО «Криста», г. Москва.

Ведущая организация:

ОАО «Конструкторское бюро «Луч», г. Рыбинск.

Защита диссертации состоится 27 декабря 2013 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.210.02 в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева» по адресу: 152934, г. Рыбинск, Ярославской области, ул. Пушкина, 53, ауд. Г-237.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева».

Автореферат разослан 26 ноября 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, доцент

Надеждин Игорь Валентинович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы**

Применяемые в настоящее время подходы к технико-экономическому обоснованию выбора технологических решений в отечественном машиностроении в течение многих десятилетий не изменялись, несмотря на существенное изменение внешней среды производства. Действующие методики создавались в условиях плановой экономики, дефицита, когда вся производимая предприятиями продукция всегда находила своего потребителя и для получения большего экономического эффекта ставилась задача всемерного снижения затрат на производство. Этим обусловлен выбор критерия оптимизации – минимума себестоимости (при условии формального соответствия параметров качества изделия требованиям документации). Внешняя среда предприятий существенно изменилась, а подходы к оценке выполняемых процессов и производимой продукции остались неизменными.

В современном машиностроении широко распространены идеи бережливого производства. Фундаментальной основой этой концепции является ценность продукта и процесса его производства для всех потребителей. На первый план выходит не проблема снижения себестоимости, а жесткая конкурентная борьба за потребителя, который отдает предпочтение более качественным, а не более дешевым продуктам. Поэтому и вся деятельность по обеспечению качества понимается уже как комплексный, систематический процесс, охватывающий все этапы формирования свойств выпускаемой продукции - от маркетинговых исследований до оценки полученного результата внешним и внутренним потребителем. Более важными становятся критерии качества и инноваций, которые в действующих методиках вообще не учитываются.

Таким образом, используемые в современном отечественном машиностроении методы технико-экономического обоснования выбора решений при проектировании технологических процессов нуждаются в совершенствовании.

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является повышение качества технологических процессов в машиностроении путем совершенствования методики технико-экономического обоснования (ТЭО) выбора технологических решений на основе количественной оценки качества процессов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проанализированы существующие методы выбора варианта при проектировании технологического процесса.
2. Разработана комплексная математическая модель, позволяющая оценивать качество варианта технологического решения с учетом требований внешнего и внутреннего потребителя, а также затрат на реализацию технологического процесса.
3. Разработана методика, позволяющая при выборе варианта технологического процесса учитывать его качество.
4. Разработана процедура назначения весовых коэффициентов внешнего и

внутреннего качества и величины технологической себестоимости.

5. Проведена сравнительная оценка вариантов технологических процессов изготовления деталей по действующей методике ТЭО и с использованием предложенной методики.

**Методы исследования.** Для обработки первичной информации использовались общенаучные методы анализа и синтеза. Для решения поставленных в работе задач были использованы квалиметрический метод, метод экспертной оценки, метод парных сравнений. Исследования проводились с использованием разработанных автором инструментов – модифицированной модели Н. Кано, классификатора показателей качества процессов для внутренних потребителей.

**Достоверность и обоснованность научных результатов.** Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается корректным использованием математического аппарата; согласованностью результатов теоретических исследований и результатов практического применения предлагаемой методики; непротиворечивостью данным других исследователей.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Математическая модель и алгоритм расчета комплексного критерия качества технологического процесса.

2. Результаты теоретических исследований и разработанная методика выбора лучшего из имеющихся варианта технологического процесса с учетом требований внутренних и внешних потребителей и себестоимости.

3. Компьютерная программа для выбора оптимального варианта технологического процесса.

#### **Научная новизна.**

1. Математическая модель комплексного критерия качества, учитывающая требования потребителей и себестоимость, а также алгоритм его расчета.

2. Алгоритм выбора лучшего варианта технологического процесса из нескольких альтернативных.

#### **Практическая ценность и реализация результатов работы.**

По результатам исследования разработана методика выбора варианта технологического процесса с учетом качества процесса и готовой детали, при использовании которой появляется реальная возможность учета требований внешних и внутренних его потребителей, особенностей конкретного производства. При этом исключается вероятность выбора заведомо неудовлетворительного варианта, так как выбор производится из перечня технологических процессов, удовлетворяющих требованиям технической документации.

#### **Апробация работы.**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: XXIX конференция молодых ученых и студентов 17 марта 2005 г., Рыбинск; II международная научно-практическая конференция «Техника и технологии: пути инновационного развития» (29 июня

2012 г.), Юго-Западный государственный университет, Курск; 3-я международная научно-техническая конференция «Менеджмент качества продукции и услуг» (27-28 апреля 2010 г.), Брянск, БГТУ; VI международная научно-практическая конференция «Технологическое обеспечение качества машин и приборов» (2011 г.) Пенза; V международная научно-техническая конференция «Машиностроение – основа технологического развития России» (22-24 мая 2013 г.), Юго-Западный государственный университет, Курск.

Результаты диссертационного исследования внедрены в производство в ОАО «НПО «САТУРН»», г. Рыбинск, апробированы в ходе учебного процесса на кафедре «Организация производства и управление качеством» ФГБОУ ВПО «РГАТУ имени П.А. Соловьева».

### **Публикации.**

По теме диссертации опубликованы 6 печатных работ, в том числе 1 в издании, рекомендованном ВАК.

### **Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованных источников из 162 наименований и 2 приложений. Работа включает 145 страниц машинописного текста, содержит 35 рисунков и 27 таблиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования.

**В первой** главе описаны и проанализированы существующие методы проектирования технологических процессов изготовления изделий в современном машиностроении.

Вопросы, связанные с проектированием технологических процессов, рассмотрены в работах российских ученых Базрова Б.М., Балакшина Б.С., Безъязычного В.Ф., Дальского А.М., Данилевского В.В., Кована В.М., Корсакова В.С., Косиловой А.Г., Маталина А.А., Рыжова Э.В., Соколовского А.П., Соломенцева Ю.М., Сулова А.Г., Фираго В.П., Чарнко Д.В. и многих других.

При существующем подходе к проектированию технологических процессов в машиностроении технологи должны одновременно решать самые разноплановые задачи: повышение производительности, уменьшение штучного времени, увеличение коэффициента использования материала, сокращение количества переходов, минимальное количество видов используемых методов обработки и др. Однако основным критерием, позволяющим в совокупности с другими технико-экономическими показателями сделать выбор оптимального варианта технологического процесса, в настоящее время является критерий наименьшей себестоимости изготовления.

В результате анализа существующих методов технико-экономического

обоснования инженерных решений был выявлен ряд их существенных недостатков:

1. Различие качества деталей, изготовленных по разным вариантам технологического процесса.

Технические требования, обычно указываемые в соответствующей документации, неоднозначно связаны с качеством изделия и способом реализации технологического процесса. Большое число обычно не нормируемых в технической документации параметров оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства изделий. Да и сами требования технической документации, которым должна удовлетворять готовая деталь, могут быть достигнуты разными путями и качество детали при этом также будет различным;

2. Необъективность критерия минимальной технологической себестоимости при оценке качества технологического процесса.

ТЭО в настоящее время осуществляется только путем сравнения технологической себестоимости, весьма приблизительно учитывающей затраты по изменяющимся элементам или параметрам. Нигде не учитывается доля технологической себестоимости в общей величине производственных расходов на изготовление изделия, а также то, что достигаемые качественные показатели для различных вариантов технологических процессов, выполняющих одинаковые формальные требования, достаточно различны. Поэтому критерий минимальной технологической себестоимости при проектировании технологического процесса является не только не единственным, но и не главным.

Отмеченные недостатки приводят к тому, что выбранный по существующей методике вариант технологического процесса не будет лучшим, что приведет к снижению качества продукции, повышению издержек и, в конечном счете, к снижению конкурентоспособности предприятия. Следовательно, существующие методы технико-экономического обоснования нуждаются в совершенствовании.

**Во второй главе** в соответствии с идеологией современного менеджмента качества, отдающей потребителю главную роль в оценке качества, были определены и классифицированы возможные потребители разрабатываемого технологического процесса и сформулированы их требования (рисунок 1).

Под внешним качеством понимается, в полном соответствии с идеологией современного менеджмента качества, совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением. Внешнее качество оценивается внешними потребителями по степени соответствия продукта производства их ожиданиям.

Под внутренним качеством понимается пригодность разрабатываемого технологического процесса удовлетворять определённые потребности внутренних его потребителей в соответствии с назначением процесса.

Внутреннее качество определяют как следующие по цепочке участники производственного процесса изготовления изделий, так и те, кто обслуживает и

ремонтует готовый продукт. В неявном виде требования к качеству технологического процесса предъявляют и внешние потребители (рисунок 2):

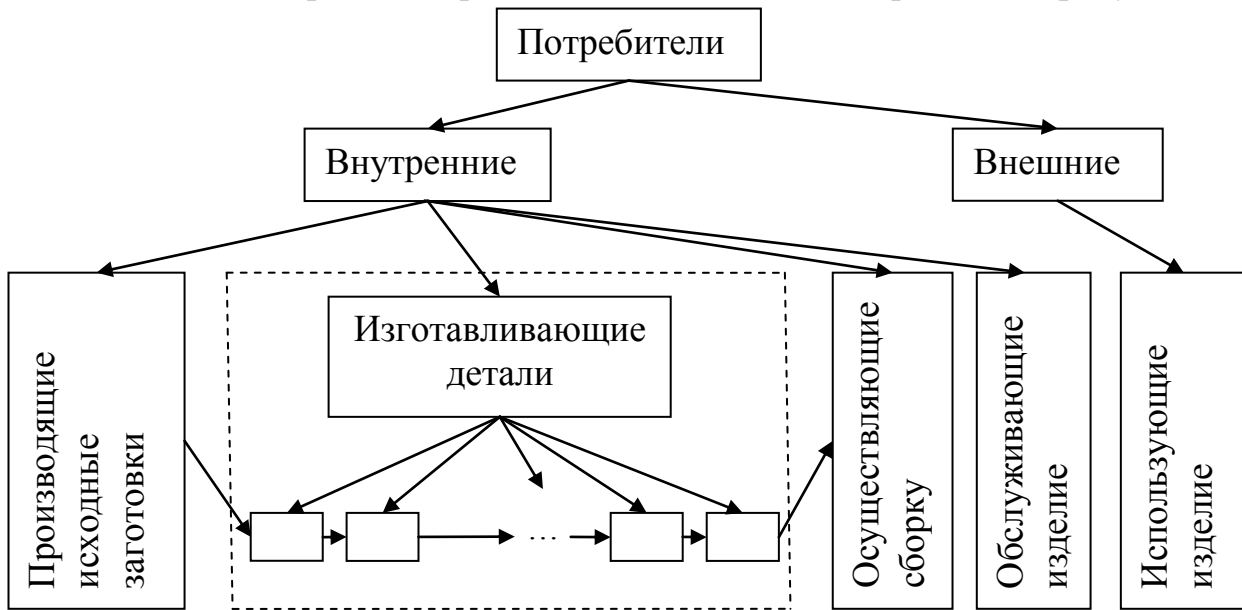


Рисунок 1 – Основные потребители технологического процесса

В зависимости от особенностей потребителя к одним и тем же изделиям, их деталям и технологическим процессам их изготовления могут предъявляться различные требования. Для разных групп внутренних потребителей показатели качества технологического процесса, поэтому, будут оцениваться по-разному.

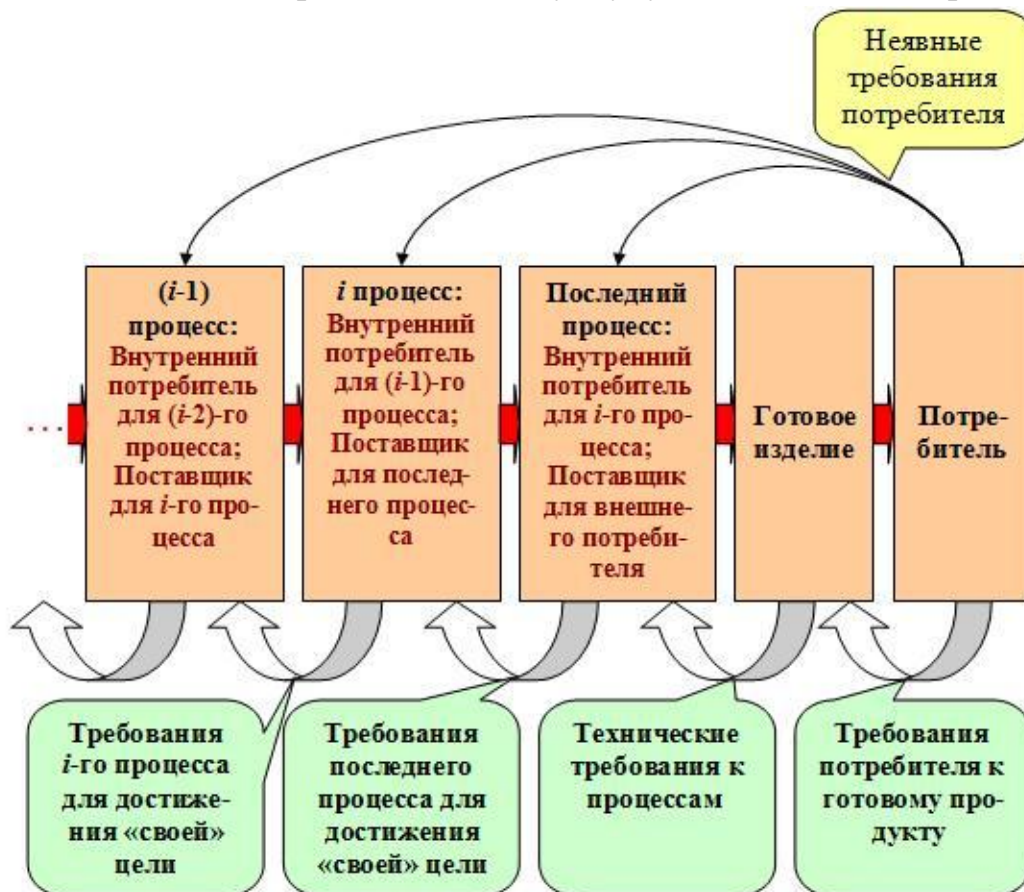


Рисунок 2 – Схема формирования целей процессов

Для оценки качества разных вариантов технологического процесса возникает необходимость количественной оценки зависимости удовлетворенности потребителя от параметров качества процесса или изделия.

Известно, что улучшение каких-либо параметров качества может быть как востребованным, так и не востребованным потребителем.

В современном менеджменте качества существует ряд моделей, описывающих исследуемую зависимость в области оказания услуг: концепция «нейтральных зон» Ч. Бернарда, модель Е. Кедотта и Н. Терджена, модель Н. Кано.

Использование этих моделей для решения данной проблемы неудобно, поскольку:

- 1) существует очень большое количество различных параметров качества процесса и изделия;
- 2) количественное измерение многих параметров качества процесса достаточно затруднительно (например, удобство выполнения какой-либо технологической операции).
- 3) установление конкретной функциональной взаимосвязи параметров качества процесса с удовлетворённостью потребителя чрезвычайно сложно.

Для решения рассматриваемой проблемы была использована основная идея о существовании или отсутствии нейтральных зон удовлетворённости потребителя и предложена модифицированная модель Кано, изображённая на рисунках 3 и 4.

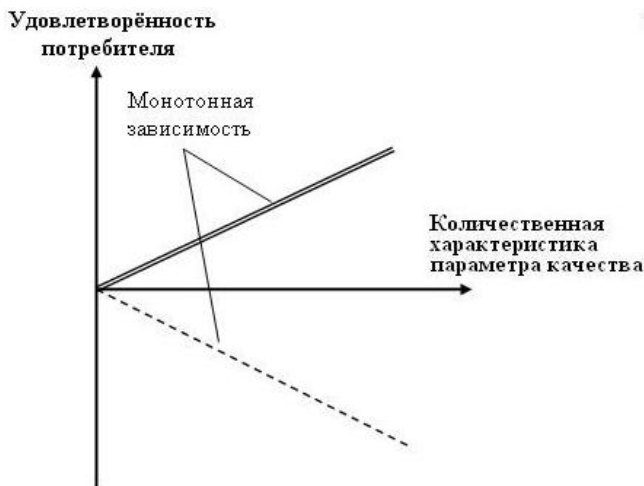


Рисунок 3 — Модель пропорциональной зависимости удовлетворённости потребителя от количественной характеристики параметра качества

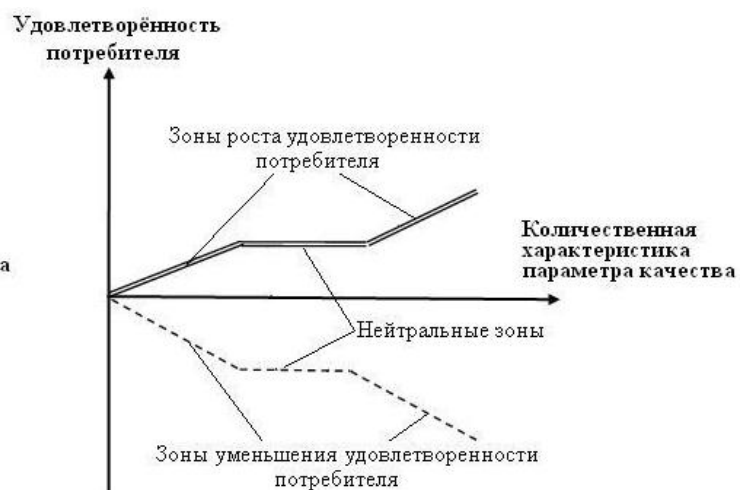


Рисунок 4 — Модель зависимости удовлетворённости потребителя от количественной характеристики параметра качества с нейтральными зонами

Модель, изображенная на рисунке 4, отличается от модели на рисунке 3 наличием нейтральных зон, в которых количественный рост характеристики параметра качества не приводит к изменению удовлетворённости потребителя.

Зависимость удовлетворённости потребителя от параметров качества может



быть описана следующей математической моделью:

$$УП = \kappa \times f(ПК), \quad (1)$$

где  $\kappa = \pm 1$  в том случае, если есть зависимость средней силы (положительная или отрицательная),  $\kappa = \pm 2$  в том случае, если есть сильная зависимость (положительная или отрицательная),  $\kappa = 0$  в случае попадания значения параметра качества в нейтральную зону.

Использование предлагаемой модели позволяет формализованно классифицировать параметры качества процесса и изделия по признаку целесообразности их совершенствования.

В результате выполненных теоретических исследований сделан вывод о необходимости идентификации потребителей каждого процесса, выявления их потребностей и проведения анализа на соответствие результатов процессов требованиям потребителей для объективной оценки качества проектируемых технологических процессов.

В связи с многочисленностью и неоднородностью требований внешних и внутренних потребителей выявлена потребность в разработке комплексного критерия, учитывающего как требования всех возможных потребителей к качеству, так и себестоимость реализации вариантов технологических решений.

**В третьей главе** рассмотрены вопросы квалиметрической оценки качества технологического процесса: описаны и проанализированы существующие методы оценки качества процесса, способы количественной комплексной оценки нескольких разнородных величин.

В результате выполненных теоретических исследований разработаны методологические основы количественной оценки качества вариантов технологического процесса:

а) разработан классификатор требований внутренних потребителей к качеству технологического процесса (рисунок 5);

б) спроектирован алгоритм выбора оптимального варианта технологического процесса по комплексному критерию качества (рисунок 6);

в) предложена методика назначения весовых коэффициентов внешнего и внутреннего качества и технологической себестоимости на основе экспертного метода группой, включающей следующих специалистов: маркетолога, конструктора, технолога, метролога, экономиста;

г) разработана математическая модель комплексного критерия качества технологического процесса:

$$Q_{\text{ко.мл}} = K_{1in} a_1 + K_{2in} a_2 + C_{in} b \quad (2)$$

где  $K_{1in}$ ,  $K_{2in}$  – безразмерные нормированные критерии внешнего и внутреннего качества;

$C_{in}$  – безразмерный нормированный критерий технологической себестоимости;

$a_1$ ,  $a_2$  – весовые коэффициенты внешнего и внутреннего качества;

$b$  – весовой коэффициент технологической себестоимости.



Рисунок 5 – Классификатор требований внутренних потребителей к качеству технологического процесса

В четвертой главе представлены разработанная инженерная методика и компьютерная программа выбора лучшего из рассматриваемых вариантов технологического процесса.

Выбор лучшего варианта технологического процесса изготовления детали из нескольких предложенных при использовании разработанной методики выполняется в следующей последовательности.

1 Расчет нормированного относительного критерия внешнего качества  $K_{iI}$  для каждого  $i$ -го из  $n$  вариантов.

1) Идентификация и анализ внешних потребителей и их требований.

2) Выбор востребованных потребителем эксплуатационных свойств для рассматриваемой поверхности с учётом её вида, функционального назначения и условий работы экспертным методом и определение степени значимости выбранных свойств в соответствии со следующей шкалой:

– 0 баллов – необходимость обеспечения рассматриваемого эксплуатационного свойства отсутствует,

– 1 балл – обеспечение рассматриваемого эксплуатационного свойства желательно, но не критично,

– 3 балла – эксплуатационное свойство имеет среднее значение для выполнения поверхностью своего функционального назначения,

– 6 баллов – эксплуатационное свойство критически важно для поверхности.



Рисунок 6 – Алгоритм выбора оптимального варианта технологического процесса по комплексному критерию качества

3) Выбор регламентированных стандартами или являющихся общепринятыми показателей качества рассматриваемых поверхностей, обеспечивающих выбранные востребованные эксплуатационные свойства.

4) Оценка степени влияния параметров качества на выбранные показатели качества поверхностей и на значимые эксплуатационные свойства:

– формулировка набора регламентированных стандартами или являющихся общепринятыми параметров качества для каждого из выбранных показателей качества поверхностей;

– классификация выбранных параметров качества по степени влияния на данные эксплуатационные свойства;

– количественная оценка степени влияния каждого параметра качества на эксплуатационное свойство по следующей шкале: «2» – в основном влияет, «1» – оказывает влияние, «0» – не влияет.

5) Расчет критерия внешнего качества  $K_{Li}$  для каждого  $i$ -го варианта ( $i$  –

текущий номер варианта ТП,  $i = 1 \dots n$ ). Выполняется с помощью матрицы оценки качества варианта технологического решения по каждому из сравниваемых вариантов в следующем порядке:

– определение весов  $A_I(f_k)$  отдельных параметров качества  $f_k$  в обеспечении требуемых эксплуатационных свойств поверхности (таблица 1). Здесь  $k$  – текущий номер параметра качества,  $k = 1 \dots h$ ;

– для каждого из сравниваемых вариантов в таблице 2 проставляются значения параметров в натуральных величинах из справочных материалов в соответствии с возможностями рассматриваемого метода обработки;

– выполняется оценка влияния  $P_k$  каждого параметра качества на эксплуатационное свойство в соответствии со следующей шкалой: «2» – в основном влияет, «1» – оказывает влияние, «0» – не влияет (т.е.  $P_k = -2 \dots +2$ );

Таблица 1 – Определение веса параметров качества в обеспечении эксплуатационных свойств поверхностей

Эксплуатационные свойства			Параметры качества поверхности			
			Геометрические параметры		Физико-механические параметры	
№	Название	Степень значимости $z_i$	Степень влияния параметра качества $S_{jk}$ на эксплуатационное свойство			
			$f_1$		$f_k$	
1					$S_{j1}$	
j					$S_{jk}$	
m					$S_{jm}$	
Вес параметра качества в обеспечении эксплуатационных свойств			$A_1(f_k) = \sum_{j=1}^m z_j S_{jk}$			

Таблица 2 – Матрица оценки качества  $i$ -го варианта технологического решения внешним потребителем

Параметр качества				$P_k$	Пояснения	$B_k$
№	Название	$A_I(f_k)$	Значение в натуральных единицах			
1		$A_I(f_1)$		$P_1$		$B_1 = A_1(f_1) \cdot P_1$
k		$A_I(f_k)$		$P_k$		$B_k = A_1(f_k) \cdot P_k$
h		$A_I(f_h)$		$P_h$		$B_h = A_1(f_h) \cdot P_h$
Критерий внешнего качества по $i$ -му варианту						$K_{li} = \sum_{k=1}^h B_k$

– определяется степень влияния каждого  $k$ -го параметра качества на  $i$ -е эксплуатационное свойство с учетом его веса и оценки:

$$B_k = A_1(f_k) \cdot P_k;$$

– рассчитывается критерий внешнего качества по каждому  $i$ -му варианту:

$$K_{li} = \sum_{k=1}^h B_k; \quad (3)$$

– выполняется нормирование полученных критериев внешнего качества по каждому  $i$ -му варианту:

$$K_{lin} = \frac{K_{li}}{\max|K_{li}|}, (-1 \leq K_{lin} \leq 1). \quad (4)$$

Значение, равное +1, соответствует наилучшему качеству варианта с точки зрения внешнего потребителя.

Значение, равное -1, соответствует наихудшему качеству варианта с точки зрения внешнего потребителя.

Значение, равное 0, соответствует нейтральному качеству варианта с точки зрения внешнего потребителя (не улучшает, но и не ухудшает).

2 Расчет нормированного относительного критерия внутреннего качества  $K_{2i}$  для каждого  $i$ -го варианта технологического решения.

1) Идентификация внутренних потребителей и их требований.

2) Формирование набора параметров качества процесса в соответствии с таблицей 3:

Таблица 3 – Параметры качества процесса для внутренних потребителей

Группа, к которой относится параметр качества	Название параметра качества	В чем проявляется	Последствия
То, что требуется от предшествующих операций			
То, что влияет на выполнение данной операции			
То, что влияет на выполнение последующих операций			
То, что влияет на готовое изделие			

3) Определение веса выбранных параметров качества методом парных сравнений.

4) Определение, классификация и оценка в соответствии с ММК востребованных и невостребованных внутренними потребителями параметров качества рассматриваемых вариантов технологического решения (параметру качества присваивается код: «Р» – с ростом количественного значения параметра качества удовлетворенность внутреннего потребителя растет, «У» – с ростом количественного значения параметра качества удовлетворенность внутреннего потребителя убывает, «Н» – удовлетворенность внутреннего потребителя попадает в нейтральную зону).

5) Составление матриц оценки качества варианта технологического решения внутренними потребителями по каждому из сравниваемых вариантов (таблица 4).

6) Расчет оценки качества  $i$ -го варианта путем суммирования по всем параметрам для данного варианта технологического решения.

7) Нормирование полученных значений критериев внутреннего качества:

$$K_{2in} = \frac{K_{2i}}{\max |K_{2i}|}, (-1 \leq K_{2in} \leq 1) \quad (5)$$

Значение, равное +1, соответствует наилучшему качеству варианта с точки зрения внутреннего потребителя.

Значение, равное -1, соответствует наихудшему качеству варианта с точки зрения внутреннего потребителя.

Значение, равное 0, соответствует нейтральному качеству варианта с точки зрения внутреннего потребителя (не улучшает, но и не ухудшает).

Таблица 4 – Матрица оценки качества  $i$ -го варианта технологического решения внутренним потребителем

Параметр качества процесса		Вес параметра качества процесса	Код по ММК	Оценка параметра качества процесса	Пояснения	Оценка варианта по параметру качества процесса
№	Название					
1	$g_1$	$A_2(g_1)$		$O_1$		$K_{2i} = A_2(g_1) \times O_1$
$l$	$g_l$	$A_2(g_l)$		$O_l$		$K_{2i} = A_2(g_l) \times O_l$
$q$	$g_q$	$A_2(g_q)$		$O_q$		$K_{2i} = A_2(g_q) \times O_q$
Критерий внутреннего качества по $i$ -му варианту						$K_{2i} = \sum_{l=1}^q A_2(g_l) \times O_l$

3 Расчет величины технологической себестоимости.

1) Определение по элементному методу значения технологической себестоимости по вариантам  $C_i$ .

2) Нормирование полученных значений:

$$C_{in} = \frac{\min C_i}{C_i}, (0 < C_{in} \leq 1) \quad (6)$$

Значение, равное 1, соответствует наилучшему варианту с точки зрения себестоимости его реализации.

4 Расчет комплексного показателя качества технологического решения.

1) Назначение весовых показателей качества и себестоимости  $a_1, a_2, b$ , исходя из того, что:

$$a_1 + a_2 + b = 1. \quad (7)$$

Аналитически определить весовые показатели качества невозможно, поэтому они определяются групповым методом экспертных оценок.

2) Определение комплексного показателя качества технологического решения:

$$Q_{компл} = K_{1in} a_1 + K_{2in} a_2 + C_i b \quad (8)$$

3) Выбор лучшего варианта технологического решения с максимальным

значением комплексного показателя качества.

На основе выполненных исследований разработана компьютерная программа «Выбор», предназначенная для выбора лучшего варианта технологического процесса из рассмотренных, реализованная в среде MS Excel.

Была проведена оценка экономической эффективности разработанной методики выбора оптимального варианта путем сравнения технологических процессов изготовления детали «Трубка» корпуса маслобака двигателя SaM 146.

Были рассмотрены 4 варианта технологических процессов, разработанных технологами ОАО «НПО «САТУРН»» в соответствии с существующими методиками. Вариант № 1 был отвергнут сразу же, поскольку при проверке оказалось, что он не может удовлетворить достаточно жестких требований к качеству. Из оставшихся трех оптимальным по существующей методике был признан 3-й вариант, обеспечивавший минимальную технологическую себестоимость детали ( $C_3 = 2570$  руб.,  $Q_{компл} = 0,88$ ). По предлагаемой же методике наилучшим из трех оставшихся был признан 4-й вариант, который не только обеспечивает несколько более высокое качество самой детали, но и гораздо более удобен для внутренних потребителей – механосборочного цеха ( $C_4 = 2617$  руб.,  $Q_{компл} = 0,96$ ).

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ существующих методов технико-экономического обоснования инженерных решений в отечественном машиностроении, в результате которого был выявлен ряд существенных недостатков их:

а) различие действительного качества деталей, имеющих формально одинаковые параметры качества, но изготовленных по разным вариантам технологического процесса, обусловленное множеством параметров, не нормируемых чертежом и технической документацией;

б) необъективность критерия минимальной технологической себестоимости при оценке качества технологического процесса.

2. Установлено, что методы технико-экономического обоснования выбора технологических решений в отечественном машиностроении нуждаются в совершенствовании.

3. Предложены математическая модель и алгоритм расчета комплексного критерия качества технологического процесса, учитывающая как требования к качеству продукции и процесса внешних и внутренних потребителей, так и себестоимость изготовления детали.

4. Апробация в производственных условиях в ОАО «НПО «САТУРН»» разработанного алгоритма, инженерной методики и компьютерной программы выбора лучшего варианта технологического процесса показала положительный результат.

5. Практическое использование методики выбора лучшего варианта технологического процесса позволяет повысить конкурентоспособность продукции отечественных машиностроительных предприятий.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

Непомилуев, В.В. Методология выбора оптимального варианта решения при проектировании технологического процесса [Текст] / В.В. Непомилуев, Е.Ю. Соколова // Вестник РГАТУ имени П.А. Соловьева №1 (24) 2013.– С.190-197.

### Публикации в прочих изданиях

Непомилуев, В.В. Методология выбора оптимального варианта технологического решения по комплексному критерию [Текст] / В.В. Непомилуев, Е.Ю. Соколова // Машиностроение – основа технологического развития России: сборник научных статей V Международной научно-технической конференции. – Курск. – 2013. – С.257-261.

Непомилуев, В.В. Предпосылки создания методики технико-экономического обоснования инженерных решений в машиностроении [Текст] / В.В. Непомилуев, Е.Ю. Соколова // Технологическое обеспечение качества машин и приборов: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний. – 2011. – С.74-76.

Непомилуев, В.В. Применение модели с пятью разрывами к оценке качества продуктов производства [Текст] / В.В. Непомилуев, Е.Ю. Соколова // Менеджмент качества продукции и услуг: материалы 3-й международной научно-технической конференции. – Брянск: БГТУ. – 2010. – Т. 2. – С.243-245.

Соколова, Е.Ю. Повышение степени обоснованности технических решений в авиадвигателестроении [Текст] / Соколова Е.Ю., Щекотуров Д.В. // Техника и технологии: пути инновационного развития: материалы II-ой Международной научно-практической конференции. – Курск. – 2012. – С.184-186.

Соколова, Е.Ю. Методика обоснования инженерных решений [Текст] / Соколова Е.Ю., Лещева В. // Материалы XXIX конференции молодых ученых и студентов. – Рыбинск: РГАТА. – 2005г.

Зав. РИО М. А. Салкова

Подписано в печать 25.11.2013 г.

Формат 60×84 1/16. Уч.-изд.л. 1. Тираж 100. Заказ 265.

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева (РГАТУ имени П. А. Соловьева)

152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53

Отпечатано в множительной лаборатории РГАТУ имени П. А. Соловьева

152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53