

**Министерство образования и науки Российской
Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования
«Российский экономический университет
имени Г.В. Плеханова»**

Кафедра математических методов в экономике

Методические указания
к деловой игре по дисциплине «Теория принятия решений»
для студентов, обучающихся по направлению «Экономика»
(профиль «Математические методы в экономике»)

Составитель: канд. физ.- мат. наук А. Ю. Меерсон

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОКРАЩЕНИЯ И ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
2. ЦЕЛЬ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ	4
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ НОВОГО ИЗДЕЛИЯ	5
3.1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ	5
3.2. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ И АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЭММ	8
3.3. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОРЯДОК ОТБОРА ФАКТОРОВ	11
3.3.1. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТРУДОЕМКОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ	12
3.3.2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТРУДОЕМКОСТЬ ОПЫТНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ УЗЛА (ПРИСПОСОБЛЕНИЯ)	16
3.4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ И ЕЁ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	17
3.5. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	24
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ	25
4.1. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ	25
4.2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МОДЕЛЯХ	27
4.2.1. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ СОЗДАНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ МАЛОГО КЛАССА	27
4.2.2. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	31
ПРИЛОЖЕНИЕ	35

ВВЕДЕНИЕ

Методической задачей проведения деловой игры является закрепление теоретических знаний студентов по теме «Экспертные методы» дисциплины «Теория принятия решений» на примере оценки себестоимости создания нового вида изделий - автомобиля. Полученные навыки могут быть в дальнейшем использованы в курсовом и дипломном проектировании.

В процессе деловой игры студенты осваивают экспертные методы прогнозирования, знакомятся с назначением, областью применения, эффективностью методов укрупненного определения затрат на создание нового изделия; выбирают основные параметры, характеризующие технический уровень изделия и технико-организационный уровень опытного производства; строят экономико-математические модели, позволяющие вырабатывать и принимать решения, касающиеся предпринимательской деятельности.

В процессе деловой игры студенты выступают то в роли экспертов-специалистов предприятий, то в роли аналитиков, самостоятельно осуществляя отбор значимых факторов, собирая и обрабатывая экспертную информацию и принимая решение о возможности использования полученных результатов.

1. СОКРАЩЕНИЯ И ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ЭММ - экономико-математическая модель;

ТУ - технический уровень изделия;

ТОУ - технико-организационный уровень производства;

С - стоимость создания (или разработки) нового изделия;

$C_{уз}$ - стоимость разработки основного узла (агрегата);

$C_{зп}$ - величина расходов по статье «Заработная плата»;

T - трудоемкость изготовления нового изделия;

$T_{изг}^н$, T_p^a - трудоемкость изготовления нового изделия и аналога в опытном производстве;

T_p^H, T_p^A - затраты труда рабочих при создании нового изделия и аналога;

$T_{ипр}^H, T_{ипр}^A$ - затраты труда ИТР и служащих при создании нового изделия и аналога;

$K_{пт}$ - планируемый коэффициент повышения производительности труда в опытном производстве;

$K_{сл}$ - интегральный показатель относительной сложности новой разработки;

$\gamma_{уз}$ - доля ведущего узла в стоимости разработки нового изделия;

γ_p - доля затрат труда рабочих в общей трудоемкости разработки изделия-аналога или нового изделия;

$\gamma_{зн}$ - доля расходов по статье «Заработная плата» в общей стоимости разработки;

$Ч_p, Ч_{ипр}$ - средняя стоимость человеко-часа рабочих, ИТР и служащих.

2. ЦЕЛЬ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ

Цель работы - показать студентам один из реальных методов прогнозирования себестоимости нового изделия на основе определения трудоемкости и стоимости создания новой техники, в частности, автомобилей. Расчеты осуществляются на компьютере с использованием экономико-математических моделей.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомление с методикой построения моделей и основными факторами, определяющими уровень затрат.
2. Проведение экспертизы по выбору основных факторов (эксперты - специалисты предприятий, в данном случае - студенты).
3. Обработка экспертной информации.
4. Расчет параметров модели.
5. Определение трудоемкости и стоимости создания нового изделия.
6. Оформление отчета.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ НОВОГО ИЗДЕЛИЯ

Для принятия решений в процессе осуществления предпринимательской деятельности часто приходится прибегать к процедурам прогнозирования. В частности, создание и освоение нового изделия требует предварительного учета множества обстоятельств. В частности, важнейшим оцениваемым параметром оказывается себестоимость, т.е. величина затрат труда и средств, связанных с реализацией предпринимательских планов.

Жизненный цикл новой техники состоит из четырех этапов:
исследование и разработка;
изготовление и производство;
обращение и реализация;
эксплуатация и утилизация (потребление).

В ходе деловой игры требуется спрогнозировать величину затрат труда и средств на начальной стадии жизненного цикла изделия. Эти сведения за некоторое время до начала массового или серийного производства необходимы для выбора оптимального варианта конструкции, определения длительности разработки, ее финансирования, определения капитальных вложений и решения других задач.

3.1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Среди методов определения затрат по степени детализации расчетов выделяют укрупненный и дифференцированный. Последний, в свою очередь, подразделяется по видам затрат, по этапам создания, по отдельным агрегатам и системам, а также бывает смешанный.

Дифференцированные методы определения затрат позволяют получить более точные результаты, но для этого нужно построить большое количество моделей и иметь соответствующие исходные данные.

Метод по видам затрат предполагает определение стоимости основных материалов на проектирование и изготовление опытных

образцов, заработной платы рабочих, ИТР и служащих, накладных расходов при проектировании и изготовлении новых изделий (см. рис.1). Заработная плата всех категорий работающих в этом случае определяется на базе расчета их трудовых затрат.

Метод по этапам создания предполагает определение стоимости и трудоемкости создания изделия как суммы затрат по основным этапам процесса разработки новой техники.

<i>Стоимость создания новой техники</i>		
Затраты на разработку (в конструкторском бюро (КБ))	+	Затраты на изготовление одного опытного образца
		Количество опытных образцов
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Материалы на разработку ▪ Заработная плата ИТР и служащих ▪ Отчисления от заработной платы ИТР и служащих ▪ Амортизационные отчисления (от основных средств КБ) ▪ Накладные расходы (в КБ) 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Материалы на технологические цели комплектующие ▪ Заработная плата основных производственных рабочих ▪ Отчисления от заработной платы основных производственных рабочих ▪ Амортизационные отчисления ▪ Накладные расходы опытного цеха

Рис.1. Схема формирования затрат на создание новой техники

Стоимость создания нового изделия может быть определена по затратам на разработку основного узла (агрегата, системы) изделия по формуле вида:

$$C = \frac{C_{уз}}{Y_{уз}} * 100\%, \quad (1)$$

где C - стоимость разработки нового изделия, руб.;

$C_{уз}$ - стоимость разработки ведущего узла, руб.;

$Y_{уз}$ - доля стоимости этого узла в стоимости разработки изделия (аналогичного или нового).

Аналогично общую стоимость создания нового изделия можно определить по стоимости одного из этапов разработки или статей затрат.

В данной работе предложено использовать смешанный, включающий вышеизложенные варианты, метод расчета затрат на создание нового изделия - автомобиля. Для этого предлагается следующий порядок проведения расчетов (рис.2):

1. построить модель и определить затраты труда рабочих (T^H_p) на всех этапах разработки, затем рассчитать затраты труда ИТР и служащих ($T^H_{итр}$), объединить их и определить трудоемкость создания нового изделия (T);
2. рассчитать основную заработную плату всех категорий работающих (рабочих, ИТР и служащих) ($C_{зп}$);
3. определить общую стоимость создания изделия методом приведения к базовой статье затрат:

$$C = \frac{C_{зп}}{Y_{зп}} * 100\% \quad (2)$$

где C - искомая стоимость разработки нового изделия, руб.;

$C_{зп}$ - величина расходов по статье «Заработная плата», руб.;

$Y_{зп}$ - доля заработной платы рабочих, ИТР и служащих в стоимости разработки.

Предложенный подход к установлению затрат на разработку нового изделия предопределен сложившейся практикой их учета в опытно-конструкторских организациях.

3.2. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ И АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЭММ

В настоящее время для построения экономико-математических моделей используют методы статистического и экспертного

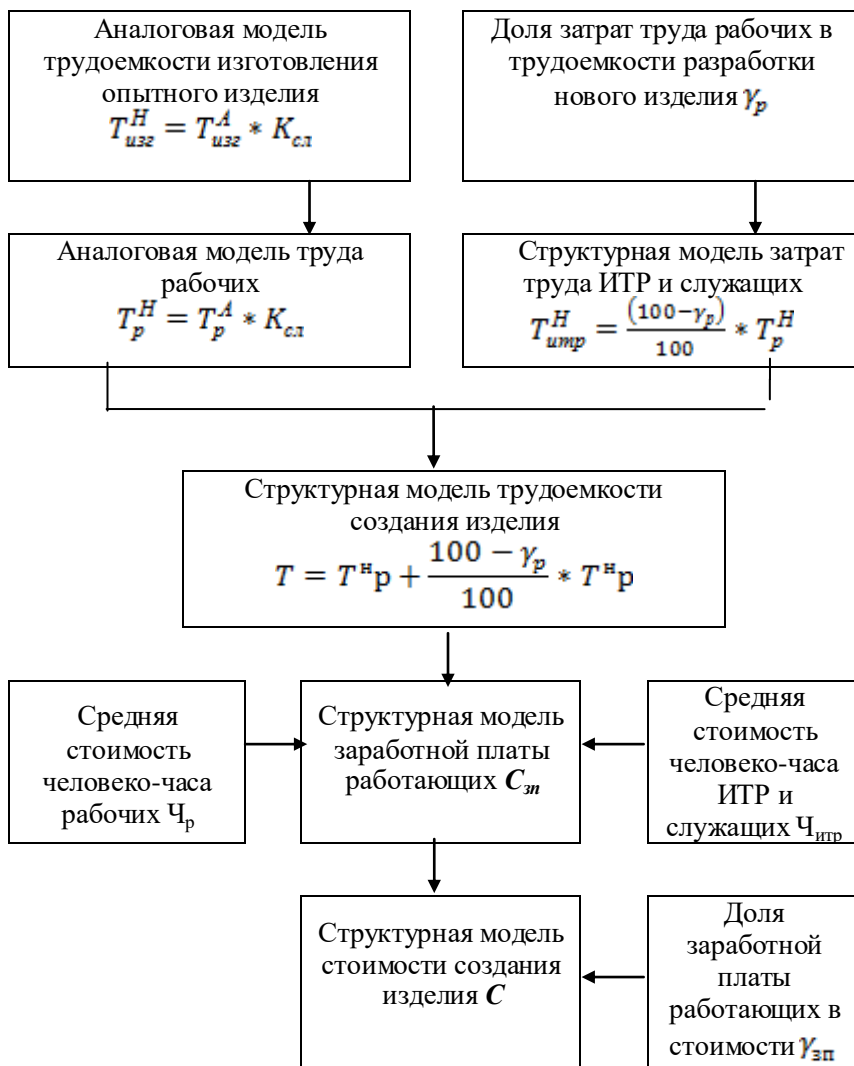


Рис. 2. Схема построения модели стоимости создания изделия.

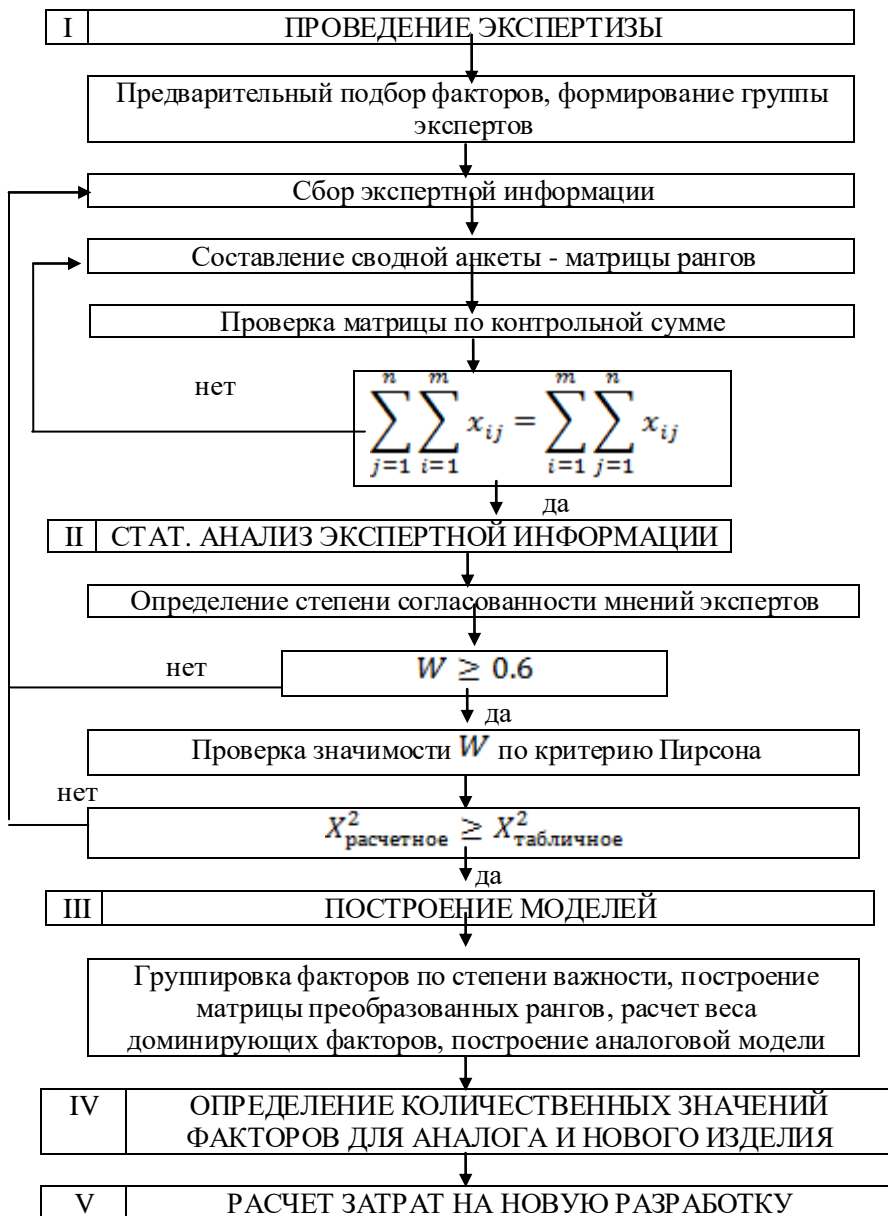


Рис.3. Алгоритм построения аналоговой модели и расчета затрат моделирования. Учитывая отсутствие в организациях необходимого и достаточного объема исходной информации для построения статистических моделей трудоемкости и стоимости создания новых изделий, предлагается применить метод экспертного моделирования. Для обработки исходной информации, полученной от «экспертов» (студентов), используется метод ранговой корреляции.

Экспертные модели в данном случае называют аналоговыми, так как в основе их лежит трудоемкость или стоимость разработки изделия-аналога:

$$T^H = T^A * \frac{K_{сз}}{K_{нм}} \quad (3)$$

где T^H - искомая трудоемкость создания объектов, час, н-час.;

T^A — трудоемкость создания аналога, час, н-час.;

$K_{сз}$ - интегральный показатель относительной сложности новой разработки;

$K_{нм}$ - планируемый показатель роста производительности труда.

При этом

$$K_{сз} = \sum_{i=1}^n \beta_i * \delta X_i \quad (4)$$

где n — количество факторов; β_i - показатель удельной значимости частных параметров,

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$$

δX_i - приращение частного параметра:

$$\delta X_i = X_i^H / X_i^A,$$

где X_i^H, X_i^A - частные параметры нового объекта и аналога.

В общем виде экспертная модель трудоемкости создания изделия имеет вид (5):

$$T = \frac{T_n}{K_{ин}} (\beta_1 * \delta X_1 + \beta_2 * \delta X_2 + \dots + \beta_n * \delta X_n) \quad (5)$$

В этой модели путем опроса экспертов и статистической обработки полученной при этом информации из большой совокупности выбирают основные параметры (X_1, X_2, \dots, X_n) и определяют численные значения из удельных весов (β_i).

Упрощенный алгоритм построения аналоговой модели трудоемкости $T_{изз}^H (T^H)$ на занятиях дан на рис.3.

Экспертизу предлагается проводить в один тур на основе уже предварительно подобранных факторов.

В реальных условиях экспертиза проводится в зависимости от степени сходимости мнений экспертов в несколько туров по более сложному алгоритму.

3.3. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОРЯДОК ОТБОРА ФАКТОРОВ

Аналоговая модель затрат труда всех рабочих (T_p^H) является исходной для построения всех остальных моделей определения затрат на создание новой техники. С одной стороны, выбор метода построения ЭММ определяет сложившаяся практика планирования и учета затрат на предприятиях. С другой стороны, трудоемкость как экономическая категория в наибольшей степени отражает изменения в техническом уровне, технологии изготовления нового изделия, технико-экономическом уровне опытного производства (рис.4).

На практике исследование и отбор факторов проводят в несколько этапов (рис.5).

На первом этапе набирается максимально полный спектр факторов, группируется и анализируется, на втором - с помощью

экспертов отбираются доминирующие факторы, т.е. те, что в наибольшей степени влияют на уровень трудоемкости.

3.3.1. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТРУДОЕМКОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

На рис. 4, 5 представлены результаты исследования факторов, характеризующих трудоемкость изготовления автомобиля в опытном производстве. Такое предварительное исследование облегчает работу экспертов, повышает качество моделей, а в дальнейшем позволяет их совершенствовать.



Рис. 4. Укрупненная группировка факторов, определяющих уровень трудоемкости изготовления опытного изделия.

Уровень функционального совершенства автомобиля определяет его надежность и производительность. Надежность характеризуется способностью автомобиля находиться в технически исправном состоянии в течение определенного периода

времени. Повышение надежности улучшает показатели регулярности и безопасности его эксплуатации.

Уровень **конструктивного совершенства** определяет весовые, динамические, энергетические, экологические показатели, комфорт в салоне, качество систем управления. Все перечисленные параметры взаимосвязаны между собой. Например, по данным анализа сухая масса легкового автомобиля также влияет на долговечность, надежность конструкции, уровень комфорта. При определенной мощности двигателя сухая масса определяет динамические свойства и экономичность машины. С параметрами массы связан важнейший показатель - ресурс, т.е. пробег до первого капитального ремонта. Снижение массы осуществляется в основном за счет применения неметаллических материалов.

Показатели максимальной скорости движения автомобильного транспорта в настоящее время превышают допустимые скорости на дорогах РФ. Увеличение скорости позволяет улучшать удельные показатели, в т.ч. показатели разгона, что очень важно для безопасности движения. Кроме того, это повышает экономичность двигателей.

Уровень **эксплуатационного совершенства** определяет совокупность свойств, в частности эксплуатационная технологичность. Она характеризует приспособленность конструкции и систем к высокоэффективным методам ремонта и обслуживания. На эксплуатационную технологичность оказывают влияние контролепригодность, доступность, легкосъемность, взаимозаменяемость, унификация систем и агрегатов. На практике эксплуатационная технологичность оценивается нормативной трудоемкостью техобслуживания и ремонта.



Рис. 5. Основные этапы выбора доминирующих факторов

Трудоемкость технического обслуживания и ремонта снижается по мере конструктивных и технологических усовершенствований автомобиля и его узлов.

Под **технологическим совершенством** понимают такие свойства конструкции, при помощи которых можно достигнуть в процессе опытного и серийного производства наиболее высоких производственных показателей: снижения трудоемкости, длительности цикла обработки, высокой степени механизации и автоматизации процессов. Этому способствует расчленение автомобиля на узлы, минимальное количество деталей, простота конструкции, выбор конструкционных материалов, минимальный их расход и др.



Рис.6. Классификация факторов, характеризующих технико-организационный уровень производства

Сложившийся технико-организационный уровень опытного производства в общем виде учитывает трудоемкость изготовления автомобиля-аналога. Но технико-организационный уровень производства изменяется во времени. Это может быть учтено либо планируемым коэффициентом повышения производительности труда, либо показателями, характеризующими уровень оснащенности, механизации, автоматизации и др. (рис.6).

После анализа и предварительного отбора факторов, проведения 1 тура экспертизы со специалистами, для проведения 2 тура опроса осталось девять факторов (табл.1).

Выбирая факторы, определяющие трудоемкость изготовления опытного образца, специалисты руководствовались современными требованиями к конструкции и технологии изготовления автомобиля, периодом упреждения проводимых расчетов трудоемкости и стоимости создания автомобиля.

Табл.1. Факторы, определяющие трудоемкость изготовления опытного образца и подлежащие ранжированию во 2 туре.

№ п/п	Наименование фактора	Обозначение	
1.	Степень новизны изготовления опытного образца	K_H	X_1
2.	Скорость максимальная	$V_{МАЧ}$	X_2
3.	Масса сухого автомобиля	$G_{СУХ}$	X_3
4.	Мощность двигателя	$N_{МАХ}$	X_4
5.	Количество ступеней трансмиссии	$Z_{ТР}$	X_5
6.	Соотношение применяемых материалов в конструкции	K_M	X_6
7.	Комфортабельность	$П_K$	X_7
8.	Изменение внешнего вида, интерьера, оборудования	$П_{ИВ}$	X_8
9.	Количество узлов, заменяемых электронными системами	$П_Э$	X_9

3.3.2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТРУДОЕМКОСТЬ ОПЫТНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ УЗЛА (ПРИСПОСОБЛЕНИЯ)

Необходимо определить трудоемкость и стоимость разработки конструкции приспособления для протягивания крышек шатуна легкового автомобиля. После анализа и предварительного отбора факторов, проведения 1 тура экспертизы со специалистами для проведения 2 тура опроса осталось одиннадцать факторов (табл. 2).

Табл. 2. Факторы, определяющие трудоемкость опытного изготовления узла (приспособления) и подлежащие ранжированию во 2 туре.

№ п/п	Наименование фактора	Обозначение	
1.	Степень новизны приспособления	K_H	X_1
2.	Быстродействие приспособления	t	X_2
3.	Соотношение применяемых материалов	K_M	X_3
4.	Общая масса приспособления	G	X_4
5.	Сила зажима детали в приспособлении в зависимости от сил резания и их моментов	Q	X_5
6.	Коэффициент унификации	K_y	X_6
7.	Коэффициент стандартизации	K_C	X_7
8.	Количество одновременно протягиваемых крышек шатуна	Π	X_8
9.	Габариты крышки шатуна	L	X_9
10.	Точность обработки крышки шатуна (по качеству)	JT	X_{10}
11.	Программа выпуска крышек шатуна автомобиля, для которых используется протяжное приспособление	B	X_{11}

3.4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ И ЕЁ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Сбор мнений экспертов осуществляется путем их опроса. Каждый студент в роли эксперта самостоятельно заполняет анкету (форма 1), в которую вносит перечень предлагаемых для ранжирования факторов (из таблицы 1 или 2).

Правила заполнения анкеты:

1. Фактору, который, по мнению эксперта, оказывает наибольшее влияние на уровень трудоемкости, присваивается ранг 1, следующему по значимости - ранг 2 и т.д.
2. Если влияние двух и более факторов, по мнению эксперта, одинаково, им присваивают одинаковые ранги (случай связанных рангов).

На занятиях анкеты собирает бригадир подгруппы (5-7 человек) и сводит полученную информацию в таблицу-матрицу рангов (таблица 3).

Форма 1.

АНКЕТА № _____ Ф.И.О. эксперта _____

№	НАИМЕНОВАНИЕ ФАКТОРА	Обозначения		Ранг показателя	Приме- чание
		Буквен- ное	Индекс		
			X ₁		
			X ₂		
			X ₃		
			X ₄		
			X ₅		
			X ₆		
			X ₇		
			X ₈		
			X ₉		
			X ₁₀		
			X ₁₁		

Цель дальнейшей работы - определить степень влияния каждого фактора на трудоемкость как усредненное мнение группы экспертов; оценить степень согласованности их оценок.

Расчет матрицы рангов и статистический анализ экспертной информации проводит в реальных условиях либо квалифицированный специалист предприятия (как правило, эксперт в области организации производства), либо приглашенный аналитик.

Табл. 3. Матрица рангов.

№ экс-перта	Ранги, установленные для факторов						Сумма рангов по факторам
	1	2	...	j	...	n	
1	x_{11}	x_{12}		x_{1j}		x_{1n}	$\sum_{j=1}^n x_{ij}$
2	x_{21}	x_{22}		x_{2j}		x_{2n}	
3	x_{31}	x_{32}		x_{3j}		x_{3n}	
...							
i	x_{i1}	x_{i2}		x_{ij}		x_{in}	
...							
m	x_{m1}	x_{m2}		x_{mj}		x_{mn}	
Сумма рангов по экспертам	$\sum_{i=1}^m x_{ij}$						$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}$
σ	$\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m x_{ij}}{n}$						—
σ^2							S

На занятиях все расчеты осуществляют студенты каждой подгруппы.

В таблице 1:

m - количество экспертов, n - количество факторов; $i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$.

$\sum_{i=1}^m x_{ij}$ - сумма рангов по строкам, $\sum_{j=1}^n x_{ij}$ - сумма рангов по столбцам.

Правильность заполнения сводной анкеты проверяется по контрольной сумме, которая рассчитывается по формуле:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = \frac{(1+n) \times n}{2} \quad (6)$$

Суммы всех столбцов в матрице должны быть равны между собой и совпадать с контрольной суммой.

Сумма всех строк должна совпадать с суммой по всем столбцам:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (7)$$

Фактор, который, с точки зрения экспертов, является наиболее важным, имеет наименьшую сумму рангов, и наоборот.

В случае связанных рангов, когда условие (7) не выполняется, следует построить аналогичную матрицу (табл.3) переформированных рангов. В этой матрице осуществляется перегруппировка рангов, если какой-либо эксперт присвоил одинаковые ранги различным факторам.

Например, факторам под номерами 1-6 присвоены следующие ранги: 1; 2; 3; 3; 2; 3. В процессе переформирования факторам 2 и 5, изначально получившим одинаковые ранги, равные 2, и, соответственно, поделившим 2-3 места, присваивается ранг

$$x'_j = \frac{2+3}{2} = 2,5.$$

Факторам 3, 4 и 6, изначально получившим одинаковые ранги, равные 3, и, соответственно, поделившим 4-6 места, присваивается ранг

$$x'_j = \frac{4+5+6}{3} = 5.$$

В результате в новую матрицу эти факторы войдут со следующими рангами: 1; 2,5; 5; 5; 2,5; 5.

Следующим шагом необходимо определить степень согласованности мнений и насколько оно вероятно.

Группировка и отбор факторов имеет смысл, если средняя степень согласованности мнений экспертов не является случайной. Для этого проверяют значимость коэффициентов сходимости мнений (коэффициент конкордации), который вычисляется по формуле:

$$W = \frac{12 \times S}{m^2 \times (n^3 - n)} \quad (8)$$

где

$$S = \sigma^2 = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij}}{n} \right)^2 \quad (9)$$

- сумма квадратов отклонений всех рангов каждого фактора (объекта экспертизы) от среднего значения.

Когда мнение специалистов полностью совпадает, то $W=1$. При полном несовпадении $W=0$. Таким образом, фактическое значение коэффициента конкордации лежит в пределах

$$1 \geq W \geq 0.$$

При наличии связанных рангов W определяется по формуле:

$$W = \frac{S}{\left[\frac{m^2 \times (n^3 - n)}{12} - m \times \sum_{i=1}^m T_i \right]}, \quad (10)$$

где

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^n (t^3 - t) \quad (11)$$

t – число одинаковых связанных рангов в каждом столбце матрицы рангов.

Например, один эксперт присвоил 13 факторам следующие ранги: 3, 4, 2, 2, 1, 6, 2, 6, 5, 7, 4, 5, 8. Тогда для него: ранг 2 повторяется 3 раза, ранг 4 – 2 раза, ранг 6 – 2 раза, 5 – 2, и, следовательно,

$$T_i = \frac{(3^3 - 3 + 2^3 - 3 + 2^3 - 2 + 2^3 - 2)}{12} = \frac{42}{12} = 3,5$$

Сумма для всех экспертов, у которых обнаружались связанные ранги, подсчитывается по формуле:

$$\sum_{i=1}^m T_i = \sum_{i=1}^m \frac{1}{12} \sum_{j=1}^n (t_j^3 - t_j) \quad (12)$$

Для оценки значимости коэффициентов конкордации используется критерий Пирсона (χ^2):

$$X^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \times [m \times n \times (n + 1)]} \quad (13)$$

или при наличии связанных рангов

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mn(n + 1) - \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^m T_i}. \quad (14)$$

Если вычисленное значение χ^2 будет больше табличного (см. таблицу в приложении) для $(n-1)$ степеней свободы, то можно утверждать, что имеется неслучайная согласованность в мнениях специалистов. Подтвердить сделанный вывод можно посредством определения вероятности $P(\chi^2)$ (см. там же).

На основании полученных сумм рангов по строкам строим гистограмму (рис. 7): по оси абсцисс откладываются факторы в

порядке убывания значимости, а по оси ординат их ранговые

суммы $\sum_{i=1}^m x_{ij}$.

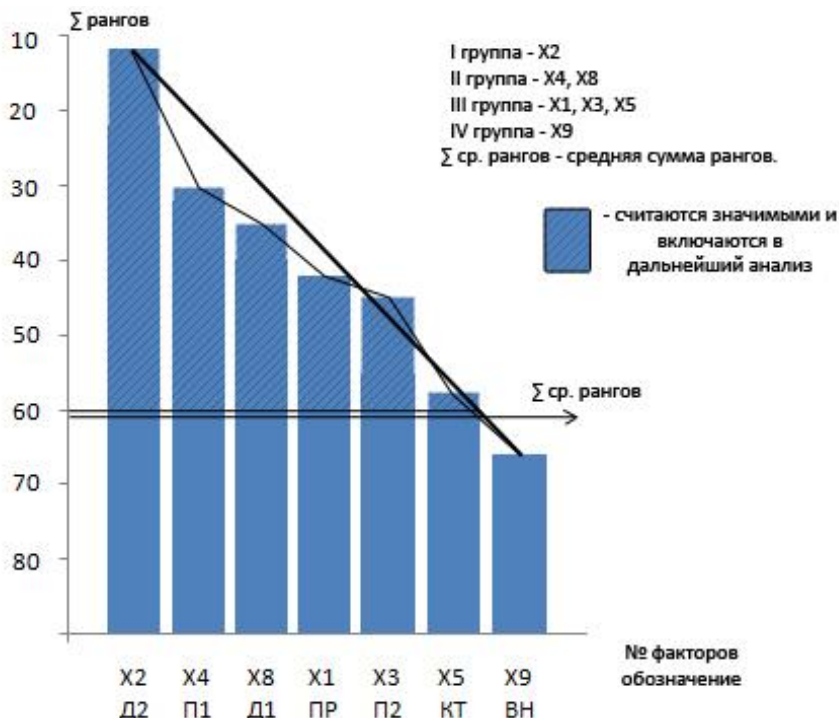


Рис. 7. Пример гистограммы и полигона.

Возможны три варианта, определяющие порядок отбора факторов (пояснения к рис.7):

1. Убывание значимости (возрастание суммы рангов) экспоненциальное. Это случай с большими спадами, что позволяет сразу произвести отсев несущественных факторов.
2. Убывание почти линейное. Случай наибольшей согласованности мнений специалистов. В анализ и модель включаются все факторы.

3. Убывание подчиняется параболическому закону. Можно отсеивать несколько факторов.

Отбор основных параметров проводится относительно средней суммы рангов (15), если расчет ведется на компьютере. Все, что меньше средней суммы рангов, считается значимой величиной:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} < (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}) / n. \quad (15)$$

Соответствующие факторы включаются в дальнейший анализ, прочие отбрасываются как несущественные.

Если исследование проводится аналитиком «вручную», увеличиваются возможности включения в модель тех или иных объектов экспертизы (в данном случае - факторов).

На занятиях при отборе студентам рекомендуется пользоваться средней суммой рангов.

В результате формируется новый порядок факторов. Например, факторы X1,..., X6 имеют суммы рангов, равные, соответственно: 8, 12, 24, 31, 14, 18. Среднее значение сумм рангов равно 25. Следовательно, факторы X4 и X6 отбрасываются, а оставшиеся располагаются в другом порядке и перенумеровываются:

Исходный порядок факторов	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Значения сумм рангов	8	12	24	31	14	48
Новый порядок факторов	X1	X2	X4	-	X3	-

В последующие расчеты удельных весов каждого параметра (β_i) включают полученный порядок факторов:

Новый порядок факторов	X1	X2	X3	X4
Значения сумм рангов	8	12	14	24

3.5. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Для определения значимости каждого отобранного фактора (из k факторов) строят и рассчитывают матрицу преобразованных рангов (таблица 4).

В таблице 4 преобразованные ранги обозначаются R_{ij} . Преобразование производится по следующей схеме:

$$((n+1) - X_{ij}) = R_{ij}$$

Табл.4. Матрица преобразованных рангов.

№№ экспертов	Обозначения факторов/Номера факторов/ Ранги, установленные для факторов								Сумма по факторам
	X1	X2	X3		Xj			Xk	
	1	2	3	...	j	...		k	
1	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃		R _{1j}			R _{1k}	
2	R ₂₁	R ₂₂	R ₂₃		R _{2j}			R _{2k}	
3	R ₃₁	R ₃₂	R ₃₃		R _{3j}			R _{3k}	
...									
i	R _{i1}	R _{i2}	R _{i3}		R _{ij}			R _{ik}	
...									
m	R _{m1}	R _{m2}	R _{m3}		R _{mj}			R _{mk}	
Сумма рангов по экспертам	$\sum_{i=1}^m R_{ij}$								$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m R_{ij}$
β_i									1

По преобразованным рангам вычисляются суммы:

$$R_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (16)$$

Веса факторов на основании оценок всех экспертов вычисляются по формуле:

$$\beta_i = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m R_{ij}} \quad (17)$$

где β_i - средний вес i-го фактора.

Теперь можно полностью записать экспертную ЭММ трудоемкости изготовления опытного образца (по формулам 3, 5) и выбрать из нескольких моделей наиболее целесообразную для дальнейших расчетов.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ

4.1. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Расчет проводится в соответствии со схемой, показанной на рис.2. По аналогии с базовой моделью $T_{\text{изг}}^{\text{H}}$ строится модель T_{p}^{H} :

$$T_{\text{p}}^{\text{H}} = T_{\text{p}}^{\text{A}} \times \frac{K_{\text{сл}}}{K_{\text{пт}}}$$

или¹

$$T_{\text{p}}^{\text{H}} = \frac{T_{\text{a}}}{K_{\text{nm}}} (\beta_1 \cdot \delta X_1 + \beta_2 \cdot \delta X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n)$$

¹ В формуле не учтено количество изготовленных опытных образцов ($N_{\text{обр}}$) и коэффициент доводки ($K_{\text{дов}}$).

Затраты труда ИТР, разработчиков новой техники, и служащих определяются по формуле:

$$T_{ИТР}^n = \frac{T_p^n}{\gamma_p} \cdot (100\% - \gamma_p), \quad (18)$$

где γ_p - доля затрат труда рабочих в общей трудоемкости разработки аналога или нового изделия.

Трудоемкость создания всего изделия T^H определяется по структурной модели вида:

$$T^H = T_p^n + \frac{T_p^n}{\gamma_p} (100\% - \gamma_p). \quad (19)$$

Заработная плата работающих рассчитывается по формуле:

$$C_{зн} = T_p^n \cdot \chi_p + T_{ИТР}^n \cdot \chi_{ИТР}, \quad (20)$$

где χ_p , $\chi_{ИТР}$ - средняя стоимость человеко-часа рабочих и, соответственно, ИТР и служащих.

Структурная модель укрупненного определения стоимости создания новой техники имеет вид:

$$C = C_{зп} + \frac{C_{зп}}{\gamma_{зп}} \times 100\% \quad (21)$$

где $\gamma_{зп}$ - доля заработной платы работающих в общей стоимости разработки.

Работа заканчивается расчетом по разработанным моделям трудоемкости и стоимости создания нового изделия. Исходная информация для проведения расчетов дана в следующем параграфе.

4.2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МОДЕЛЯХ

4.2.1. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ СОЗДАНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ МАЛОГО КЛАССА

Изменение степени новизны изготовления опытного образца автомобиля определяется по формуле:

$$\delta K_H = \frac{1 - K_3^H}{1 - K_3^A}, \quad (22)$$

где K_3^H, K_3^A - коэффициент заимствованных узлов, агрегатов, систем в массовом (серийном) производстве у нового автомобиля и аналога.

Изменение соотношения применяемых в конструкции материалов определяется по формуле:

$$\delta K_M = \frac{\sum_{i=1}^n K_{OB_i}^H \times m_i^H}{\sum_{i=1}^n K_{OB_i}^A \times m_i^A} \quad (23)$$

где K_{OB}^H, K_{OB}^A - средневзвешенное соотношение трудоемкости обработки различных видов (марок) материалов у нового автомобиля и аналога;

m_i^H, m_i^A - удельный вес (%) i -го вида материалов у нового автомобиля и аналога.

В конструкции автомобиля используются металлы и неметаллические материалы (пластмассы). Если трудоемкость обработки стали принять за 1, то трудоемкость изготовления деталей из пластмасс составит 0,3.

Оценка изменения внешнего вида автомобиля, интерьера и оборудования определяется по формуле:

$$P_{ИВ} = K_H * Y_H + K_K * Y_K, \quad (24)$$

где $P_{ИВ}$ - комплексный показатель внешнего вида автомобиля;

$U_{И}$ - условная оценка степени изменения интерьера и оборудования;

$U_{К}$ - условная оценка степени изменения внешнего вида автомобиля;

$K_{и}, K_{к}$ – весовые коэффициенты показателей оценки.

Таблица 5. Исходные показатели для расчета модели T^H_p ($T^H_{изг}$) при создании автомобиля

№ п/п	Наименование сравниваемых конструктивных показателей	Обозначение	Изделие	
			новое	аналог
1	2	3	4	5
1	Коэффициент заимствованных узлов, агрегатов, систем	K_3	0,355	0,615
2	Соотношение трудоемкости обработки различных марок материалов:	$K_{Об}$		
	Сталь		1,0	1,0
	Пластмасса		0,3	0,3
3	Удельный вес марок материалов:	m_i		
	Сталь		65%	77,7%
	Пластмасса		35%	22,3%
4	Степень изменения интерьера нового автомобиля относительно аналога	$U_{И}$	1,42	
5	Степень новизны внешнего вида нового автомобиля относительно аналога	$U_{К}$	0,5	
6	Весовые коэффициенты	$K_{П}$	0,6	0,6
		$K_{К}$	0,4	0,4
7	Количество ступеней трансмиссии	$Z_{ТР}$	5	

Продолжение табл.5.

1	2	3	4	5
8	Полезная вместимость салона нового автомобиля относительно аналога	$У_B$	1,987	
9	Уровень шума в салоне базовой модели относительно новой	$У_{Ш}$	1,04	
10	Плавность хода базовой машины относительно новой	$У_X$	1,0865	
11	Весовые коэффициенты показателей	K_B	0,45	0,45
		$K_{Ш}$	0,3	0,3
		K_X	0,25	0,25
12	Скорость максимальная	V_{max}	140	120
13	Мощность двигателя максимальная	N_{max}	75	50
14	Масса сухого автомобиля	$G_{сух}$	1015	1015
15	Количество узлов, заменяемых электронными системами	$П_Э$	3	1

Изменение количества ступеней трансмиссии определяется по формуле:

$$K_{TP} = \frac{Z_{TP}^n}{Z_{TP}^a}, \quad (25)$$

где Z_{TP}^n , Z_{TP}^a - количество ступеней трансмиссии в новом автомобиле и аналоге.

Оценка комфортабельности автомобиля определяется по формуле:

$$П_K = K_B * У_B + K_{Ш} * У_{Ш} + K_X * У_X \quad (26)$$

где P_K — комплексный показатель оценки комфортабельности автомобиля;

U_B - оценка полезной вместимости пассажирского салона;

$U_{Ш}$ - оценка уровня шума в салоне;

U_X - оценка плавности хода автомобиля;

$K_B, K_{Ш}, K_X$ - весовые коэффициенты показателей оценки.

Показатели, характеризующие комфортабельность, внешний вид, интерьер, оборудование, рассчитываются по сложным зависимостям. Поэтому обобщенные, предварительно подсчитанные данные для перспективного легкового автомобиля приведены в табл. 5 и табл.6.

Таблица 6. Исходные данные для расчета трудоемкости и стоимости создания перспективного легкового автомобиля

Обозначение	Наименование экономических показателей	Величина показателя
1	2	3
$T_{изг}^a$	Трудоемкость изготовления автомобиля в опытном производстве (чел-час)	19 000
T_p^a	Затраты труда рабочих в трудоемкости создания автомобиля (чел-час)	23 000
$K_{пт}$	Плановый коэффициент повышения производительности	1,06
$У_p$	Доля затрат труда рабочих в общей трудоемкости разработки базового автомобиля	18%
$Ч_p$	Средняя стоимость человеко-часа рабочих (руб.)	16,4
$Ч_{итр}$	Средняя стоимость человеко-часа ИТР и служащих (руб.)	--- ¹
$У_{зп}$	Доля заработной платы работающих в общей стоимости разработки базового автомобиля	25%

¹ Уточняется в соответствии с текущими данными социально-экономической статистики.

4.2.2. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Изменение степени новизны изготовления опытного образца приспособления определяется по формуле:

$$\delta K_H = \frac{1 - K_3^H}{1 - K_3^A}, \quad (27)$$

где K_3^H, K_3^A - коэффициент заимствованных деталей и подузлов в новом приспособлении и аналоге.

Изменение соотношения применяемых в конструкции материалов определяется по формуле:

$$\delta K_M = \frac{\sum_{i=1}^n K_{OB_i}^H \cdot m_i^H}{\sum_{i=1}^n K_{OB_i}^A \cdot m_i^A} \quad (28)$$

где K_{OB}^H, K_{OB}^A - средневзвешенное соотношение трудоемкости обработки различных марок материалов у нового автомобиля и аналога;

m_i^H, m_i^A - удельный вес (%) марок материалов для i -го вида материала в новом приспособлении и аналоге.

К примеру, в конструкции приспособления для протягивания крышки шатуна используется чугун, конструкционные стали, бронза, резина, хром и т.п. Если трудоемкость обработки стали принять за 1, то трудоемкость обработки чугуна составит 1,3, а прочих металлов – 0,3.

Обобщенные данные, характеризующие конструктивные и технологические показатели создания нового приспособления, представлены в табл.7 и табл.8.

Таблица 7. Исходные показатели для расчета модели T_p^H ($T_{изг}^H$) при создании нового приспособления

№ п/п	Наименование сравниваемых конструктивных показателей	Обозначение	Изделие	
			новое	аналог
1	2	3	4	5
1	Коэффициент заимствования деталей и узлов	K_3	0,395	0,292
2	Быстродействие гидравлического и механического приспособления (секунд)	t	2	20
3	Соотношение трудоемкости обработки различных марок материалов:	$K_{Об}$	1,0	1,0
	Сталь		1,3	1,3
	Чугун		0,3	0,3
	Прочие			
4	Удельный вес в % марок материалов:	m_i		
	Сталь		64%	70%
	Чугун		32%	25%
	Прочие		4%	5%
5	Общая масса приспособления, кг	G	150	200
7	Коэффициент унификации	K_y	0,14	0,07
8	Коэффициент стандартизации	K_C	0,25	0,21
9	Количество одновременно протягиваемых крышек шатуна, шт	П	4	2

Продолжение табл.7.

1	2	3	4	5
10	Габариты крышки шатуна, мм	L	90	85
11	Точность обработки крышки шатуна (по качеству)	ЛГ	6	7
12	Программа выпуска крышек шатуна автомобиля, для которых используется протяжное приспособление	B	1000000	240000

Табл. 8. Исходные данные для расчета трудоемкости и стоимости создания приспособления

Обозначение	Наименование экономических показателей	Величина показателя
$T_{изг}^a$	Трудоемкость изготовления автомобиля в опытном производстве (чел-час)	330
T_p^a	Затраты труда рабочих в трудоемкости создания автомобиля (чел-час)	420
$K_{пт}$	Плановый коэффициент повышения производительности	1,06
$У_p$	Доля затрат труда рабочих в общей трудоемкости разработки базового автомобиля	22%
$Ч_p$	Средняя стоимость человеко-часа рабочих (руб.)	21,4
$Ч_{итр}$	Средняя стоимость человеко-часа ИТР и служащих (руб.)	17,8
$У_{зп}$	Доля заработной платы работающих в общей стоимости разработки базового автомобиля	20%

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Таблица вероятностей $P(X^2)$ для критерия X^2 (критерия согласия Пирсона)

	1	2	3	4	5	6	7
1	0,3173	0,6065	0,8013	0,9098	0,9626	0,9856	0,9948
2	1574	3679	5724	7318	8491	9197	9598
3	0833	2231	3916	5578	7000	8088	8850
4	0455	1358	2615	4060	5494	6767	7798
5	0254	0821	1718	2373	4159	5438	6600
6	0148	0498	1116	1991	3062	4232	5398
7	0081	0302	0719	1859	2206	3208	4289
8	0047	0188	0460	0916	1562	2381	3326
9	0027	0111	0298	0611	1091	1736	2527
10	0016	0067	0186	0404	0752	1247	1886
11	0009	0041	0117	0266	0514	0884	1386
12	0005	0025	0074	0174	0348	0620	1006
13	0003	0015	0046	0113	0234	0430	0721
14	0002	0009	0029	0073	0156	0296	0512
15	0001	0006	0018	0047	0104	0203	0360
16	0001	0003	0011	0030	0063	0138	0251
17	0000	0002	007	0019	0045	0093	0174
18	-	0001	0004	0012	0029	0062	0120
19	-	0001	0003	0008	0019	0042	0082
20	-	0000	0002	0005	0013	0028	0056
21	-	-	0001	0003	0008	0018	0038
22	-	-	0001	0002	0005	0012	0025
23	-	-	0000	0001	0003	0008	0017
24	-	-	-	0001	0002	0005	0011
25	-	-	-	0001	0001	0003	0008
26	-	-	-	0000	0001	0002	0005
27	-	-	-	-	0001	0001	0003
28	-	-	-	-	0000	0001	0002
29	-	-	-	-	-	0001	0001
30	-	-	-	-	-	0000	0001

Продолжение.

	8	9	10	11	12	13	14
1	0,9982	0,994	0,998	0,999	1,0000	1,0000	1,000
2	9810	9915	9963	9985	0,9994	0,9998	0,999
3	9344	9648	9814	9907	9955	9979	9991
4	8571	9114	9473	9699	9834	9912	9955
5	7576	8348	8912	9312	9580	9752	9858
6	6472	7399	8153	8734	9161	9462	9665
7	5366	6371	7254	7991	8576	9022	9347
8	4335	5341	6288	7133	7851	8436	8893
9	3423	4373	5321	6219	7029	7729	8811
10	2650	3505	4405	5304	6160	6939	7622
11	2017	2757	3575	4433	5289	6108	6860
12	1512	2133	2351	3626	4457	5276	6063
13	1119	1626	2237	2933	3690	4478	5265
14	0818	1223	1730	2330	3007	3738	4497
15	0591	0909	1321	1825	2414	3074	3782
16	0424	0669	0996	1411	1912	2491	3184
17	0301	0487	0744	1079	1496	1993	2562
18	0212	0352	0550	0816	1157	1575	2068
19	0149	0252	0403	0611	0885	1231	1649
20	0103	0179	0293	0453	0671	0952	1301
21	0071	0126	0211	0334	0504	0729	1016
22	0049	0089	0151	0244	0375	0554	0786
23	0034	0062	0107	0177	0277	0417	0603
24	0023	0043	0076	0127	0203	0311	0458
25	0016	0030	0053	0091	0148	0231	0346
26	0010	0020	0037	0065	0107	0170	0259
27	0007	0014	0026	0046	0077	0124	0193
28	0005	0010	0018	0032	0055	0090	0142
29	0003	0006	0012	0023	0039	0065	0104
30	0002	0004	0009	0016	0028	0047	0076