

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

И.С. Нагорский
В.Б. Ловкис
Ю.Т. Антонишин

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Пособие по изучению
дисциплины в 4-х частях*

Часть 3, 4

**Минск
2008**

УДК 011.89(07)
ББК 72.4я7
Н 16

Рекомендовано научно-методическим советом агрономического факультета БГАТУ
Протокол № 5 от 25 сентября 2007 г.

Авторы: академик Национальной академии наук Беларуси и Российской академии сельскохозяйственных наук, д-р техн. наук, проф. **И.С. Нагорский**;
канд. техн. наук, доц. **В.Б. Ловкис**;
канд. техн. наук, доц. **Ю.Т. Антонишин**

Рецензенты: Первый заместитель Генерального директора РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», д-р техн. наук **В.В. Азаренко**;
вед. научный сотрудник ОХП «Институт сварки и защитных покрытий», канд. техн. наук **Г.А. Иванов**

Нагорский, И.С.

Н16 Основы научных исследований : пособие по изучению дисциплины : в 4-х ч. Ч. 3, 4 / И.С. Нагорский, В.Б. Ловкис, Ю.Т. Антонишин. – Минск : БГАТУ, 2008. – 108 с.
ISBN 978-985-519-021-0 (Ч. 3, 4)
ISBN 985-6770-22-X (Ч. 1, 2)

УДК 011.89(07)
ББК 72.4я7

ISBN 978-985-519-021-0 (Ч. 3, 4)
ISBN 985-6770-22-X (Ч. 1, 2)

© БГАТУ, 2008

Часть 3 ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

3.1 ПОНЯТИЕ О ДИСПЕРСИОННОМ И РЕГРЕССИОННОМ АНАЛИЗАХ

Если возвести в квадрат правую и левую части тождества

$$y_i - y_i = y_i - \bar{y}_i - (y_i - \bar{y}_i) \quad (1)$$

и просуммировать полученные выражения от $i=1$ до n , то после преобразований получим уравнение, которое играет фундаментальную роль в дисперсионном анализе:

$$\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (y_i - \bar{y})^2 + \sum (y_i - y)^2. \quad (2)$$

В левой части уравнения (2) находится общая сумма квадратов отклонений i -х наблюдений от среднего \bar{y} ; первое слагаемое правой части уравнения (2) – это сумма квадратов, обусловленная регрессией (отклонений вычисленных значений, соответствующих i -м наблюдениям, от общего среднего), а второе слагаемое – остаточная сумма квадратов (отклонений i -х наблюдений от значений y_i , вычисленных по уравнению регрессии).

В соответствии с выражением (2) можно построить таблицу дисперсионного анализа (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение вариаций относительно среднего \bar{y}

Источник рассеяния	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат
Регрессия	$S_R = \sum_i (y_i - \bar{y})^2 = b_1^2 \sum_i (x_i - \bar{x})^2 = b_1 \left(\sum_i x_i y_i - n \bar{x} \bar{y} \right)$	1	MS_R
Относительно регрессии (остаток)	$S_e = \sum_i (y_i - y_i)^2$ (по разности)	2	MS_e
Общий, скорректированный на среднее	$S_0 = \sum_i (y_i - \bar{y})^2 = \sum y_i^2 - n \bar{y}^2$	$n - 1$	MS_0

Более общей является таблица дисперсионного анализа (таблица 2), включающая корректирующий фактор, обусловленный регрессией $b_0 = \bar{y}$.

Таблица 2 – Распределение вариаций относительно нуля

Источник рассеяния	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат
Регрессия b_0	$S_{R0} = n \bar{y}^2$	1	MS_{R0}
Регрессия b_1 с учётом поправки на b_0	$S_{R1} = b_1 \left(\sum_i x_i y_i - n \bar{x} \bar{y} \right)$	1	MS_{R1}
Относительно регрессии (остаток)	$S_e = \sum_i (y_i - y_i)^2$ (по разности)	$n - 2$	MS_e
Общий	$\sum_i y_i^2$	n	MS_0

Средние квадраты в таблицах 1 и 2 получают делением сумм квадратов на числа степеней свободы. Они являются оценками соответствующих дисперсий, которые используют для исследования уравнения регрессии путем проверки гипотез, как о его параметрах, так и об уравнении в целом.

При наличии повторностей y_{ij} в i -х опытах, рассматриваемых как выборки объемом $n_{\bar{a}}$, может быть вычислена (при однородности дисперсий в этих выборках) оценка так называемой **дисперсии воспроизводимости опытов**, которая характеризует ошибку эксперимента:

$$s^2\{y\} = \frac{1}{v_{\bar{a}}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_{\bar{a}}} (y_{ij} - y_i)^2, \quad (3)$$

где $v_{\bar{a}} = n(n_{\bar{a}} - 1)$ – число степеней свободы;

$$y_i = \frac{1}{n_{\bar{a}}} \cdot \sum_{j=1}^{n_{\bar{a}}} y_{ij}. \quad (4)$$

Оценкой дисперсии ошибки опыта σ_y^2 является и средний квадрат остатка $s_e^2 = MS_e$. Для модели, адекватной экспериментальным данным, дисперсии $s^2\{y\}$ и s_e^2 можно объединить, чтобы получить лучшую оценку дисперсии σ_y^2 :

$$s_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_a} (y_{ij} - y_i)^2 + \sum_{i=1}^n n_a (y_i - \bar{y})^2}{n(n_a - 1) + n - 2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_a} (y_{ij} - y_i)^2}{nn_a - 2} \quad (5)$$

с числом степеней свободы $\nu_y = nn_a - 2$.

Если заданным (фиксированным) значениям независимых переменных (факторов X_j) соответствует определенное статистическое распределение функции отклика y , вследствие влияния на нее неучтенных факторов и ошибок измерений, то зависимость между случайными величинами x , и y называют *стохастической (вероятностной)*. Отображающую эту зависимость функцию

$$y = f(x_j), \quad j = 1, 2, \dots, k$$

называют *функцией регрессии* или просто *регрессией* в отличие от строгой математической функции (*функциональной зависимости*), однозначно отображающей множество A (область определения функции) в множество B (в области значений функции).

Корреляция и регрессия взаимосвязаны.

Понятие регрессии появилось в XIX веке благодаря работам выдающегося ученого Фрэнсиса Гальтона (двоюродного брата Чарльза Дарвина). После ознакомления с книгой Ч. Дарвина «Происхождение видов», изданной в 1859 г., Ф. Гальтон заинтересовался изучением наследственности, провел обширные статистические исследования и опыты над животными. В результате он отверг гипотезу, что дети должны быть очень похожи на своих родителей. Наоборот, например, дети очень высоких родителей в среднем имеют менее высокий рост, а дети очень низких родителей – менее низкий. Эту тенденцию движения в направлении к среднему Ф. Гальтон назвал регрессией (to regress – двигаться в обратном направлении).

В последующем это понятие получило более общее значение и сейчас используется для характеристики односторонней статистической зависимости.

При выборе уравнения регрессии, которое «наилучшим образом» аппроксимирует результаты наблюдений, можно использовать также коэффициент детерминации

$$R^2 = \frac{\mathbf{b}^T \mathbf{x}^T \mathbf{y} - n\bar{y}^2}{\mathbf{y}^T \mathbf{y} - n\bar{y}^2}, \quad (6)$$

который характеризует долю общей суммы квадратов (относительно среднего \bar{y}), объясненную регрессией, и относительную среднеквадратическую ошибку (коэффициент вариации, %)

$$\delta = \frac{s_a}{\bar{y}} \cdot 100, \quad (7)$$

где $s_a = \sqrt{MS_a}$.

3.2 Построение однофакторных уравнений регрессии (эмпирических формул)

3.2.1 Подбор аппроксимирующего выражения

Распространенной задачей обработки опытов является построение *эмпирической формулы* – зависимости $y = f(x)$ между результатами наблюдений $(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n$. Часто решение такой задачи называют *аппроксимацией* опытных данных.

В общем случае не известны ни вид эмпирической формулы, ни ее параметры. Поэтому на первом этапе обработки опытов экспериментальные точки (x_i, y_i) наносят на график и визуально оценивают вид кривой, вблизи которой они располагаются (рисунок 1 и 2). Эта зависимость может быть в простейшем случае линейной, параболической, гиперболической и др.

Вид аппроксимирующего выражения удобно подбирать, используя координатные сетки со специальными функциональными шкалами, с помощью которых многие нелинейные функции удается изобразить в виде прямых. Так, квадратичная парабола

$$y = ax^2 + bx + c \quad (8)$$

путем построения функциональной сетки с нормальной шкалой ординат и шкалой квадратов по оси абсцисс преобразуется в прямую

$$\eta = a\zeta, \quad (9)$$

где

$$\zeta = (x - x_0)^2; \eta = y - y_0; x_0 = -\frac{b}{2a}; y_0 = -\frac{b^2 - 4ac}{4a}.$$

Графики степенных и показательных функций преобразуют в прямые с помощью различных логарифмических сеток. Например, если показательную функцию

$$y = ae^{bx} \quad (10)$$

прологарифмировать, то

$$\ln y = \ln a + bx.$$

Обозначив $\ln y = Y$ и $\ln a = A$, имеем:

$$Y = A + bx,$$

т.е. функция (10) изображается прямой линией в полулогарифмической сетке координат (равномерная шкала абсцисс и логарифмическая шкала ординат).

Задача подбора аппроксимирующего выражения не является однозначной. Если нет теоретических предпосылок о виде связи между наблюдаемыми данными (x_i, y_i) , то надо искать наиболее простую формулу, наилучшим образом отображающую экспериментальный материал.

Итак, пусть переменные X и Y связаны функциональной зависимостью известного вида

$$y = f(x; a_0, a_1, \dots, a_m), \quad (11)$$

которая содержит $m+1$ неизвестных параметров a_0, a_1, \dots, a_m .

Пусть в результате эксперимента получена таблица, в которой значениям аргумента $x_i = x_1, x_2, \dots, x_n$ ($n > m+1$) соответствуют определенные с некоторой точностью значения y_1, y_2, \dots, y_n . Требуется вычислить параметры a_0, a_1, \dots, a_m .

Если бы табличные значения y_i точно соответствовали зависимости (11), то задача определения ее параметров решалась бы просто. Для этого достаточно было бы из системы

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= f(x_1; a_0, a_1, \dots, a_m) \\ y_2 &= f(x_2; a_0, a_1, \dots, a_m) \\ &\dots\dots\dots \\ y_n &= f(x_n; a_0, a_1, \dots, a_m) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

взять $m+1$ уравнений и решить их относительно неизвестных a_j . Полученные решения удовлетворяли бы и все остальные $n-m-1$ уравнения системы (46).

Однако значения y_i практически всегда приближенные. Более того, результаты наблюдений, как правило, являются случайными в вероятностно-статистическом смысле, т.е. даже повторения опытов при $x_i = const$ дают значения $y_r(x_i), r=1, 2, \dots, k$, отклоняющиеся относительно выборочного среднего $\bar{y}_k(x_i)$, которое тоже является приближенной оценкой среднего значения и зависит от объема информации, используемой для вычислений. Поэтому система (12) оказывается несовместной. Параметры a_0, a_1, \dots, a_m , которые определены из каких-либо $m+1$ уравнений, не будут удовлетворять остальным $n-m-1$ уравнениям. Таким образом, возникает задача определить параметры a_j так, чтобы значения $f(x_i)$, вычисленные на основании аппроксимирующего выражения (11), соответствовали бы наилучшим образом, в некотором смысле, значениям y_i , полученным экспериментально.

Считают, что отклонения $\Delta_i = y_i - f(x_i)$

подчиняются нормальному закону распределения Гаусса. Тогда, чтобы функция (11) в точках, соответствующих $x_i = x_1, x_2, \dots, x_n$, возможно меньше отличалась от эмпирических значений y_1, y_2, \dots, y_n , коэффициенты a_0, a_1, \dots, a_m определяют, используя принцип Лежандра, согласно которому сумма квадратов отклонений эмпирических значений y_i от $f(x_i)$ должна быть наименьшей,

$$\text{т.е. } \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \min. \quad (13)$$

Рассматривая неизвестные параметры a_0, a_1, \dots, a_m функциональной зависимости (11) как независимые переменные и приравняв нулю частные производные от левой части выражения (13), получаем систему $m+1$ уравнений, решение которой обеспечивает выполнение условия (47). Этот метод называют **методом наименьших квадратов**.

$$\left. \begin{array}{l} m=1 \quad m=0 \\ \alpha_2[X]a_2 + \alpha_1[X]a_1 + \alpha_0[X]a_0 = \alpha_1[Y] \\ \vdots \\ \alpha_3[X]a_2 + \alpha_2[X]a_1 + \alpha_1[X]a_0 = \alpha_{1,1}[X, Y] \\ \dots \\ \alpha_4[X]a_2 + \alpha_3[X]a_1 + \alpha_2[X]a_0 = \alpha_{2,1}[X, Y] \end{array} \right\}, \quad (19)$$

где

$$\alpha_3[X] = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^3; \alpha_4[X] = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^4; \alpha_{2,1}[X, Y] = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i.$$

Запись системы (19) обладает определенной общностью. Так, выделенное равенство в правом верхнем ее углу представляет собой уравнение нулевого порядка – среднее арифметическое \tilde{y} результатов опытов. Уравнения для $m=1$ дают выделенные слагаемые первой и второй строк – см. систему уравнений (16). Далее, систему (19) можно расширить для $m > 2$, добавляя слева соответствующие столбцы и снизу соответствующие строки.

Пример 1. В таблице 3 приведены данные опытной станции Де Калб (штат Иллинойс, США) о влиянии числа семян, высеянных в гнездо, на степень изреживания кукурузы.

Таблица 3 – Зависимость между числом семян кукурузы, высеянных в гнездо, и числом растений в гнезде к моменту уборки

Число семян, высеянных в гнездо, шт.	1	2	3	4	5
Число растений в гнезде, шт.	1,00	1,69	2,36	3,03	3,68

Построить по данным таблицы 3 эмпирическую формулу, устанавливающую зависимость между числом растений в гнезде Y и числом высеянных в гнездо семян X .

График функции $y = f(x)$ показывает (рисунок 1), что экспериментальные данные хорошо аппроксимируются линейной зависимостью.

Вычислим коэффициенты уравнений (50):

$$\alpha_1[X] = 3; \alpha_2[X] = 11;$$

$$\alpha_1[Y] = 2,352;$$

$$\alpha_{1,1}[X, Y] = 8,396.$$

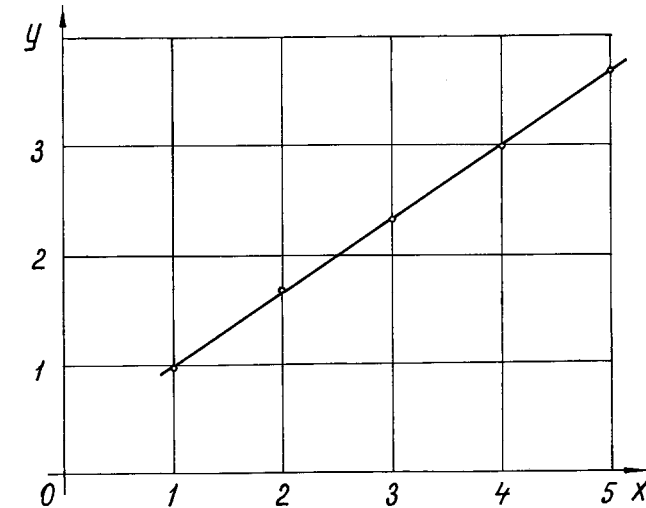


Рисунок 1 – Аппроксимация данных таблицы 3 линейной зависимостью

Согласно формулам (18) и (17),

$$a_1 = \frac{8,396 - 3 \times 2,352}{11 - 3^2} = 0,67;$$

$$a_0 = 2,352 - 3 \times 0,67 = 0,342.$$

Итак, искомая эмпирическая формула имеет вид:

$$y = 0,34 + 0,67x. \quad (20)$$

Сумма квадратов невязок между экспериментальными и расчетными значениями ординат

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = 5 \times 10^{-4}.$$

Следует отметить, что формула (20) достоверна на интервале изменений аргумента $[1]$.

Пример 2. В таблице 4 приведены результаты опытов К.Д. Болотова в совхозе «Раменское» Московской области о влиянии нормы высева желтого кормового люпина на урожай зерна.

Таблица 4 – Влияние нормы высева семян на урожай зерна люпина

Норма высева $x_i, \text{кг/га}$	100	125	150	175	200
Урожай зерна $y_i, \text{ц/га}$	9,4	12,2	13,4	14,1	13,7
Расчетные значения y	9,46	11,98	13,51	14,06	13,64

Построить эмпирическую формулу $y = f(x)$.

График зависимости $y = f(x)$ на рисунок 7 позволяет предположить, что аппроксимирующим выражением может быть парабола второго порядка.

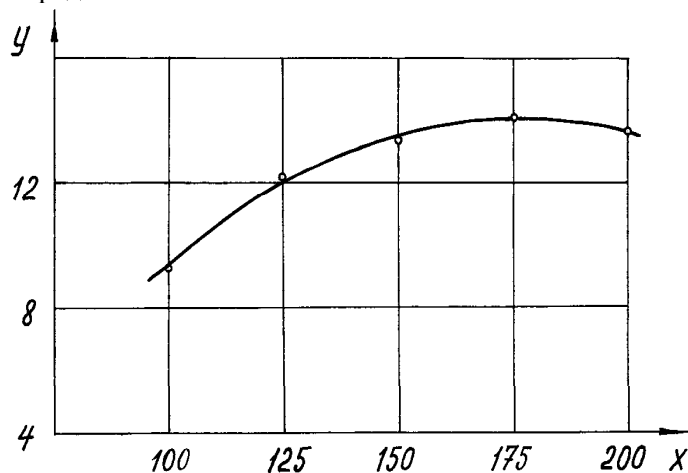


Рисунок 2 – Аппроксимация данных таблицы 4 параболой второго порядка

Вычислим коэффициенты уравнений (19):

$$\alpha_1[X] = 150; \alpha_2[X] = 2,375 \times 10^4; \alpha_3[X] = 3,9375 \times 10^6;$$

$$\alpha_4[X] = 6,7766 \times 10^8; \alpha_1[Y] = 12,56;$$

$$\alpha_{1,1}[X, Y] = 1936,5; \alpha_{2,1}[X, Y] = 3,1319 \times 10^5.$$

Решив систему (53) относительно a_0, a_1, a_2 имеем:

$$y = -10,4 + 0,277x - 7,84 \cdot 10^{-4} x^2. \quad (21)$$

Формула (21) достоверна на интервале $[100; 200]$, $\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = 0,07$.

Расчетные значения приведены в последней строке таблицы 5.

Если функция, аппроксимирующая опытные данные, не является линейной относительно ее параметров, то их можно определить путем последовательных приближений, используя выражение (13).

Пример 3. Экспериментальные значения коэффициента вариации V , характеризующего неравномерность дозирования ячменя транспортерным питателем, в зависимости от производительности его Q (таблица 5) группируются в логарифмических координатах около прямой (рисунок 8), т.е. зависимость $v = f(Q)$ может быть выражена степенной функцией.

Таблица 5 – Неравномерность дозирования ячменя в зависимости от его производительности

i	$Q_i, \text{л}/\tilde{n}$	v_i	i	$Q_i, \text{л}/\tilde{n}$	v_i
1	0,7	0,781	12	11,8	0,096
2	1,2	0,699	13	13,4	0,146
3	1,5	0,606	14	14,3	0,085
4	2,0	0,321	15	19,8	0,079
5	3,0	0,281	16	20,2	0,097
6	3,8	0,253	17	22,2	0,085
7	5,1	0,219	18	25,4	0,059
8	6,8	0,207	19	26,5	0,073
9	7,7	0,229	20	26,9	0,059
10	9,8	0,130	21	36,5	0,045
11	11,0	0,127			

Найти параметры эмпирической формулы:

$$v = aQ^s$$

Начальные значения параметров a и s определяем по графику

$$\lg v = \lg a + s \lg Q.$$

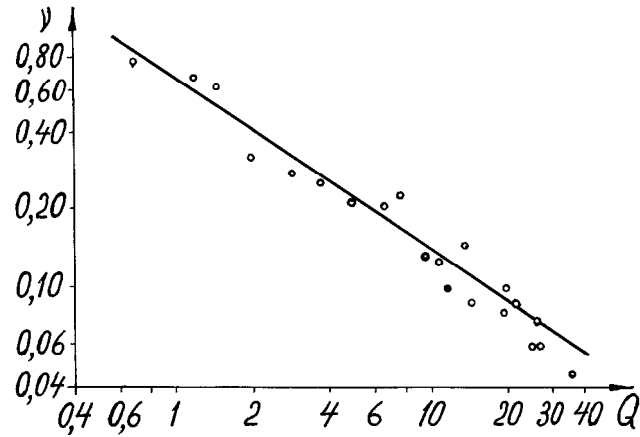


Рисунок 3 – Выравнивание эмпирических данных (таблица 6) в логарифмических координатах

При $a = const$ определяем показатель степени s , соответствующий $\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = \min$. Затем изменяем значение a и повторяем вычисления. Поиск параметров, при которых выполняется условие (13), иллюстрирует рисунок 4. В результате получаем эмпирическую формулу

$$v = 0,67Q^{-0,67}.$$

При этом $\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = 0,045$.

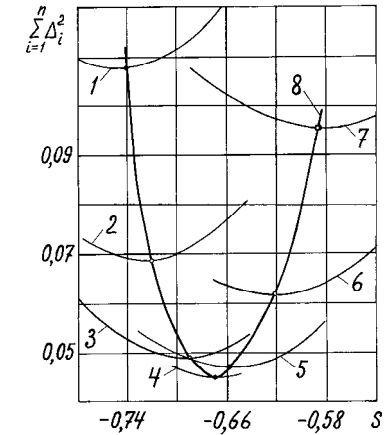


Рисунок 4 – График, иллюстрирующий построение эмпирической формулы (пример 3), нелинейной относительно ее параметров

3.2.3 Метод ортогональных многочленов Чебышева

Среди способов выравнивания результатов наблюдений по методу наименьших квадратов рядом преимуществ обладает способ, который базируется на использовании ортогональных многочленов Чебышева:

$$y = b_0\varphi_0(x) + b_1\varphi_1(x) + \dots + b_m\varphi_m(x), \quad (22)$$

где $\varphi_r(x)$ – ортогональные функции, которые удовлетворяют условиям

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \varphi_r(x_i)\varphi_k(x_i) &= 0, \quad r \neq k \\ \sum_{i=1}^n [\varphi_r(x_i)]^2 &\neq 0, \quad r = 0, 1, \dots, m \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

и могут быть записаны в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_0(x) &= 1 \\ \varphi_1(x) &= x + \alpha_1 \\ \varphi_2(x) &= x^2 + \alpha_2^{(1)}x + \alpha_2^{(2)} \\ &\dots \\ \varphi_m(x) &= x^m + \alpha_m^{(1)}x^{m-1} + \dots + \alpha_m^{(m)} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Из условия (23) имеем:

$$\alpha_1 = -\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i = -\bar{x}.$$

Таким образом, известны $\varphi_0(x)$ и $\varphi_1(x)$. Каждое последующее значение $\varphi(x)$ может быть вычислено по двум предыдущим с помощью рекуррентной формулы

$$\varphi_{r+1}(x) = (x + \beta_{r+1})\varphi_r(x) + \gamma_{r+1}\varphi_{r-1}(x),$$

где

$$\beta_{r+1} = -\frac{\sum x_i [\varphi_r(x_i)]^2}{\sum [\varphi_r(x_i)]^2}; \quad \gamma_{r+1} = -\frac{\sum [\varphi_r(x_i)]^2}{\sum [\varphi_{r-1}(x_i)]^2}.$$

Здесь и в дальнейшем знак Σ обозначает сумму n слагаемых индексами i , поэтому с целью упрощения записи индексы суммирования не указываются.

Коэффициенты многочлена (22) определяем из условия (23) по формуле

$$b_r = \frac{\sum y_i \varphi_r(x_i)}{\sum [\varphi_r(x_i)]^2}, \quad r = 0, 1, \dots, m.$$

Формирование сумм, используемых для вычисления коэффициентов β_{r+1} , γ_{r+1} и b_r , сводится к вычислению сумм вида $\sum x_i^2$ и $\sum y_i x_i^2$:

$$\sum x_i [\varphi_r(x_i)]^2 = \sum x_i^{2r+1} + \alpha_r^{(1)} \sum x_i^{2r} + \dots + \alpha_r^{(r)} \sum x_i^{r+1} + \alpha_r^{(1)} \sum [\varphi_r(x_i)]^2;$$

$$\sum [\varphi_r(x_i)]^2 = \sum x_i^{2r} + \alpha_r^{(1)} \sum x_i^{2r-1} + \dots + \alpha_r^{(r)} \sum x_i^r;$$

$$\sum y_i \varphi_r(x_i) = \sum y_i x_i^r + \alpha_r^{(1)} \sum y_i x_i^{r-1} + \dots + \alpha_r^{(r)} \sum y_i.$$

Коэффициенты функций (24) вычисляем по рекуррентным формулам:

$$\alpha_{r+1}^{(1)} = \alpha_r^{(1)} + \beta_{r+1};$$

$$\alpha_{r+1}^{(2)} = \alpha_r^{(2)} + \beta_{r+1} \alpha_r^{(1)} + \gamma_{r+1};$$

$$\alpha_{r+1}^{(3)} = \alpha_r^{(3)} + \beta_{r+1} \alpha_r^{(2)} + \gamma_{r+1} \alpha_r^{(1)};$$

.....

$$\alpha_{r+1}^{(r)} = \alpha_r^{(r)} + \beta_{r+1} \alpha_r^{(r-1)} + \gamma_{r+1} \alpha_r^{(r-2)};$$

$$\alpha_{r+1}^{(r+1)} = \beta_{r+1} \alpha_r^{(r)} + \gamma_{r+1} \alpha_r^{(r-1)},$$

а коэффициенты многочлена (15) – по формуле

$$a_r = a_{r,m-1} + \alpha_m^{(m-r)} b_m, \quad r = 0, 1, \dots, m,$$

где $\alpha_{r,m-1}$ – соответствующий коэффициент многочлена, степень которого на единицу меньше, чем степень многочлена (15);

$$\alpha_{m,m-1} = 0; \quad \alpha_m^{(0)} = 1.$$

Погрешность выравнивания эмпирических данных многочленом (15) оцениваем величиной

$$\mu_m = \sum \Delta_i^2 = \sum y_i^2 - 2 \sum_{r=0}^m a_r \sum y_i \varphi_r(x_i) + \sum_{r=0}^m a_r^2 \sum [\varphi_r(x_i)]^2.$$

Если $r = 0$, то

$$\mu_0 = \sum y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum y_i)^2.$$

При последующих приближениях для вычисления μ можно пользоваться рекуррентной формулой

$$\mu_{r+1} = \mu_r - \frac{[\sum y_i \varphi_{r+1}(x_i)]^2}{\sum [\varphi_{r+1}(x_i)]^2}.$$

Несмотря на сложность алгоритма вычислений многочленов Чебышева по сравнению с другими способами выравнивания эмпирических зависимостей, расчеты по приведенным формулам на ЭВМ не требуют больших затрат времени.

Пример 4. Координаты входа и выхода динамического звена – ходовой части зерноуборочного комбайна СК-4, соответствующие установившимся режимам движения на второй передаче, даны в таблице 6 (вход X – координата поршня гидроцилиндра вариатора; выход y – скорость движения комбайна).

Таблица 6 – Координаты входа и выхода ходовой части зерноуборочного комбайна

x, \dot{i}	0	0,006	0,009	0,015	0,022	0,039
$y, \dot{i} / \tilde{n}$	2,10	1,91	1,91	1,83	1,62	1,42
x, \dot{i}	0,070	0,090	0,093	0,102	0,104	0,150
$y, \dot{i} / \tilde{n}$	1,04	1,09	1,09	0,97	1,04	0,88

Определить уравнения статической характеристики ходовой части комбайна, используя приближение функции (15) ортогональными многочленами Чебышева (22).

В результате вычисления коэффициентов аппроксимирующего выражения (15) при $m = 2$ и $m = 3$ имеем, округляя значения a_r , соответственно:

$$y = 2,03 - 1,6 \cdot 10x + 0,57 \cdot 10^2 x^2; \quad (25)$$

$$y = 2,09 - 2,32 \cdot 10x + 1,76 \cdot 10^2 x^2 - 0,5 \cdot 10^3 x^3. \quad (26)$$

Графики полученных статических характеристик ходовой части комбайна показаны на рисунке 5. Погрешности выравнивания эмпирических данных многочленами (25) и (26) соответственно $\mu_2 = 0,028$ и $\mu_3 = 0,013$.

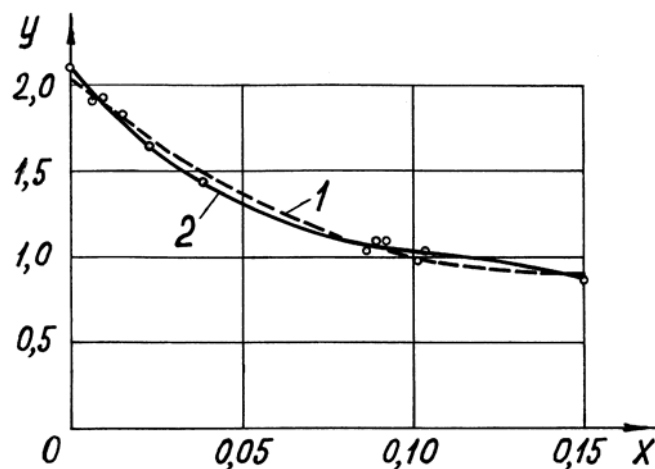


Рисунок 5 – Статические характеристики ходовой части зерноуборочного комбайна: 1 – второй степени; 2 – третьей степени

3.3 Множественная регрессия

3.3.1 Преобразование исходных данных

Если количество факторов x_j в модели $k > 2$, то аппроксимация экспериментальных данных представляет собой задачу множественной регрессии.

Составляющими уравнения множественной регрессии, кроме факторов x_j , могут быть парные их взаимодействия $x_{jm} = x_j \cdot x_m$ ($j \neq m$), степени факторов, например, $x_{jj} = x_j^2$ и т.д. Таким образом, в общем случае статистическая модель имеет вид:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 z_{i1} + \beta_2 z_{i2} + \dots + \beta_p z_{ip} + e_i, \quad (27)$$

где $z_h = z_h(x_1, x_2, \dots, x_k)$ – определенные функции факторов x_j ;

p – количество включенных в модель z -переменных.

Выбор вида уравнения множественной регрессии, если нет теоретических предпосылок, субъективен, базируясь на двух часто противоречивых требованиях:

* расчетные значения y_i должны быть наиболее близки к наблюдаемым y_i ;

* уравнение регрессии должно быть, насколько это возможно, простым, т.е. включать минимум переменных.

Трудности построения уравнения регрессии с несколькими независимыми переменными и большим объемом исходных данных связаны с ошибками округления используемых в расчете чисел, если они резко различаются по порядку, или матрица $X^T X$ является слабо обусловленной, т.е. определитель ее очень мал по сравнению с остальными числами.

Поэтому стандартной процедурой для большинства программ линейной (относительно коэффициентов) регрессии является центрирование и нормирование исходных данных с целью улучшения вычислений (уменьшения ошибок округления при обращении матриц), а именно:

$$Z_{ih} = \frac{z_{ih} - \bar{z}_h}{s_h}, \quad h = 1, 2, \dots, p; \quad Y_i = \frac{y_i - \bar{y}}{s_y}, \quad (28)$$

где \bar{z}_h, s_h и \bar{y}, s_y – оценки математических ожиданий и средних квадратических отклонений соответственно z - переменных и функции отклика.

Тогда вместо (1) получаем новую модель

$$Y_i = \alpha_1 Z_{i1} + \alpha_2 Z_{i2} + \dots + \alpha_p Z_{ip} + e_{i1},$$

для которой нормальные уравнения

$$r_z \mathbf{a} = r_y, \quad (29)$$

где $r_z = \|r_{hs}\|$ – корреляционная матрица z - переменных, размер которой $q \times q$ и элементы

$$r_{hs} = r_{sh} = (n-1)^{-1} \sum_{i=1}^n Z_{is} Z_{ih}; \quad r_{ss} = 1; \quad (30)$$

где \mathbf{a} – вектор оценок коэффициентов $\alpha_h = b_h s_h / s_y$;

r_y – вектор коэффициентов корреляции между z -переменными

и y , т.е.

$$r_{hy} = (n-1)^{-1} \sum_{i=1}^n Z_{ih} Y_i. \quad (31)$$

Коэффициенты модели (1) вычисляем по формулам:

$$\beta_h = \frac{\alpha_h s_y}{s_h}; \beta_0 = \bar{y} - \sum_{h=1}^p \beta_h \bar{z}_h.$$

Благодаря использованию при вычислениях вместо матрицы $x^T x$ корреляционной матрицы r_z , элементами которой являются числа одного порядка, изменяющиеся в интервале $[-1, 1]$, минимизируются неблагоприятные эффекты ошибок округления.

3.3.2 Шаговый регрессионный метод

Для практических расчетов вместо решения системы нормальных уравнений (29), которое часто тоже затруднительно вследствие плохой обусловленности матрицы r_z , предпочтителен шаговый регрессионный метод [2], который начинается с построения корреляционной матрицы, последовательного включения в уравнение регрессии переменных, наиболее сильно коррелированных с откликом, и дополнительного исследования на каждом шаге всех ранее включенных в модель переменных с исключением из нее тех, вклад которых незначимый.

Корреляционную матрицу $r_z(q \times q)$, в которой q – число предполагаемых для включения в модель z - переменных, расширяем:

$$\mathbf{A}^{(0)} = \begin{pmatrix} r_z(q \times q) & r_y(q \times 1) & J(q \times q) \\ r_y(1 \times q) & S(1 \times 1) & O(1 \times q) \\ -J(q \times q) & O(q \times 1) & O(q \times q) \end{pmatrix}, \quad (32)$$

где $S(1 \times 1) = 1$ – коэффициент корреляции отклика у самого с собой;

$J(q \times q)$ – единичная матрица;

O – символ, используемый для обозначения блоков, состоящих из нулей.

С целью выбора z -переменной, вводимой в уравнение на каждом из шагов g , вычисляем составляющие вектора $V^{(g)}(q \times 1)$:

$$V_h^{(g)} = \frac{A_{h,q+1}^{(g-1)} \cdot A_{q+1,h}^{(g-1)}}{A_{h,h}^{(g-1)}}, \quad h = 1, 2, \dots, q. \quad (33)$$

Так, на первом шаге

$$V_h^{(1)} = \frac{A_{h,q+1}^{(0)} \cdot A_{q+1,h}^{(0)}}{A_{h,h}^{(0)}} = \frac{r_{h,Y} \cdot r_{Y,h}}{r_{h,h}} = r_{h,Y}^2. \quad (34)$$

В уравнение регрессии включаем ту z -переменную, которой соответствует максимальная из статистик $V_h^{(g)}$, если выполняется условие (на любом шаге)

$$F_n^{(g)} = \frac{V_2 \cdot V_{\max}^{(g)}}{A_{q+1, q+1}^{(g-1)} - V_{\max}^{(g)}} > F_{\alpha; v_1=g; v_2=n-g-1}^{(g)} \equiv F_{\alpha; v_1=g; v_2=n-g-1}^{(g)}, \quad (35)$$

где V_2 – число остаточных степеней свободы (после включения z -переменной);

$A_{q+1, q+1}^{(g-1)}$ – элемент матрицы, который на любой стадии выражает

в корреляциях сумму квадратов остатков.

Матрицу $A^{(0)}$ преобразуем с учетом той z – переменной, которая включена в уравнение регрессии, а именно:

$$A_{i,j}^{(1)} = A_{i,j}^{(0)} - \frac{A_{i,l}^{(0)} \cdot A_{l,j}^{(0)}}{A_{l,l}^{(0)}}; \quad A_{l,j}^{(1)} = \frac{A_{l,j}^{(0)}}{A_{l,l}^{(0)}}, \quad (36)$$

где l – индекс z -переменной, введенной в уравнение регрессии.

Аналогично на последующих шагах формирования уравнения регрессии пересчитываются элементы матриц $A^{(2)}$, $A^{(3)}$ и т.д. При этом, наряду с включением в уравнение регрессии новых z – переменных, для которых выполняется условие (9), проверяем значимость всех ранее включенных в него составляющих, используя частный F -критерий:

$$F_{\pm}^{(g)} = \frac{V_2 \cdot (A_{h, q+1}^{(g)})^2}{A_{q+1, q+1}^{(g)} \cdot A_{h+q+1, h+q+1}^{(g)}}. \quad (37)$$

Статистики $F_{\pm}^{(g)}$ должны удовлетворять неравенству (35). Если же после включения в уравнение регрессии на очередном шаге g новой составляющей окажется, что какая-либо из ранее включенных в него z -переменных стала незначимой ($F_{\pm}^{(g)} \leq F_{\alpha; v_1=g; v_2=n-g-1}^{(g)}$), то она должна быть исключена. При этом матрицу $A^{(g)}$ преобразуем следующим образом:

$$B_{i,j}^{(g)} = A_{i,j}^{(g)} - \frac{A_{i, 2q+1}^{(g)} \cdot A_{2q+1, j}^{(g)}}{A_{2q+1, 2q+1}^{(g)}}; \quad B_{t,j}^{(g)} = \frac{A_{t,j}^{(g)}}{A_{2q+1, 2q+1}^{(g)}}, \quad (38)$$

где t – индекс исключаемой z -переменной.

На следующем $(g+1)$ -ом шаге матрицу $B^{(g)}$ используем для вычисления элементов вектора $V^{(g+1)}$ и затем матрицы $A^{(g+1)}$, если ока-

жется выполненным условие (35) включения в уравнение регрессии новой z -переменной.

Если на очередном шаге g условие (35) не выполняется, построение модели считаем законченным и вычисляем оценки коэффициентов регрессии

$$b_h = A_{h, q+1}^g \frac{S_y}{S_h}; \quad b_0 = \bar{y} - \sum_h b_h \bar{z}_h. \quad (39)$$

Пример 5. Составить шаговым регрессионным методом статистическую модель качества приготовления комбикорма в вертикально-шнековом смесителе, которое оценивается показателем неоднородности смеси – коэффициентом вариации v контрольного компонента в пробах комбикорма. Факторы, влияющие на качество приготовления комбикорма: кратность циркуляции материала в смесителе, характеризующая продолжительностью смешивания t ; угловая скорость шнека ω ; угол конусности нижней части смесительной камеры β ; длина свободного, выступающего в нижней части под кожухом, конца шнека h_0 ; коэффициент заполнения смесительной камеры ψ_c .

Проведены опыты, в которых фактор $x_1 = t$ варьировался на 9 уровнях в диапазоне 2...18 мин., а каждый из остальных факторов на 5 уровнях в следующих диапазонах: $x_2 = \omega = 26,25...47,25 \text{ c}^{-1}$; $x_3 = \beta = 50...90^\circ$; $x_4 = h_0 = 250...450 \text{ мм}$ и $x_5 = \psi_c = 0,55...0,75$ (вместимость смесительной камеры 500 кг). Всего проведено $n = 87$ опытов (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты исследования качества смешивания компонентов комбикорма

u	Факторы					v		Факторы					v
	t, мин.	ω, с ⁻¹	β, град.	h ₀ , мм	Ψ _c			t, мин.	ω, с ⁻¹	β, град.	h ₀ , мм	Ψ _c	
1	2	3	4	5	6	7		9	10	11	12	13	14
1	2	26,25	50	250	0,55	18,8	45	2	26,25	70	250	0,55	19,2
2	4	26,25	50	250	0,55	17,2	46	2	26,25	80	250	0,55	22,7
3	6	26,25	50	250	0,55	16,6	47	2	26,25	90	250	0,55	23,5
4	8	26,25	50	250	0,55	13,5	48	10	36,75	50	350	0,65	5,9
5	10	26,25	50	250	0,55	10,6	49	10	36,75	60	350	0,65	6,7
6	12	26,25	50	250	0,55	10,1	50	10	36,75	70	350	0,65	7,9
7	14	26,25	50	250	0,55	9,8	51	10	36,75	80	350	0,65	10,0
8	16	26,25	50	250	0,55	8,9	52	10	36,75	90	350	0,65	12,4
9	18	26,25	50	250	0,55	8,7	53	18	47,25	50	450	0,75	8,4
10	2	36,75	60	350	0,65	14,9	54	18	47,25	60	450	0,75	9,7
11	4	36,75	60	350	0,65	11,7	55	18	47,25	70	450	0,75	12,9
12	6	36,75	60	350	0,65	9,9	56	18	47,25	80	450	0,75	13,6
13	8	36,75	60	350	0,65	7,5	57	18	47,25	90	450	0,75	14,7
14	10	36,75	60	350	0,65	6,7	58	2	26,25	50	250	0,55	18,8
15	12	36,75	60	350	0,65	6,2	59	2	26,25	50	300	0,55	18,2
16	14	36,75	60	350	0,65	6,0	60	2	26,25	50	350	0,55	17,8
17	16	36,75	60	350	0,65	5,9	61	2	26,25	50	400	0,55	17,4
18	18	36,75	60	350	0,65	5,8	62	2	26,25	50	450	0,55	18,3
19	2	47,25	90	450	0,75	21,4	63	10	36,75	60	250	0,65	8,8
20	4	47,25	90	450	0,75	20,8	64	10	36,75	60	300	0,65	7,2
21	6	47,25	90	450	0,75	20,2	65	10	36,75	60	350	0,65	6,7
22	8	47,25	90	450	0,75	19,9	66	10	36,75	60	400	0,65	6,2
23	10	47,25	90	450	0,75	19,8	67	10	36,75	60	450	0,65	7,0
24	12	47,25	90	450	0,75	18,4	68	18	47,25	90	250	0,75	14,8
25	14	47,25	90	450	0,75	17,4	69	18	47,25	90	300	0,75	14,0
26	16	47,25	90	450	0,75	15,8	70	18	47,25	90	350	0,75	13,5
27	18	47,25	90	450	0,75	14,7	71	18	47,25	90	400	0,75	13,2
28	2	26,25	50	250	0,55	18,8	72	18	47,25	90	450	0,75	14,7
29	2	31,50	50	250	0,55	17,2	73	2	26,26	50	250	0,55	18,8
30	2	36,75	50	250	0,55	16,2	74	2	26,26	50	250	0,60	19,0
31	2	42,00	50	250	0,55	16,0	75	2	26,26	50	250	0,65	19,2

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7		9	10	11	12	13	14
32	2	47,25	50	250	0,55	15,8	76	2	26,26	50	250	0,70	19,8
33	10	26,25	60	350	0,65	11,4	77	2	26,26	50	250	0,75	20,0
34	10	31,50	60	350	0,65	7,3	78	10	36,75	60	350	0,55	6,0
35	10	36,75	60	350	0,65	6,7	79	10	36,75	60	350	0,60	6,2
36	10	42,00	60	350	0,65	6,2	80	10	36,75	60	350	0,65	6,7
37	10	47,25	60	350	0,65	6,9	81	10	36,75	60	350	0,70	6,8
38	18	26,25	90	450	0,75	19,1	82	10	36,75	60	350	0,75	7,5
39	18	31,50	90	450	0,75	17,5	83	18	47,25	90	450	0,55	18,8
40	18	36,75	90	450	0,75	16,6	84	18	47,25	90	450	0,60	18,0
41	18	42,00	90	450	0,75	14,1	85	18	47,25	90	450	0,65	17,2
42	18	47,25	90	450	0,75	14,7	86	18	47,25	90	450	0,70	16,0
43	2	26,25	50	250	0,55	18,8	87	18	47,25	90	450	0,75	14,7
44	2	26,25	60	250	0,55	18,0							

При составлении матрицы исходных данных предполагаем, что

$$v = \beta_0 + \sum_j \beta_j + \sum_{\substack{j,k \\ j \neq k}} \beta_{jk} x_j x_k + \sum_j \beta_{jj} x_j^2 .$$

Вычислив оценки математических ожиданий и средних квадратических отклонений z -переменных, а также y = v (таблица 8), центрируя и нормируя, согласно формулам (28), исходные данные и вычисляя по формуле (29) коэффициенты корреляции, составляем корреляционную матрицу z -переменных (таблица 9).

Таблица 8 – Оценки математических ожиданий \bar{z}_h и средних квадратических отклонений s_{z_h}

h	1	2	3	4	5	6	7	8
z_h	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_1^2	x_2^2	x_3^2
\bar{z}_h	10	36,750	67,241	350	0,65	137,701	$1,421 \cdot 10^3$	$4,797 \cdot 10^3$
s_{z_h}	6,176	8,435	16,684	80,334	0,08	126,957	622,133	$2,371 \cdot 10^3$
h	9	10	11	12	13	14	15	
z_h	x_4^2	x_5^2	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_1x_5	x_2x_3	
\bar{z}_h	$1,289 \cdot 10^3$	0,429	396,466	727,58	$3,776 \cdot 10^3$	6,776	$2,563 \cdot 10^3$	
s_{z_h}	$5,643 \cdot 10^4$	0,105	287,750	549,43	$2,74 \cdot 10^3$	4,542	$1,11 \cdot 10^3$	
h	16	17	18	19	20	$\bar{y} = 13,533;$ $s_y = 5,170$		
z_h	x_2x_4	x_2x_5	x_3x_4	x_3x_5	x_4x_5			
\bar{z}_h	$1,332 \cdot 10^4$	24,346	$2,441 \cdot 10^4$	44,58	231,868			
s_{z_h}	$5,456 \cdot 10^3$	7,832	$1,057 \cdot 10^4$	15,294	74,593			

Таблица 9 – Корреляционная матрица z -переменных

z_h	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}	z_{20}
z_1	1	0,563	0,542	0,563	0,563	0,973	0,561	0,534	0,561	0,562	0,954	0,943	0,954	0,983	0,598	0,609	0,606	0,598	0,591	0,606
z_2		1	0,659	0,685	0,685	0,547	0,997	0,650	0,682	0,684	0,737	0,643	0,644	0,618	0,893	0,912	0,958	0,728	0,719	0,737
z_3			1	0,659	0,659	0,564	0,673	0,998	0,673	0,667	0,637	0,747	0,637	0,606	0,917	0,728	0,720	0,917	0,961	0,720
z_4				1	0,685	0,547	0,682	0,650	0,997	0,684	0,644	0,643	0,737	0,618	0,728	0,912	0,737	0,893	0,719	0,958
z_5					1	0,547	0,682	0,650	0,682	0,999	0,644	0,643	0,644	0,674	0,728	0,741	0,856	0,728	0,833	0,856
z_6						1	0,556	0,562	0,556	0,552	0,949	0,950	0,949	0,969	0,608	0,598	0,593	0,608	0,605	0,593
z_7							1	0,666	0,685	0,684	0,741	0,649	0,646	0,618	0,904	0,914	0,959	0,738	0,730	0,737
z_8								1	0,666	0,659	0,630	0,745	0,630	0,598	0,914	0,719	0,711	0,914	0,959	0,711
z_9									1	0,684	0,646	0,649	0,741	0,618	0,738	0,914	0,737	0,904	0,730	0,959
z_{10}										1	0,646	0,647	0,646	0,676	0,734	0,742	0,857	0,734	0,840	0,857
z_{11}											1	0,954	0,958	0,967	0,750	0,755	0,764	0,693	0,688	0,693
z_{12}												1	0,954	0,961	0,766	0,698	0,694	0,766	0,774	0,694
z_{13}													1	0,967	0,693	0,755	0,683	0,750	0,688	0,764
z_{14}														1	0,662	0,668	0,690	0,662	0,680	0,690
z_{15}															1	0,892	0,910	0,908	0,928	0,790
z_{16}																1	0,922	0,892	0,789	0,922
z_{17}																	1	0,790	0,828	0,842
z_{18}																		1	0,928	0,910
z_{19}																			1	0,828
z_{20}																				1

По формуле (31) вычисляем составляющие вектора r_y (таблица 10).

Таблица 10 – Коэффициенты корреляции между z -переменными и y

h	1	2	3	4	5	6	7
r_{hy}	-0,367	-0,100	0,309	-0,018	-0,036	-0,209	-0,044
\hat{h}	8	9	10	11	12	13	14
r_{hy}	0,345	0,038	-0,008	-0,251	-0,116	-0,221	-0,297
\hat{h}	15	16	17	18	19	20	
r_{hy}	0,165	-0,017	-0,059	0,211	0,232	$8,544 \cdot 10^{-4}$	

➤ Шаг 1. Составляем расширенную корреляционную матрицу (32) и по формуле (34) вычисляем элементы вектора $V^{(1)}$ (таблица 11).

➤

Таблица 11 – Составляющие вектора $V^{(1)}$

h	1	2	3	4	5	6	7
$V_h^{(1)}$	0,1344	0,010	0,095	$3,312 \cdot 10^{-4}$	$1,264 \cdot 10^{-3}$	0,044	$1,904 \cdot 10^{-3}$
\hat{h}	8	9	10	11	12	13	14
$V_h^{(1)}$	0,119	$1,478 \cdot 10^{-3}$	$6,738 \cdot 10^{-5}$	0,063	0,014	0,049	0,088
\hat{h}	15	16	17	18	19	20	
$V_h^{(1)}$	0,027	$2,849 \cdot 10^{-4}$	$3,498 \cdot 10^{-3}$	0,045	0,054	$7,299 \cdot 10^{-7}$	

Среди элементов $V_h^{(1)}$ максимальным является элемент $V_1^{(1)} = 0,1344$, которому соответствует $z_1 = t$.

Поскольку, согласно формуле (35),

$$F_n^{(1)} = \frac{v_2^{(1)} \cdot V_1^{(1)}}{A_{21;21}^{(0)} - V_1^{(1)}} = \frac{85 \times 0,1344}{1 - 0,1344} = 13,2 > F_{\hat{e}d}^{(1)} \equiv F_{0,05;1;87-2} = 4,00,$$

фактор t включаем в уравнение регрессии и, используя формулу (36), преобразуем матрицу $A^{(0)}$.

Теперь можно определить долю общей суммы квадратов, объясненную фактором t , введенным в уравнение регрессии:

$$R_{(1)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(1)} = 1 - 0,8656 = 0,1344.$$

➤ Шаг 2. Используя формулу (34), определяем максимальную составляющую вектора $V^{(2)}$: $V_{12}^{(2)} = 0,4758$, которой соответствует $z_{12} = x_1 x_3 = t\beta$.

Согласно формуле (35), статистика

$$F_n^{(2)} = \frac{v_2^{(2)} \cdot V_{12}^{(2)}}{A_{21;21}^{(1)} - V_{12}^{(2)}} = \frac{84 \times 0,4758}{0,8656 - 0,4758} = 102,5 > F_{\hat{e}d}^{(2)} \equiv F_{0,05;2;87-3} = 3,15,$$

поэтому в уравнение регрессии включаем парное взаимодействие факторов $t\beta$ и, согласно формуле (36), преобразуем матрицу $A^{(1)}$.

Проверяем значимость ранее включенной в уравнение регрессии составляющей, используя формулу (37):

$$F_{h=1}^{(2)} = \frac{v_2^{(2)} \cdot (A_{1;21}^{(2)})^2}{A_{21;21}^{(2)} \cdot A_{22;22}^{(2)}} = \frac{84(-2,3226)^2}{0,3898 \cdot 9,0401} = 128,6 > F_{\hat{e}d}^{(2)}.$$

Таким образом, фактор t , ранее включенный в уравнение регрессии, остается значимым.

Коэффициент детерминации после включения в уравнение регрессии второго слагаемого

$$R_{(2)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(2)} = 1 - 0,3898 = 0,6102.$$

➤ Шаг 3. $V_{h\max}^{(3)} = V_6^{(3)} = 0,1489$; $z_6 = x_1^2 = t^2$;

$$F_n^{(3)} = \frac{v_2^{(3)} \cdot V_6^{(3)}}{A_{21;21}^{(2)} - V_6^{(3)}} = \frac{83 \cdot 0,1489}{0,3898 - 0,1489} = 51,3 > F_{\hat{e}d}^{(3)} \equiv F_{0,05;3;87-4} = 2,74;$$

$$F_{h=1}^{(3)} = \frac{v_2^{(3)} \cdot (A_{1;21}^{(3)})^2}{A_{21;21}^{(3)} \cdot A_{22;22}^{(3)}} = \frac{83 \cdot (-3,6059)^2}{0,2409 \cdot 20,101} = 222,9 > F_{\hat{e}d}^{(3)};$$

$$F_{h=12}^{(3)} = \frac{v_2^{(3)} \cdot (A_{12;21}^{(3)})^2}{A_{21;21}^{(3)} \cdot A_{33;33}^{(3)}} = \frac{83 \cdot 1,5409^2}{0,2409 \cdot 10,9494} = 74,7 > F_{\hat{e}d}^{(3)};$$

$$R_{(3)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(3)} = 1 - 0,2409 = 0,7591.$$

➤ Шаг 4. $V_{h\max}^{(4)} = V_8^{(4)} = 0,0470$; $z_8 = x_3^2 = \beta^2$;

$$F_n^{(4)} = \frac{v_2^{(4)} \cdot V_8^{(4)}}{A_{21;21}^{(3)} - V_8^{(4)}} = \frac{82 \cdot 0,0470}{0,2409 - 0,0470} = 19,9 > F_{\epsilon\delta}^{(4)} \equiv F_{0,05;4;87-5} = 2,51;$$

$$F_{h=1}^{(4)} = \frac{v_2^{(4)} \cdot (A_{1;21}^{(4)})^2}{A_{21;21}^{(4)} \cdot A_{22;22}^{(4)}} = \frac{82 \cdot (-3,0341)^2}{0,1939 \cdot 27,0594} = 143,9 > F_{\epsilon\delta}^{(4)};$$

$$F_{h=12}^{(4)} = \frac{v_2^{(4)} \cdot (A_{12;21}^{(4)})^2}{A_{21;21}^{(4)} \cdot A_{33;33}^{(4)}} = \frac{82 \cdot 0,3107^2}{0,1939 \cdot 43,1534} = 0,95 < F_{\epsilon\delta}^{(4)};$$

$$F_{h=6}^{(4)} = \frac{v_2^{(4)} \cdot (A_{6;21}^{(4)})^2}{A_{21;21}^{(4)} \cdot A_{27;27}^{(4)}} = \frac{82 \cdot 2,1545^2}{0,1939 \cdot 24,7975} = 79,2 > F_{\epsilon\delta}^{(4)}.$$

После включения в уравнение регрессии фактора $z_8 = \beta^2$ оказывается незначимым ранее включенный в него фактор $z_{12} = t\beta$. Исключаем этот фактор из уравнения регрессии, преобразуя матрицу $A^{(4)}$ путем перерасчета ее элементов по формулам (38).

Коэффициент детерминации после включения в уравнение регрессии фактора $z_8 = \beta^2$ и исключения из него фактора $z_{12} = t\beta$

$$R_{(4)}^2 = 1 - B_{21;21}^{(1)} = 1 - 0,1961 = 0,8039.$$

➤ Шаг 5. $V_{h\max}^{(5)} = V_3^{(5)} = 0,0698; \quad z_3 = \beta;$

$$v_1^{(5)} = v_1^{(4)}; v_2^{(5)} = v_2^{(4)};$$

$$F_n^{(5)} = \frac{v_2^{(5)} \cdot V_3^{(5)}}{B_{21;21}^{(1)} - V_3^{(5)}} = \frac{82 \cdot 0,0698}{0,1961 - 0,0698} = 45,3 > F_{\epsilon\delta}^{(5)} \equiv F_{0,05;4;87-5} = 2,51;$$

$$F_{h=1}^{(5)} = \frac{v_2^{(5)} \cdot (A_{1;21}^{(5)})^2}{A_{21;21}^{(5)} \cdot A_{22;22}^{(5)}} = \frac{82 \cdot (-2,2896)^2}{0,1263 \cdot 24,0837} = 141,3 > F_{\epsilon\delta}^{(5)};$$

$$F_{h=6}^{(5)} = \frac{v_2^{(5)} \cdot (A_{6;21}^{(5)})^2}{A_{21;21}^{(5)} \cdot A_{27;27}^{(5)}} = \frac{82 \cdot 1,6797^2}{0,1263 \cdot 24,4972} = 74,8 > F_{\epsilon\delta}^{(5)};$$

$$F_{h=8}^{(5)} = \frac{v_2^{(5)} \cdot (A_{8;21}^{(5)})^2}{A_{21;21}^{(5)} \cdot A_{29;29}^{(5)}} = \frac{82 \cdot 5,3860^2}{0,1263 \cdot 326,8402} = 57,6 > F_{\epsilon\delta}^{(5)};$$

$$R_{(5)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(5)} = 1 - 0,1263 = 0,8737.$$

➤ Шаг 6. $V_{h\max}^{(6)} = V_2^{(6)} = 0,0134; \quad z_2 = \omega;$

$$F_n^{(6)} = \frac{v_2^{(6)} \cdot V_2^{(6)}}{A_{21;21}^{(5)} - V_2^{(6)}} = \frac{81 \cdot 0,0140}{0,1263 - 0,0140} = 10,1 > F_{\epsilon\delta}^{(6)} = F_{0,05;5;87-6} = 2,35;$$

$$F_{h=1}^{(6)} = \frac{v_2^{(6)} \cdot (A_{1;21}^{(6)})^2}{A_{21;21}^{(6)} \cdot A_{22;22}^{(6)}} = \frac{81 \cdot (-2,2135)^2}{0,1122 \cdot 24,4958} = 144,4 > F_{\epsilon\delta}^{(6)};$$

$$F_{h=6}^{(6)} = \frac{v_2^{(6)} \cdot (A_{6;21}^{(6)})^2}{A_{21;21}^{(6)} \cdot A_{27;27}^{(6)}} = \frac{81 \cdot 1,6487^2}{0,1122 \cdot 24,5657} = 79,9 > F_{\epsilon\delta}^{(6)};$$

$$F_{h=8}^{(6)} = \frac{v_2^{(6)} \cdot (A_{8;21}^{(6)})^2}{A_{21;21}^{(6)} \cdot A_{29;29}^{(6)}} = \frac{81 \cdot 5,1556^2}{0,1122 \cdot 330,6197} = 58,0 > F_{\epsilon\delta}^{(6)};$$

$$F_{h=3}^{(6)} = \frac{v_2^{(6)} \cdot (A_{3;21}^{(6)})^2}{A_{21;21}^{(6)} \cdot A_{24;24}^{(6)}} = \frac{81 \cdot (-4,4553)^2}{0,1122 \cdot 333,4705} = 43,0 > F_{\epsilon\delta}^{(6)};$$

$$R_{(6)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(6)} = 1 - 0,1122 = 0,8878.$$

➤ Шаг 7. $V_{h\max}^{(7)} = V_7^{(7)} = 0,0438$; $z_7 = \omega^2$;

$$F_n^{(7)} = \frac{v_2^{(7)} \cdot V_7^{(7)}}{A_{21;21}^{(6)} - V_7^{(7)}} = \frac{80 \cdot 0,0438}{0,1122 - 0,0438} = 51,2 > F_{\epsilon_0}^{(7)} \equiv F_{0,05;6;87-7} = 2,22;$$

$$F_{h=1}^{(7)} = \frac{v_2^{(7)} \cdot (A_{1;21}^{(7)})^2}{A_{21;21}^{(7)} \cdot A_{22;22}^{(7)}} = \frac{80 \cdot (-1,8534)^2}{0,0685 \cdot 27,4585} = 146,1 > F_{\epsilon_0}^{(7)};$$

$$F_{h=6}^{(7)} = \frac{v_2^{(7)} \cdot (A_{6;21}^{(7)})^2}{A_{21;21}^{(7)} \cdot A_{27;27}^{(7)}} = \frac{80 \cdot 1,2859^2}{0,0685 \cdot 27,5731} = 70,0 > F_{\epsilon_0}^{(7)};$$

$$F_{h=8}^{(7)} = \frac{v_2^{(7)} \cdot (A_{8;21}^{(7)})^2}{A_{21;21}^{(7)} \cdot A_{29;29}^{(7)}} = \frac{80 \cdot 3,1756^2}{0,0685 \cdot 420,1953} = 28,0 > F_{\epsilon_0}^{(7)};$$

$$F_{h=3}^{(7)} = \frac{v_2^{(7)} \cdot (A_{3;21}^{(7)})^2}{A_{21;21}^{(7)} \cdot A_{24;24}^{(7)}} = \frac{80 \cdot (-2,5333)^2}{0,0685 \cdot 417,8757} = 17,9 > F_{\kappa p}^{(7)};$$

$$F_{h=2}^{(7)} = \frac{v_2^{(7)} \cdot (A_{2;21}^{(7)})^2}{A_{21;21}^{(7)} \cdot A_{23;23}^{(7)}} = \frac{80 \cdot (-3,5360)^2}{0,0685 \cdot 261,0712} = 55,9 > F_{\kappa p}^{(7)};$$

$$R_{(7)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(7)} = 1 - 0,0685 = 0,9315.$$

➤ Шаг 8. $V_{h\max}^{(8)} = V_{13}^{(8)} = 0,0125$; $z_{13} = th_0$;

$$F_n^{(8)} = \frac{v_2^{(8)} \cdot V_{13}^{(8)}}{A_{21;21}^{(7)} - V_{13}^{(8)}} = \frac{79 \cdot 0,0125}{0,0685 - 0,0125} = 17,6 > F_{\kappa p}^{(8)} \equiv F_{0,05;7;87-8} = 2,15;$$

$$F_{h=1}^{(8)} = \frac{v_2^{(8)} \cdot (A_{1;21}^{(8)})^2}{A_{21;21}^{(8)} \cdot A_{22;22}^{(8)}} = \frac{79 \cdot (-2,0594)^2}{0,0560 \cdot 30,8546} = 193,9 > F_{\kappa p}^{(8)};$$

$$F_{h=6}^{(8)} = \frac{v_2^{(8)} \cdot (A_{6;21}^{(8)})^2}{A_{21;21}^{(8)} \cdot A_{27;27}^{(8)}} = \frac{79 \cdot 1,1028^2}{0,0560 \cdot 30,2563} = 56,7 > F_{\kappa p}^{(8)};$$

$$F_{h=8}^{(8)} = \frac{v_2^{(8)} \cdot (A_{8;21}^{(8)})^2}{A_{21;21}^{(8)} \cdot A_{29;29}^{(8)}} = \frac{79 \cdot 3,3576^2}{0,0560 \cdot 422,8490} = 37,6 > F_{\kappa p}^{(8)};$$

$$F_{h=3}^{(8)} = \frac{v_2^{(8)} \cdot (A_{3;21}^{(8)})^2}{A_{21;21}^{(8)} \cdot A_{24;24}^{(8)}} = \frac{79 \cdot (-2,7632)^2}{0,0560 \cdot 422,1078} = 25,5 > F_{\kappa p}^{(8)};$$

$$F_{h=2}^{(8)} = \frac{v_2^{(8)} \cdot (A_{2;21}^{(8)})^2}{A_{21;21}^{(8)} \cdot A_{23;23}^{(8)}} = \frac{79 \cdot (-3,6473)^2}{0,0560 \cdot 262,0637} = 71,6 > F_{\epsilon_0}^{(8)};$$

$$F_{h=7}^{(8)} = \frac{v_2^{(8)} \cdot (A_{7;21}^{(8)})^2}{A_{21;21}^{(8)} \cdot A_{28;28}^{(8)}} = \frac{79 \cdot 3,4592^2}{0,0560 \cdot 263,4943} = 64,1 > F_{\epsilon_0}^{(8)};$$

$$R_{(8)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(8)} = 1 - 0,0560 = 0,9440.$$

➤ Шаг 9. $V_{h\max}^{(9)} = V_4^{(9)} = 3,2232 \cdot 10^{-3}$; $z_4 = h_0$;

$$F_n^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot V_4^{(9)}}{A_{21;21}^{(8)} - V_4^{(9)}} = \frac{78 \cdot 3,2232 \cdot 10^{-3}}{0,0560 - 3,2232 \cdot 10^{-3}} = 4,76 > F_{\kappa p}^{(9)} \equiv F_{0,05;8;87-9} = 2,09;$$

$$F_{h=1}^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot (A_{1;21}^{(9)})^2}{A_{21;21}^{(9)} \cdot A_{22;22}^{(9)}} = \frac{78 \cdot (-2,1547)^2}{0,0528 \cdot 33,6732} = 203,7 > F_{\kappa p}^{(9)};$$

$$F_{h=6}^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot (A_{6;21}^{(9)})^2}{A_{21;21}^{(9)} \cdot A_{27;27}^{(9)}} = \frac{78 \cdot 0,9765^2}{0,0528 \cdot 35,2044} = 40,0 > F_{\kappa p}^{(9)};$$

$$F_{h=8}^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot (A_{8;21}^{(9)})^2}{A_{21;21}^{(9)} \cdot A_{29;29}^{(9)}} = \frac{78 \cdot 3,3810^2}{0,0528 \cdot 423,0183} = 39,9 > F_{\kappa p}^{(9)};$$

$$F_{h=3}^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot (A_{3;21}^{(9)})^2}{A_{21;21}^{(9)} \cdot A_{24;24}^{(9)}} = \frac{78 \cdot (-2,7703)^2}{0,0528 \cdot 422,1234} = 26,9 > F_{\kappa p}^{(9)};$$

$$F_{h=2}^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot (A_{2;21}^{(9)})^2}{A_{21;21}^{(9)} \cdot A_{23;23}^{(9)}} = \frac{78 \cdot (-3,6179)^2}{0,0528 \cdot 262,3313} = 73,7 > F_{\kappa p}^{(9)};$$

$$F_{h=7}^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot (A_{7;21}^{(9)})^2}{A_{21;21}^{(9)} \cdot A_{28;28}^{(9)}} = \frac{78 \cdot 3,4503^2}{0,0528 \cdot 263,5187} = 66,7 > F_{\kappa p}^{(9)};$$

$$F_{h=13}^{(9)} = \frac{v_2^{(9)} \cdot (A_{7;21}^{(9)})^2}{A_{21;21}^{(9)} \cdot A_{28;28}^{(9)}} = \frac{78 \cdot 0,7479^2}{0,0528 \cdot 42,7865} = 19,3 > F_{\epsilon \delta}^{(9)};$$

$$R_{(9)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(9)} = 1 - 0,0528 = 0,9472.$$

➤ Шаг 10. $V_{h \max}^{(10)} = V_9^{(10)} = 0,0125$; $z_9 = h_0^2$;

$$F_n^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot V_9^{(10)}}{A_{21;21}^{(9)} - V_9^{(10)}} = \frac{77 \cdot 0,0125}{0,0528 - 0,0125} = 23,9 > F_{\epsilon \delta}^{(10)} \equiv F_{0,05;9;87-10} = 2,03;$$

$$F_{h=1}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{1;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{22;22}^{(10)}} = \frac{77 \cdot (-1,9220)^2}{0,0403 \cdot 38,0207} = 185,6 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$F_{h=6}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{6;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{27;27}^{(10)}} = \frac{77 \cdot 0,9502^2}{0,0403 \cdot 35,2600} = 48,9 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$F_{h=8}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{8;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{29;29}^{(10)}} = \frac{77 \cdot 2,5847^2}{0,0403 \cdot 473,9193} = 26,9 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$F_{h=3}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{3;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{24;24}^{(10)}} = \frac{77 \cdot (-1,9954)^2}{0,0403 \cdot 470,3251} = 16,2 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$F_{h=2}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{2;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{23;23}^{(10)}} = \frac{77 \cdot (-2,8012)^2}{0,0403 \cdot 315,8786} = 47,5 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$F_{h=7}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{7;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{28;28}^{(10)}} = \frac{77 \cdot 2,6340^2}{0,0403 \cdot 317,0145} = 41,8 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$F_{h=13}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{13;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{34;34}^{(10)}} = \frac{77 \cdot 0,4873^2}{0,0403 \cdot 48,2396} = 9,4 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$F_{h=4}^{(10)} = \frac{v_2^{(10)} \cdot (A_{4;21}^{(10)})^2}{A_{21;21}^{(10)} \cdot A_{25;25}^{(10)}} = \frac{77 \cdot (-2,1371)^2}{0,0403 \cdot 326,7006} = 26,7 > F_{\epsilon \delta}^{(10)};$$

$$R_{(10)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(10)} = 1 - 0,0403 = 0,9597.$$

➤ Шаг 11.

$$V_{h \max}^{(11)} = V_{18}^{(11)} = 1,4587 \cdot 10^{-3}; z_{18} = \beta h_0;$$

$$F_n^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot V_{18}^{(11)}}{A_{21;21}^{(10)} - V_{18}^{(11)}} = \frac{76 \cdot 1,4587 \cdot 10^{-3}}{0,0403 - 1,4587 \cdot 10^{-3}} = 2,85 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)} \equiv F_{0,05;10;87-11} = 1,96;$$

$$F_{h=1}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{1;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{22;22}^{(11)}} = \frac{76 \cdot (-1,9224)^2}{0,0388 \cdot 38,0209} = 190,4 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=6}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{6;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{27;27}^{(11)}} = \frac{76 \cdot 1,0250^2}{0,0388 \cdot 39,0920} = 52,6 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=8}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{8;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{29;29}^{(11)}} = \frac{76 \cdot 2,1747^2}{0,0388 \cdot 589,1964} = 15,7 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=3}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{3;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{24;24}^{(11)}} = \frac{76 \cdot (-1,8469)^2}{0,0388 \cdot 485,4520} = 13,8 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=2}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{2;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{23;23}^{(11)}} = \frac{76 \cdot (-2,8512)^2}{0,0388 \cdot 317,5907} = 50,1 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=7}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{7;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{28;28}^{(11)}} = \frac{76 \cdot 2,6825^2}{0,0388 \cdot 318,6247} = 44,2 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=13}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{13;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{34;34}^{(11)}} = \frac{76 \cdot 0,3945^2}{0,0388 \cdot 54,1358} = 5,63 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=4}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{4;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{25;25}^{(11)}} = \frac{76 \cdot (-2,1346)^2}{0,0388 \cdot 326,7052} = 27,3 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$F_{h=9}^{(11)} = \frac{v_2^{(11)} \cdot (A_{9;21}^{(11)})^2}{A_{21;21}^{(11)} \cdot A_{30;30}^{(11)}} = \frac{76 \cdot 1,8672^2}{0,0388 \cdot 382,0058} = 17,9 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(11)};$$

$$R_{(11)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(11)} = 1 - 0,0388 = 0,9612.$$

➤ *Шаг 12.* $V_{h\max}^{(12)} = V_{16}^{(12)} = 1,0094 \cdot 10^{-3}; z_{16} = \omega h_0;$

$$F_n^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot V_{16}^{(12)}}{A_{21;21}^{(11)} - V_{16}^{(12)}} = \frac{75 \cdot 1,0094 \cdot 10^{-3}}{0,0388 - 1,0094 \cdot 10^{-3}} = 2,00 > F_{\kappa p}^{(12)} \equiv F_{0,05;11;87-12} = 1,93;$$

$$F_{h=1}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{1;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{22;22}^{(12)}} = \frac{75 \cdot (-1,9179)^2}{0,0378 \cdot 38,0408} = 191,9 > F_{\kappa p}^{(12)};$$

$$F_{h=6}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{6;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{27;27}^{(12)}} = \frac{75 \cdot 0,9784^2}{0,0378 \cdot 41,2374} = 46,1 > F_{\kappa p}^{(12)};$$

$$F_{h=8}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{8;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{29;29}^{(12)}} = \frac{75 \cdot 1,9825^2}{0,0378 \cdot 625,7686} = 12,5 > F_{\kappa p}^{(12)}$$

$$F_{h=3}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{3;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{24;24}^{(12)}} = \frac{75 \cdot (-1,7300)^2}{0,0378 \cdot 498,9821} = 11,9 > F_{\kappa p}^{(12)};$$

$$F_{h=2}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{2;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{23;23}^{(12)}} = \frac{75 \cdot (-2,9341)^2}{0,0378 \cdot 324,4046} = 52,7 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(12)};$$

$$F_{h=7}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{7;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{28;28}^{(12)}} = \frac{75 \cdot 2,9834^2}{0,0378 \cdot 408,3163} = 43,3 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(12)};$$

$$F_{h=13}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{13;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{34;34}^{(12)}} = \frac{75 \cdot 0,4458^2}{0,0378 \cdot 56,7417} = 6,95 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(12)};$$

$$F_{h=4}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{4;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{25;25}^{(12)}} = \frac{75 \cdot (-2,1251)^2}{0,0378 \cdot 326,7939} = 27,4 > F_{\hat{\epsilon}\delta}^{(12)};$$

$$F_{h=9}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{9;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{30;30}^{(12)}} = \frac{75 \cdot 1,9912^2}{0,0378 \cdot 397,2376} = 19,8 > F_{\epsilon\delta}^{(12)};$$

$$F_{h=18}^{(12)} = \frac{v_2^{(12)} \cdot (A_{18;21}^{(12)})^2}{A_{21;21}^{(12)} \cdot A_{39;39}^{(12)}} = \frac{75 \cdot 0,5943^2}{0,0378 \cdot 163,7039} = 4,28 > F_{\epsilon\delta}^{(12)};$$

$$R_{(12)}^2 = 1 - A_{21;21}^{(12)} = 1 - 0,0378 = 0,9622.$$

➤ Шаг 13. $V_{h\max}^{(13)} = V_{11}^{(13)} = 1,5277 \cdot 10^{-3}$; $z_{11} = t\omega$;

$$F_n^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot V_2^{(13)}}{A_{21;21}^{(13)} - V_2^{(13)}} = \frac{74 \cdot 1,5277 \cdot 10^{-3}}{0,0378 - 1,5277 \cdot 10^{-3}} = 3,12 > F_{\epsilon\delta}^{(13)} \equiv F_{0,05;12;87-13} = 1,91;$$

$$F_{h=1}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{1;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{22;22}^{(13)}} = \frac{74 \cdot (-2,0040)^2}{0,0363 \cdot 42,8893} = 190,9 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=6}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{6;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{27;27}^{(13)}} = \frac{74 \cdot 0,9228^2}{0,0363 \cdot 43,2677} = 40,1 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=8}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{8;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{29;29}^{(13)}} = \frac{74 \cdot 1,7352^2}{0,0363 \cdot 665,8174} = 9,22 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=3}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{3;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{24;24}^{(13)}} = \frac{74 \cdot (-1,6811)^2}{0,0363 \cdot 500,5466} = 11,5 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=2}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{2;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{23;23}^{(13)}} = \frac{74 \cdot (-2,7079)^2}{0,0363 \cdot 357,9107} = 41,8 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=7}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{7;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{28;28}^{(13)}} = \frac{74 \cdot 2,7671^2}{0,0363 \cdot 438,9186} = 35,6 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=13}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{13;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{34;34}^{(13)}} = \frac{74 \cdot 0,2392^2}{0,0363 \cdot 84,6733} = 1,38 < F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=4}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{4;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{25;25}^{(13)}} = \frac{74 \cdot (-2,3758)^2}{0,0363 \cdot 367,9259} = 31,3 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=9}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{9;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{30;30}^{(13)}} = \frac{74 \cdot 2,2436^2}{0,0363 \cdot 438,9186} = 23,4 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=18}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{18;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{39;39}^{(13)}} = \frac{74 \cdot 0,9456^2}{0,0363 \cdot 244,4974} = 7,46 > F_{\epsilon\delta}^{(13)};$$

$$F_{h=16}^{(13)} = \frac{v_2^{(13)} \cdot (A_{16;21}^{(13)})^2}{A_{21;21}^{(13)} \cdot A_{37;37}^{(13)}} = \frac{74 \cdot (-0,6320)^2}{0,0363 \cdot 194,7912} = 4,18 > F_{\epsilon\delta}^{(13)}.$$

После включения в уравнение регрессии фактора $z_{11} = t\omega$ незначимым стал ранее включенный в него фактор $z_{13} = th_0$, который исключаем, преобразуя матрицу $A^{(13)}$, согласно формуле (38).

Коэффициент детерминации после включения в уравнение регрессии фактора $z_{11} = t\omega$ и исключения из него фактора $z_{13} = th_0$

$$R_{(13)}^2 = 1 - B_{21;21}^{(2)} = 1 - 0,0370 = 0,9630.$$

➤ Шаг 14. $V_{h\max}^{(14)} = V_{15}^{(14)} = 6,8756 \cdot 10^{-4}$; $z_{15} = \omega\beta$;

$$F_n^{(14)} = \frac{v_2^{(14)} \cdot V_{15}^{(14)}}{B_{21;21}^{(2)} - V_{15}^{(14)}} = \frac{74 \cdot 6,8756 \cdot 10^{-4}}{0,0370 - 6,8756 \cdot 10^{-4}} = 1,40 < F_{\epsilon\delta}^{(14)} \equiv F_{0,05;12;87-13} = 1,91.$$

Поскольку условие (35) не выполняется, построение модели считаем законченным и по формулам (39), с учетом оценок математических ожиданий \bar{z}_h и средних квадратических отклонений s_{zh} z -переменных, а также \bar{y} и s_y (см. таблицу 8), вычисляем оценки коэффициентов регрессии (таблица 12).

Таблица 12 – Элементы $q+1$ -го столбца матрицы $B_{h, q+1}^{(2)}$,

используемые для вычислений – см. формулы (2.27),
и оценки включенных в модель коэффициентов регрессии b_h

h	0	1	6	8	3	2
$B_{h, q+1}^{(2)}$		-1,97829	0,97104	1,52271	-1,58105	-2,56614
b_h	88,875	-1,656	0,040	$3,32 \cdot 10^{-3}$	-0,490	-1,573
h	7	4	9	18	16	11
$B_{h, q+1}^{(2)}$	2,59725	-2,55558	2,40622	1,14387	-0,66200	0,53033
b_h	0,022	-0,164	$2,204 \cdot 10^{-4}$	$5,592 \cdot 10^{-4}$	$-6,272 \cdot 10^{-4}$	$9,528 \cdot 10^{-3}$

Примечание. Последовательность составляющих уравнения регрессии соответствует последовательности включения их в эти уравнения.

Значимость регрессии оцениваем, вычисляя долю объясненной вариации

$$R^2 = R_{(13)}^2 = 0,963;$$

средние квадраты регрессии

$$MS_R = \frac{y^T y - n\bar{y}^2}{p-1} \cdot R^2 = \frac{1,823 \cdot 10^4 - 87 \cdot 13,533^2}{12-1} \cdot 0,963 = 201,060$$

и остатков

$$MS_e = \frac{y^T y - n\bar{y}^2}{n-p} \cdot B_{21,21}^{(2)} = \frac{2,297 \cdot 10^3}{87-12} \cdot 0,037 = 1,133$$

и проверяя, согласно условию (40), гипотезу о равенстве средних квадратов MS_R и MS_e :

$$F = \frac{MS_R}{MS_e} = \frac{201,060}{1,133} = 177,5 \gg F_{\epsilon\delta} \equiv F_{0,05;11;75} = 1,93.$$

Таким образом, гипотеза о равенстве MS_R и MS_e отвергается, т.е. составленное уравнение регрессии статистически значимо.

Наконец, согласно формуле (41), относительная среднеквадратическая ошибка расчетов с использованием составленной модели (δ , %)

$$\delta = \frac{\sqrt{MS_e}}{\bar{y}} \cdot 100 = \frac{1,064}{13,533} \cdot 100 = 7,9.$$

3.3.3 Прогнозирование значений множественной регрессии

♦ *Значимость регрессии* оценивают, используя таблицу дисперсионного анализа (таблица 13), путем проверки гипотезы о равенстве средних квадратов MS_R (обусловленного регрессией) и MS_e (относительно регрессии). При этом коэффициент β_0 , который не зависит от x_j , обычно не включают в критерий значимости.

Таблица 13 – Дисперсионный анализ в матричной форме применительно к модели (27)

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы
Регрессия	$b^T z^T y - n\bar{y}^2$	$p-1$
Остаток	$y^T y - b^T z^T y$	$n-p$
Общая вариация	$y^T y - n\bar{y}^2$	$n-1$

Примечание. p – общее число коэффициентов регрессии в анализируемой модели, включая β_0 .

Нулевую гипотезу $H_0: K=0$ при альтернативной гипотезе $H_0: K \neq 0$ проверяем с помощью F -критерия:

$$F = \frac{MS_R}{MS_e} \geq F_{\epsilon\delta} \equiv F_{\alpha; p-1; n-p}, \quad (40)$$

где $F_{\alpha; p-1; n-p}$ – критическое значение F -распределения при уровне значимости α , числах степеней свободы $p-1$ и $n-p$ (таблица П.2 и П.3).

Если выполняется условие (40), гипотеза о равенстве MS_R и MS_e отвергается, т.е. полученное уравнение регрессии статистически значимо.

Показатели, характеризующие составленную модель, при использовании шагового регрессионного метода можно определить, непосредственно вычисляя долю объясненной вариации

$$R^2 = 1 - A_{q+1, q+1}^{(g)}, \quad (41)$$

средние квадраты регрессии

$$MS_R = \frac{y^T y - n\bar{y}^2}{p-1} \cdot R^2 \quad (42)$$

и остатков

$$MS_e = \frac{y^T y - n\bar{y}^2}{n-p} \cdot A_{q+1, q+1}^{(g)}, \quad (43)$$

где p – число коэффициентов регрессии в составленной модели.

Относительная среднеквадратическая ошибка аппроксимации результатов наблюдений составленным уравнением регрессии (коэффициент вариации, %)

$$\delta = \frac{\sqrt{MS_e}}{\bar{y}} \cdot 100. \quad (44)$$

Вектор расчетных значений функции отклика

$$\hat{y} = \mathbf{z}\mathbf{b}, \quad (45)$$

где $\mathbf{Z} = \left\| z_{i,h} \right\|$ – матрица размером $n \times p$, элементами первого столбца которой является фиктивная переменная $z_{i,0} = 1$, а в остальных столбцах помещены, соответственно последовательности коэффициентов регрессии b_h , включенные в модель z -переменные.

Если по аналогии со строками матрицы \mathbf{Z} составить некоторую матрицу-строку

$$\mathbf{Z}_k = \left\| 1; z_{k,1}; z_{k,2}; \dots; z_{k,p-1} \right\|, \quad (46)$$

то прогнозируемое среднее значение функции отклика в точке факторного пространства, координаты которой $z_{k,h}$,

$$\hat{y}_k = \mathbf{Z}_k \mathbf{b} = \mathbf{b}^T \mathbf{Z}_k^T. \quad (47)$$

Границы интервальной оценки предсказанного с доверительной вероятностью $\gamma = 1 - \alpha$ значения y_k [2]:

$$\hat{y}_k \pm t_{1-\alpha/2; n-p} s_a \sqrt{\mathbf{Z}_k (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}_k^T},$$

где $t_{1-\alpha/2; n-p}$ – значение t -распределения, соответствующее границе его односторонней критической области при уровне значимости $\alpha/2$ и числе степеней свободы $n-p$ скорректированной дисперсии $s^2 = MS_e$.

Предсказанное *индивидуальное* наблюдение y_k , варьирующееся относительно среднего арифметического с дисперсией s_a^2 , определяется величиной \hat{y}_k , но с дисперсией

$$s^2\{y_k\} = s_a^2 \left[1 + \mathbf{Z}_k (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}_k^T \right],$$

и интервал, в который с заданной доверительной вероятностью γ попадают возможные значения y_k ,

$$[y_k - \Delta y_k, y_k + \Delta y_k], \quad (48)$$

где

$$\Delta y_k = t_{1-\alpha/2; n-p} s_a \sqrt{1 + \mathbf{Z}_k (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}_k^T}.$$

3.4 Планирование и анализ многофакторных экспериментов

3.4.1 Теоретические предпосылки

Отыскание экстремального значения функции нескольких переменных, для которой отсутствует аналитическое выражение, методами последовательного варьирования одной переменной при фиксированных значениях всех остальных требует выполнения большого объема опытов. В этом отношении плодотворно использование методов математической теории планирования экспериментов, которые заключаются в выборе числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных, чтобы решить поставленную задачу с минимальными затратами и требуемой точностью. В терминах теории планирования экстремальных экспериментов это можно сформулировать следующим образом: при неполном знании о так называемой *функции отклика*

$$y = (x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (49)$$

где x_i – *факторы* – независимые переменные, которые можно варьировать при постановке опытов, надо оптимально, в некотором смысле, управлять экспериментом с тем, чтобы получить математическую модель и в итоге найти экстремум функции отклика [1, С. 51–59; 2, С. 161–236; 3, С. 65–116].

В общем случае функцию отклика (49), аналитическое выражение которой неизвестно, можно представить уравнением регрессии

$$y = \beta_0 + \sum_i \beta_i x_i + \sum_{ij} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_i \beta_{ii} x_i^2, \quad (50)$$

$$i = 1, 2, \dots, k; \quad j \neq i$$

а в первом приближении – уравнением линейной регрессии $y = \beta_0 + \sum_i \beta_i x_i$ или неполным квадратическим уравнением

$$y = \beta_0 + \sum_i \beta_i x_i + \sum_{ij} \beta_{ij} x_i x_j. \quad (51)$$

Составление линейных планов

Чтобы устранить недостатки классического регрессионного анализа, основными из которых являются корреляция между коэффициентами регрессии и трудности в оценке расчетных значений функции отклика, используют кодированные значения факторов

$$x_i = \frac{2z_i - z_{i1} - z_{i2}}{z_{i2} - z_{i1}}, \quad (52)$$

где z_i – натуральное значение i -го фактора;

z_{i1} и z_{i2} – соответственно нижняя и верхняя границы изменения величины z_i (уровни ее стабилизации при проведении опытов).

Тогда значениям z_{i1} и z_{i2} соответствуют кодированные значения $x_{i1} = -1$ и $x_{i1} = +1$.

Матрица планирования эксперимента, строки которой содержат все сочетания факторов x_i , при которых выполняем опыты, приведена в таблице 14 для простейшего случая двухфакторного плана. Она лежит в основе построения планов полных факторных экспериментов (ПФЭ) первого порядка. Например, если число факторов $k = 3$, то эту матрицу записываем дважды, сначала дополняя ее третьим фактором $x_3 = -1$, а затем $x_3 = +1$ (таблица 15). Для четырехфакторного плана дважды повторяется таблица 4.2, дополняемая $x_4 = -1$ (8 первых строк) и $x_4 = +1$ (8 последующих строк) и т.д.

Таблица 14 – Матрица планирования двухфакторного эксперимента

№ опыта	x_1	x_2
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

Таблица 15 – Построение трехфакторного плана первого порядка

№ опыта	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Вычисление коэффициентов регрессии

Оценки b_j коэффициентов функции отклика, представленной уравнениями регрессии (50) или (51), определяем по результатам опытов методом наименьших квадратов, решая относительно неизвестных b_0, b_1, \dots, b_k систему нормальных уравнений, которая в матричной форме имеет вид :

$$x^T x b = x^T y,$$

откуда

$$b = c x^T y,$$

где x и x^T – матрица независимых переменных и соответствующая ей транспонированная матрица;

b и y – столбцевые матрицы соответственно коэффициентов регрессии b_j и результатов опытов \tilde{y}_u ;

$c = (x^T x)^{-1}$ – информационная (ковариационная) матрица, которая является обратной по отношению к матрице системы нормальных уравнений $x^T x$.

Если план ортогональный, т.е. для любых двух столбцов матрицы x выполняется условие

$$\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} = 0,$$

то матрица системы нормальных уравнений $x^T x$ является диагональной, что приводит к простому выражению

$$b_j = \frac{\sum_{u=1}^N x_{ju} \tilde{y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{ju}^2}, \quad (53)$$

где j – порядковый номер столбцов *расширенной матрицы планирования* (таблица 16);

$\tilde{y}_u = n^{-1} \sum_{s=1}^n y_{us}$ – среднее арифметическое результатов i -го опыта;

n – число повторностей в каждом из вариантов опыта;

$N = 2^k$ – число вариантов опыта.

При этом оценка свободного члена β_0 уравнения регрессии (50)

$$b_0 = b'_0 - \bar{x}_i^2 \sum_{i=1}^k b_{ii}, \quad (54)$$

где b'_0 – результат вычисления по формуле (53) при $j = 0$;

$$\bar{x}_i^2 = N^{-1} \sum_{u=1}^N x_{iu}^2.$$

Для линейного или неполного квадратического уравнения регрессии выражение (54) еще упрощается:

$$b_j = N^{-1} \sum_{u=1}^N x_{ju} \tilde{y}_u. \quad (55)$$

Таблица 16 – Расширенная матрица трехфакторного плана первого порядка

u	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Собственно план, согласно которому варьируем факторы при проведении опытов, представляют собой столбцы 3...5 таблица 16. Во втором столбце, используемом для вычисления свободного члена уравнения регрессии, приведены кодовые значения фиктивной переменной $x_0 = +1$, а в столбцах 6...9, которые служат для расчета коэффициентов регрессии при парных и тройных произведениях факторов, приведены произведения соответствующих кодовых значений.

3.4.2 Статистическая обработка уравнения регрессии

Полученное уравнение регрессии подвергается статистической обработке с целью проверки его адекватности экспериментальным данным и для выявления значимости коэффициентов b_j .

Проверка наличия зависимости между функцией отклика и факторами

Вычисляем среднее арифметическое всех результатов эксперимента (уравнение нулевого порядка)

$$\bar{y} = N^{-1} \sum_{u=1}^N \tilde{y}_u, \quad (56)$$

остаточные дисперсии (дисперсии адекватности) для уравнения нулевого порядка

$$s_{R_0}^2 = \frac{n}{N-1} \cdot \sum_{u=1}^N (\bar{y} - y_u)^2, \quad (57)$$

и полученного уравнения

$$s_{\hat{a}\hat{a}}^2 = \frac{n}{N-n_1} \cdot \sum_{u=1}^N (\tilde{y}_u - y_u)^2, \quad (58)$$

где y_u – расчетное значение функции отклика для i -го варианта;

n_1 – число коэффициентов уравнения регрессии.

Если отношение большей из оценок этих дисперсий к меньшей

$$F_0 = \max(s_{R_0}^2, s_{\hat{a}\hat{a}}^2) / \min(s_{R_0}^2, s_{\hat{a}\hat{a}}^2) \leq F_{\alpha; v_0; v_{\hat{a}\hat{a}}}, \quad (59)$$

где $F_{\alpha; v_0; v_{\hat{a}\hat{a}}}$ – табличное значение F - критерия Фишера при уровне значимости α и степенях свободы $v_0 = N-1$ и $v_{\hat{a}\hat{a}} = N-n_1$, с которыми вычислены дисперсии (57) и (58), то полученная модель описывает поверхность отклика не лучше, чем среднее арифметическое \bar{y} , т.е. не имеет информационной ценности.

Оценивание воспроизводимости результатов эксперимента

По данным параллельных опытов вычисляем построчные выборочные дисперсии

$$s^2\{y_u\} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{s=1}^n (y_{us} - \tilde{y}_u)^2. \quad (60)$$

с числом степеней свободы $\nu_n = n - 1$.

Расчет упрощается в распространенном случае $n = 2$:

$$s^2\{y_u\} = \frac{(y_{u1} - y_{u2})^2}{2}. \quad (61)$$

Гипотезу об однородности дисперсий $s^2\{y_u\}$ при одинаковом числе повторностей во всех N вариантах опыта проверяем, используя критерий Кохрена:

$$G = \frac{s^2\{y_u\}_{max}}{\sum_{u=1}^N s^2\{y_u\}} < G_{\alpha; \nu_n; N}, \quad (62)$$

где $G_{\alpha; \nu_n; N}$ – табличное значение критерия при уровне значимости α , числах степеней свободы ν_n и N .

Если условие (62) выполняется, то расхождения между дисперсиями незначимы, поэтому можно, усреднив их, вычислить дисперсию воспроизводимости опытов

$$s^2\{y\} = N^{-1} \sum_{u=1}^N s^2\{y_u\} \quad (63)$$

с числом степеней свободы $\nu_a = N(n-1)$.

Проверка приемлемости линейного уравнения

Свободный член линейного уравнения регрессии является совместной оценкой:

$$b_0 \rightarrow \beta_0 + \sum_i \beta_{ii},$$

т.е. характеризует, кроме β_0 , сумму коэффициентов при квадратичных членах, которые в случае линейной регрессии полагаем незначимыми. Обоснованность линейного приближения проверяем постановкой опытов в центре плана, среднее арифметическое \tilde{y}_0 которых является оценкой коэффициента β_0 , не смешанной с какими-либо взаимодействиями.

Линейное уравнение приемлемо, если разность $|\tilde{y}_0 - b_0|$ статистически незначима, т.е. выполняется неравенство

$$|\tilde{y}_0 - b_0| < s \cdot \sqrt{\frac{N + n_0}{n_0 N}} t_{\gamma; \nu}, \quad (64)$$

где $s^2 = \nu^{-1} [(N-1)s^2\{b_j\} + (n_0-1)s^2\{\tilde{y}_0\}]$ – средневзвешенное двух дисперсий с числом степеней свободы $\nu = N + n_0 - 2$;

$s^2\{b_j\} = (nN)^{-1} s^2\{y\}$ – дисперсия коэффициентов регрессии;

$s^2\{\tilde{y}_0\} = n_0^{-1} s^2\{y_0\}$ – дисперсия среднего значения \tilde{y}_0 ;

$t_{\gamma; \nu}$ – критическое значение t -распределения при двустороннем ограничении, доверительном уровне γ и числе степеней свободы ν .

Проверка значимости коэффициентов и адекватности уравнения регрессии

Оценки дисперсий коэффициентов регрессии в общем случае вычисляются по формулам

$$s^2\{b_j\} = \left(n \sum_{u=1}^N x_{ju}^2 \right)^{-1} s^2\{y\}; \quad (65)$$

$$s^2\{b_0\} = s^2\{b'_0\} + \sum_i (\bar{x}_i^2) s^2\{b_{ii}\}.$$

При линейном приближении в формуле (65)

$$\sum_{u=1}^N x_{ju}^2 = N.$$

Коэффициент регрессии b_j статистически значимый, если

$$|b_j| > \Delta b_j = s\{b_j\} \cdot t_{\gamma; \nu_a}. \quad (66)$$

Чтобы оценить ошибку расчетных значений в пределах ошибки воспроизводимости опытов, вычисляем отношение

$$F = \max(s_{aa}^2; s^2\{y\}) / \min(s_{aa}^2; s^2\{y\}).$$

Уравнение регрессии адекватно экспериментальным данным, если

$$F < F_{\alpha; \nu_{aa}; \nu_a}. \quad (67)$$

3.4.3 Композиционное планирование

Описание почти стационарной области вблизи экстремума на поверхности отклика обычно достигается использованием полинома второго порядка, для чего надо составить и реализовать такой план, в котором каждая переменная принимает хотя бы три разных значения. Следуя идее шагового эксперимента, целесообразно использовать так называемое **композиционное (последовательное) планирование**, дополнив уже реализованный план первого порядка некоторым количеством экспериментальных точек, которые расположены определенным образом, а именно: поставив эксперимент в центре плана и в $2k$ "звездных" точках – вершинах k – мерного аналога октаэдра, координаты которых, если, например, $k = 3$,

$$(\mp \alpha_{\hat{e}}, 0, 0); (0, \mp \alpha_{\hat{e}}, 0); (0, 0, \mp \alpha_{\hat{e}}).$$

Таким образом, при центральном композиционном планировании общее число опытов

$$N_{\hat{e}} = 2^k + 2k + 1,$$

из которых требуется провести дополнительно $2k+1$ опыт.

Величину звездного плеча $\alpha_{\hat{e}}$, обеспечивающую полную ортогональность плана второго порядка, можно определить, если ввести преобразование

$$x'_i = x_i^2 - \frac{1}{N_{\hat{e}}} \cdot \sum_{u=1}^{N_{\hat{e}}} x_{iu}^2 = x_i^2 - \bar{x}_i^2$$

и, приравняв нулю скалярное произведение

$$\sum_{u=1}^{N_{\hat{e}}} x'_{iu} x'_{ju} = 0, \quad (68)$$

решить выражение (68) относительно $\alpha_{\hat{e}}$.

В общем случае выражение (68) можно записать в виде

$$N(1-a)^2 - 4a(\alpha_{\hat{e}}^2 - a) + (N_{\hat{e}} - N - 4)a^2 = 0, \quad (69)$$

где N и $N_{\hat{e}}$ – число строк соответственно плана первого порядка и построенного на его основе композиционного плана второго порядка;

$$a = \bar{x}_i^2 = \frac{N + 2\alpha_{\hat{e}}^2}{N_{\hat{e}}}.$$

Из уравнения (69) получаем простую формулу для вычисления величины звездного плеча:

$$\alpha_{\hat{e}}^2 = \frac{-N + \sqrt{NN_{\hat{e}}}}{2}.$$

Составление плана второго порядка иллюстрирует пример матри-

цы центрального композиционного ортогонального плана типа 2^3 (таблица 17), в которой приняты следующие обозначения: $\gamma_1 = -\bar{x}_i^2 = -0,73016$; $\gamma_2 = 1 + \gamma_1 = 0,26984$; величина звездного плеча $\alpha_{\hat{e}} = 1,215$; $\gamma_3 = \alpha_{\hat{e}}^2 + \gamma_1 = 0,74606$.

Опыты с комбинациями факторов, которые заданы строками 1...8 таблицы 17, представляют собой ПФЭ типа 2^3 (см. таблицу 15). Кроме опыта в центре плана (строка 9), дополнительно требуется провести шесть опытов в "звездных" точках – строки 10...15 таблицы 17. В последней строке таблицы 17, не имеющей отношения к матрице плани-

рования, приведены суммы $\sum_{u=1}^{N_{\hat{e}}} x_{ju}^2$, используемые при вычислении

оценок коэффициентов регрессии по формуле (18) и оценок дисперсий коэффициентов регрессии по формулам (65).

Таблица 17 – Матрица ортогонального плана типа 2^3 второго порядка

i	Кодовые значения факторов									
	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1^2 + \gamma_1$	$x_2^2 + \gamma_1$	$x_3^2 + \gamma_1$	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$
1	+1	-1	-1	-1	γ_2	γ_2	γ_2	+1	+1	+1
2	+1	+1	-1	-1	γ_2	γ_2	γ_2	-1	-1	+1
3	+1	-1	+1	-1	γ_2	γ_2	γ_2	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1	-1	γ_2	γ_2	γ_2	+1	-1	-1
5	+1	-1	-1	+1	γ_2	γ_2	γ_2	+1	-1	-1
6	+1	+1	-1	+1	γ_2	γ_2	γ_2	-1	+1	-1
7	+1	-1	+1	+1	γ_2	γ_2	γ_2	-1	-1	+1
8	+1	+1	+1	+1	γ_2	γ_2	γ_2	+1	+1	+1
9	+1	0	0	0	γ_1	γ_1	γ_1	0	0	0
10	+1	$-\alpha$	0	0	γ_3	γ_1	γ_1	0	0	0
11	+1	$+\alpha$	0	0	γ_3	γ_1	γ_1	0	0	0
12	+1	0	$-\alpha$	0	γ_1	γ_3	γ_1	0	0	0
13	+1	0	$+\alpha$	0	γ_1	γ_3	γ_1	0	0	0
14	+1	0	0	$-\alpha$	γ_1	γ_1	γ_3	0	0	0
15	+1	0	0	$+\alpha$	γ_1	γ_1	γ_3	0	0	0
$\sum_u x_{ju}^2$	15	10,95245			4,36139			8		

Коэффициенты уравнения регрессии в виде полинома второго порядка

$$y = b'_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(k-1)k}x_{k-1}x_k + b_{11}(x_1^2 - \bar{x}_1^2) + \dots + b_{kk}(x_k^2 - \bar{x}_k^2) \quad (70)$$

вычисляем по формуле (53).

В обычной форме записи уравнение (70) имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(k-1)k}x_{k-1}x_k + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{kk}x_k^2, \quad (71)$$

где $b_0 = b'_0 - \bar{x}_i^2 \sum_{i=1}^k b_{ii}$.

Оценки дисперсий коэффициентов регрессии вычисляем по формулам (65).

Адекватность уравнения (71) экспериментальным данным и статистическую значимость его коэффициентов проверяем так же, как в случае уравнения регрессии первого порядка.

Часть 4 ОСНОВЫ ПАТЕНТОВЕДЕНИЯ

4.1 Понятие интеллектуальной собственности

Создание новых устройств, технологий, материалов, нового программного обеспечения – работа творческая. По ее результатам пишется научно-технический отчет, статья, заявка на изобретение. Но создать, разработать, опубликовать – это еще не все. Чтобы не быть обворованными в мире товарно-денежных отношений, необходимы хотя бы начальные знания о том, как защитить созданное Тобой, Твоим интеллектом.

Собственность на продукты интеллектуальной деятельности называется интеллектуальной собственностью (ИС). Ее юридические основы в современной Беларуси базируются на Конституции РБ, а также законах (например, Патентном законе РБ) и подзаконных актах (Указы Президента и Правительства РБ).

Главная особенность законодательства, касающегося ИС, – в том, что защищается не только и не столько конкретный экземпляр книги, картины, устройства, технологии, диска с компьютерной программой, но и **авторство** сочинителя, художника, инженера-разработчика и **право распоряжаться** созданным объектом. Таким образом, права субъекта (автора) разделяются на имущественные, связанные с материальным вознаграждением автора за его труд (вспомните В.В. Маяковского: «Поэзия – та же добыча радия: в грамм добыча, в год труды»), и на личностные, неимущественные, неотделимые от личности автора (А.С. Пушкин: «Не продается вдохновенье, но можно рукопись продать»). Поэтому роман «Сердце на ладонях» написан только И. Шамякиным, а оптический квантовый генератор (лазер) изобрели только Басов, Прохоров.

4.1.1 Что такое патент

Разработанный объект как продукт творчества часто можно воспроизводить независимо от автора-разработчика, т.е. промышленно. Созданная при таких условиях собственность называется промышленной, и защита ее осуществляется в рамках патентного законодательства.

Патент есть документированное государством право на авторство и возможность обладателя документа распоряжаться дальнейшим воспроизведением промышленного товара в течение заданного срока в стране, где этот документ зарегистрирован. Патент позволяет владельцу фактически монопольно распоряжаться

результатами интеллектуальной деятельности. Например, получать прибыль как за счет более быстрого освоения выпуска новых товаров, так и блокируя доступ конкурентов на рынок. Последнее зачастую сдерживает прогресс общества, поэтому некоторые крупные ученые и изобретатели М. Фарадей, Д. Максвелл, А. Флеминг, Д.И. Менделеев и другие демонстративно отказывались от патентования своих изобретений и публично раскрывали их суть. Однако монополия патентовладельца сдерживается законодательно на основе Гражданского законодательства, специальными статьями в Патентном законе, разрешающими в ряде случаев использовать запатентованный товар без согласия автора, и другими законами, например Законом о недобросовестной конкуренции.

В Патентном законе перечислены действия, нарушающие право патентообладателя на запатентованный товар:

- несанкционированное изготовление;
- ввоз в страну, где права защищены патентом;
- продажа и предложение к продаже;
- введение в хозяйственный оборот;
- хранение с целью последующего получения прибыли.

Иными словами, патентовладелец запрещает любое получение прибыли от использования запатентованного объекта и вправе требовать прекращения нарушения, возмещения ущерба и наказания нарушителя в соответствии даже с Уголовным кодексом. Но вину нарушителя должен доказывать патентовладелец. Следует подчеркнуть, что нарушителем патентных прав является именно получатель прибыли – продавший, но не купивший запатентованный объект.

4.1.2 Право преждепользования

Зачастую новое техническое решение одновременно и независимо находят разные авторы. Каждый из них может начать организацию производства новых товаров – потратить средства, закупить сырье и оборудование, нанять рабочих и т.д. Но кто-то подал патентную заявку первым. Возникает так называемое преждепользование. В подобных случаях Патентный закон (статья 12) «милостив» по отношению к незаявившему, но уже потратившему на производство: он может продолжать выпуск продукции, но только в пределах изначально запланированного им объема. Это не нарушение монопольных прав заявителя. Но уже установка, скажем, нового оборудования или совершенствование технологии, повлекшие увеличение выпуска товаров, будет рассматриваться как нарушение с соответствующими последствиями. Право преждепользования со-

храняется и при передаче производства третьему лицу.

Но так как монопольное право патентовладельца начинается с даты подачи заявки, а рассмотрение заявки в экспертизе и публикация требуют определенного времени, заявителю целесообразно не затягивать дело с патентованием новых разработок товаров, следить за возможными конкурентами и при малейших намеках на возможность освоения ими патентуемых товаров извещать их о том, что техническое решение уже имеется, заявка подана и, мол, мы готовы предоставить лицензию. Подобное предупреждение рассматривается судом как начало преждепользования. А поскольку при этом производство только-только разворачивается, выпуск будет еще небольшим.

Патент может быть получен и на группу лиц, участвовавших в исследованиях и разработках. Их взаимоотношения определяются соглашением. При его отсутствии каждый из совладельцев может использовать охраняемый объект по своему усмотрению, но не вправе предоставить на него лицензию или уступить патент другому лицу без согласия остальных владельцев.

Поскольку патент – это право, документированное государством, оно должно защищать права патентовладельцев. Для этого государство тратит средства на проведение экспертизы, публикацию патентной информации, содержание судов и т.д. Эти средства частично изымаются в виде пошлин с заявителей (за подачу заявки, проведение экспертизы по существу и в случае положительного решения – за выдачу патента) и с патентовладельца (ежегодно за поддержание патента в силе). Пошлина является и некоторым сдерживающим инструментом от графоманских предложений с явно завиральным содержанием.

Патентование, таким образом, обходится недешево. Так надо ли тратить деньги и когда? Приведем самые общие рекомендации:

- надо, если есть место, где можно производить запатентованный товар без ведома патентовладельца, например соседнее предприятие, где имеется необходимый парк станков;
- надо, если, есть кому продать, например, в Японии нецелесообразно патентовать способ добычи нефти, поскольку ее там нет;
- надо, если, взяв патент, можешь запретить конкуренту производить подобную продукцию, хотя в силу каких-то причин и не будешь ее выпускать сам;
- надо, чтобы обмануть конкурента возможными трудностями при наладке производства и якобы малой прибылью;
- не надо, если не предвидится конкурентов;

- не надо, если можно надежно спрятать секреты производства, а конкурент в обозримом будущем не сможет догадаться, как изготавливается товар. Фирма «Пепси-кола», например, не запатентовала концентрат своего напитка и пока не нашлось изобретателя, раскрывшего секрет его изготовления. Этот изобретатель может получить патент и заставить всех, выпускающих напитков, в том числе и фирму «Пепси-кола», платить ему за производство (но только за превышение уровня теперешнего выпуска)!

4.2 Изобретение, его признаки, описание и формула

4.2.1 Условия патентоспособности

Патентная защита технического решения возможна, если оно удовлетворяет ряду условий («критериев изобретения»). По законодательству РФ патентоспособность изобретений заключается в **новизне** (приоритет изобретателя в обнаружении найденного решения), **изобретательском уровне** (уровень творчества, достигнутый изобретателем) и **промышленной применимости** (определяет рыночные отношения в связи с изобретением).

Новизна. Понятно, что новизна технического решения воспринимается по-разному: что ново для абитуриента, профессор уже забыл. Поэтому принято определение (ст. 4 ПЗ РФ): «Изобретение является новым, если оно не известно из уровня техники, а **уровень техники** включает в себя любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты подачи заявки (приоритета). Общедоступные – это такие сведения, к которым может обратиться неконтролируемое число лиц. Из этого определения вытекает ряд следствий. Прежде всего, заявка на изобретение не является новой, если кем-то за день, за час до нее подана аналогичная заявка, т.е. кто-то уже выставил свои материалы на всеобщее обозрение. Но экспертиза не может противопоставить заявке технический отчет, находящийся в закрытом, а не общедоступном архиве фирмы, – значит, в заявке имеется новизна. Но если этот отчет лежит в открытом доступе библиотеки и его может посмотреть любой читатель, то новизны нет. В то же время заявке можно противопоставить книгу, выдаваемую по первому требованию студента в библиотеке Калифорнийского университета, даже если этой книги нет в Беларуси. Правда, в таком случае заявителю не обязательно брать билет до Сан-Франциско – он вправе потребовать, чтобы противопоставленный источник был ему показан. Возможна коррекция срока подачи заявки в связи с желанием

заявителя что-то подправить и дополнить в ее материалах до начала экспертизы заявки по существу. Подобные ситуации рассмотрены в ст. 19 ПЗ РФ.

Прежде всего, уровень техники определяется источниками информации, которые могут стать известны изобретателю **законным путем**: патенты – с даты опубликования, печатные издания – с даты подписания в печать, депонированные рукописи – с даты депонирования, отчеты о НИР и ОКР – с даты поступления в органы информации, материалы диссертаций – с даты поступления их в библиотеку учреждения, где будет или была защита, экспонаты на выставке – с даты показа, сообщения по радио или телевидению – с даты опубликования, устные доклады – с даты доклада (сравнение проводят по тексту, официально зарегистрированному в стенограмме, на магнитной пленке и т.д.).

Существенно, что уровень техники определяется конкретно, т.е. применительно к совокупности всех признаков, включенных в формулу изобретения. То есть совокупность признаков нового объекта сравнивают с совокупностью признаков другого объекта, но не с совокупностью признаков, присущих разным объектам. Иными словами, сборный прототип недопустим!

На критерий новизны экспертизой исследуются только независимые пункты формулы изобретения. Зависимые пункты уже удовлетворяют условиям новизны, поскольку содержат в себе условия, проанализированные для независимого пункта.

Изобретательский уровень. Определяя изобретательский уровень, экспертиза отвечает на вопрос: «А почему это нельзя было сделать раньше?» Это условие изобретения обязательно присутствует в законодательствах разных стран, различаясь лишь в нюансах. В Законе Российской Империи от 1896 года этот критерий назывался «оригинальность», в Законе СССР – «существенные отличия» (кстати, до 80 % отказов изобретателям, выносимых Государственной экспертизой СССР, было по этому критерию), в США он называется «inventive step»-изобретательский шаг, так сказать, «момент прозрения». В ст. 4 ПЗ РФ сказано: «Изобретение имеет изобретательский уровень, если оно для специалиста явным образом не следует из уровня техники». Из этого определения вытекает ряд принципиальных следствий.

Кроме того, специалисты бывают разные: скажем, ас-технолог с большим стажем работы и начинающий инженер. Поэтому для определенности под специалистом понимают «среднего специалиста»: не новичка, но и не аса. Так, средний специалист может разобраться

в технологической документации и чертежах конструкции, пользуясь общедоступной литературой (учебником). По Патентному закону США (§ 103), средний специалист – это «лицо, обладающее обычными познаниями в области, к которой относится указанный предмет». Американцы по этому поводу утверждают, что критерий «изобретательского уровня» не должен сводиться к «вспышкам гениальности».

При анализе изобретения на соответствие условию изобретательского уровня типичны следующие ситуации:

- изобретатель вводит в решение отличительный признак с заранее предсказуемым результатом решения, а предсказуемость следует из характеристик и свойств самого признака. Например, предлагается уменьшить габариты устройства, выполненного на **приемно-усилительных лампах**, применив полупроводниковые приборы, которые сами по себе малогабаритны. Подобное решение по замене одного известного средства другим известным, даже если оно ново, не будет признано патентоспособным по условию изобретательского уровня;

- изобретатель вводит в решение (устройство, способ, вещество) дополнение, которое полностью обуславливает новое качество (технический результат). Так, увеличение толщины износостойкого покрытия, естественно, повысит износостойкость устройства. Но на подобное решение патент не получишь;

- изобретатель исключает признак вместе с функцией, которую этот признак выполняет, и достигает результата именно за счет этого исключения (упрощение технологии изготовления, снижение массы и габаритов). Понятно, что подобные решения заранее предсказуемы, а потому не патентоспособны;

- изобретатель усиливает технический результат за счет увеличения в известном решении числа однотипных признаков. Например, производительность вспашки увеличится, если плуг будет содержать большее количество отвалов. Предложение устанавливать на плуг большее количество отвалов не патентоспособно, хотя в технологии вспашки оно не использовалось и его реализация, несомненно позволит быстрее и качественнее обрабатывать почву;

- изобретатель создает свой объект, соединив элементы, выполняющие каждый свою функцию, и получает положительный результат, являющийся суммой эффектов. В таком бесспорно новом объекте отсутствует условие изобретательского уровня. Опыт показывает, что в подобных, чрезвычайно широко распространенных случаях, можно обнаружить новый, ранее не ожидавшийся техниче-

ский результат, но причина его – не в суммировании элементов, а в новой связи между ними. Если такая связь автором расшифрована и доказана, то изобретение, бесспорно, будет удовлетворять условию изобретательского уровня.

Порой бытует убеждение, что тот или иной технический результат вообще не может быть достигнут. И получивший «неожиданный» результат должен данное предубеждение преодолевать, доказывая что проявился эффект, ранее не учитываемый специалистами. Например, специфика агропромышленного производства, в том числе и сельского хозяйства, требует конкретного анализа в отношении сельскохозяйственной культуры, вида обработки, климатических, почвенных, погодных условий и, иногда, даже времени дня.

В молотильном аппарате регулируют зазоры между декой и барабаном и частоту вращения барабана. С уменьшением зазоров обмолот улучшается, но увеличиваются дробление зерна и измельчение стеблей, что ведет к ухудшению очистки. Величину зазоров изменяют: утром, когда стебли имеют повышенную влажность (уменьшают); днем, по мере высыхания массы (увеличивают); вечером (снова уменьшают).

Иногда изобретатель получает результат, который долгое время не могли достичь. При этом, как правило, соединяются и используются по новому назначению последние достижения техники. Так, для уничтожения сорняков используют высоковольтные импульсы длительностью $\tau < 100$ мкс и фронтом нарастания $\tau_{\phi} < 5$ мкс, которые пропускают через стебли и корни растения с амплитудой от 30 до 50 кВ при скорости нарастания напряжения не менее 10 кВ/мкс и мощности импульсов от 5 до 30 кВт. За счет этого уничтожаются не только всходы, но и взрослые сорняки.

Промышленная применимость. «Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности» – ст.4 ПЗ РФ. Практика изобретательской деятельности, экспертизы и владения патентом показывает многогранность этого условия.

В материалах заявки оно реализуется указаниями о **сфере применения**, а конкретно:

- в названии изобретения: «культиватор», «способ загрузки аксиального комбайна», «способ хранения слабохолодостойких сортов яблок», «корм для свиней», «применение зернокартофельной барды для стимуляции смолы выделения» и т.д.;

- в индексе классификации изобретения, принятой в стране па-

тентования (в Белоруссии действует МПК – Международная патентная классификация);

- в самом первом предложении «Описания изобретения», например: «Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к устройствам для разделения зерносоломистого вороха».

В Беларуси не будет удовлетворять критерию промышленной применимости «устройство для пытки студента на экзамене по курсу основ управления интеллектуальной собственности», ибо подобное изобретение согласно п. 3 статьи 4 Патентного закона РБ не признается патентоспособным как противоречащее принципам гуманности.

Изобретение удовлетворяет условию патентоспособности «промышленная применимость», если техническое решение действительно является работоспособным и его можно воспроизводить многократно.

Требование выполнимости сводится к указанию **средств** для решения поставленной задачи. Просто постановка задачи без указаний средств решения не удовлетворяет условию промышленной применимости. Так, первые предложения конструкции вертолета (Леонардо да Винчи, М.В Ломоносов) не соответствуют нынешнему условию патентоспособности, так как в то время еще не было мощных и легких моторов, способных поднять в воздух предложенное устройство и превратить его, таким образом, в реальное техническое решение.

Оформляя заявку на изобретение, автор должен знать, что представляют собой используемые в его предложении материалы, существуют ли они, целесообразно ли их применять для улучшаемого объекта. Пример неправильного подхода – предложение изготавливать вкладыши для подшипников из сплава железа с 2-5 % элемента таблицы Менделеева с атомным номером от 116 до 122. Хорошим доказательством выполнимости предлагаемого решения является экспериментальная проверка (акт испытаний), но допустим и теоретический расчет, основанный на достаточно известных научных представлениях, например на законе Ома. К материалам заявки целесообразно приложить протокол испытаний, акт химического и спектрального анализа, фотографии образцов вместе с масштабными метками и др.

Описывая изобретение, следует найти золотую середину в полноте изложения его сути. Избыточно подробное описание сужает объем притязаний автора, а слишком короткое – приводит к нару-

шению исходного принципа патентного законодательства – изложить все с полнотой, достаточной для изготовления объекта без проведения исследований, требующих дополнительного творчества. Последний случай – типичный для судебных разбирательств, когда использовавший запатентованное решение отказывается платить патентовладельцу на том основании, что в патенте не все было изложено и пользователь должен был внести свой творческий вклад, только благодаря которому получена прибыль от нового товара. Патентовладелец при этом доказывает, что вклад, внесенный потребителем, творческим не является и может быть выполнен средним специалистом, прочитавшим учебник.

Но если требование осуществимости изобретения – это доказательство возможности воплощения его в материальном объекте, то требование работоспособности – это доказательство того, что функции устройства реализуемы. Поэтому заявителю может быть отказано в связи с неучетом или вообще с нарушением каких-либо законов природы. Если заявитель в своих аргументах опирается на неизвестные науке факты, использует необщепризнанную теорию, экспертиза не вступает в дискуссию о правильности или неправильности теории. Экспертиза рассматривает только техническое решение. Дискуссии о науке ведутся на страницах печати, на конференциях и симпозиумах, но не в патентном ведомстве.

При определении условия промышленной применимости порой встает вопрос о воспроизводимости заявленного решения, о возможности выполнить его многократно. Поэтому следует иметь в виду, что порой качество изделий массового производства улучшается из-за повышения степени контроля технологии – это известный в производстве «эффект пробы». Поэтому заявитель должен доказать, что достигаемый эффект обязан именно изобретению, а не более внимательному слежению за прохождением пробной партии. Однако требование воспроизводимости отнюдь не означает, что испытывать следует более чем один образец; достаточно показать, что и один образец может быть повторен, поскольку имеются рабочие чертежи, технологическая документация и оснастка. Характерный пример – луноход. Требование воспроизводимости не связано и со стоимостью изготовления изделия. Она определяется рынком, но не творческими муками изобретателя и состоянием машинного парка.

4.2.2 Объекты изобретения

Каждое изобретение имеет определенный объект, т.е. техническое средство, с помощью которого должна быть удовлетворена общественная потребность, а следовательно решена техническая задача.

Виды объектов изобретений определяются в зависимости от тех средств, которые предложены в техническом решении. С учетом того, что конкретно представляет собой предлагаемое в решении техническое средство, различают виды объектов изобретения.

Объектами изобретения являются: устройство (например, машина, прибор, инструмент, деталь и др.), способ (например, способ изготовления изделий, нанесения покрытий, способ лечения и др.), вещество (сплав, смесь, раствор, химическое соединение и др.), биотехнологический продукт (штаммы микроорганизмов), применение ранее известных устройств, способов, веществ по новому назначению.

Устройство – это новое, обладающее изобретательским уровнем и промышленной применимостью сооружение, конструкция и изделие; деталь, узел, механизм или совокупность взаимосвязанных деталей, узлов и механизмов.

Устройство характеризуют следующие признаки:

1) *совокупность конструктивных элементов (узлов, деталей, механизмов), из которых состоит устройство.* Эти признаки, без которых невозможно представить себе устройство, называют структурными. Чем больше в объекте принципиально новых элементов, узлов и деталей, тем больше можно выявить существенных отличий.

2) *Взаимосвязь, взаиморасположение, взаимодействие элементов, деталей, узлов, механизмов устройства, форма выполнения связей.* Эти признаки позволяют получить представление о конструктивной схеме устройства. Отражая связи между элементами, можно воссоздать данное устройство. Новизна взаимосвязей элементов, деталей, узлов и достижение благодаря этому положительного эффекта позволяют успешно защитить предмет изобретения.

3) *особенности конструктивного выполнения элементов, узлов, деталей, механизмов устройства.* Отражение особенностей конст-

руктивного выполнения узлов и деталей позволяет глубже раскрыть сущность устройства.

Пример. Почвообрабатывающее устройство, включающее копающую часть в виде вил с зубьями и черенок, **отличающееся** тем, что черенок выполнен дугообразным с выпуклостью, направленной в рабочем положении в сторону необработанной почвы.

Устройство по п.1, **отличающееся** тем, что средние зубья выполнены изогнутыми, а крайние зубья имеют длину меньшую, чем длина изогнутых средних зубьев, при этом концы зубьев расположены по прямой линии.

Устройство по п.1, **отличающееся** тем, что участок свободного конца дугообразного черенка соединен посредством тяги с участком противоположного конца или с копающей частью.

4) *форма выполнения (чаще всего геометрическая) элементов, деталей, узлов, механизмов устройства.* Необычность геометрической формы (коническая, цилиндрическая, сферическая и т.д.), имеющей промышленное применение, является объектом изобретения.

5) *соотношение размеров и других параметров элементов, деталей, узлов, механизмов устройства или самого объекта,* если оно не является результатом расчета по известной зависимости.

6) *материалы, из которых выполнены элементы, узлы, детали, механизмы или устройства в целом.* При этом материал должен влиять на работоспособность устройства и не может быть произвольно заменен другим материалом.

7) *среда, выполняющая функцию элемента.*

Пример. Топливный брикет из органических углеродсодержащих материалов, преимущественно отходов деревообработки, содержащий спрессованные органические углеродсодержащие материалы, **отличающийся** тем, что спрессованные органические углеродсодержащие материалы находятся в гильзе из влагоустойчивой бумаги.

Брикет по п. 1, **отличающийся** тем, что содержит сконцентрированный в осевой части и выходящий наружу на торцевые поверхности окислитель, выделяющий при нагревании кислород.

В большинстве случаев изобретения представляют собой комбинации различных известных и вновь предложенных групп признаков.

Способ – это новый, обладающий изобретательским уровнем и промышленно применимый процесс выполнения действий (операций, приемов) или совокупность взаимосвязанных операций над

материальным объектом и с помощью материальных объектов. Говоря на обычном инженерном языке, способ – технологический процесс, операции которого необходимы и достаточны для получения определенного продукта.

К способам относятся процессы выполнения действий (операций, приемов), приводящих к созданию новых или изменению известных материальных объектов, или процессы исследования материальных объектов, в частности:

а) технологические процессы как совокупность действий, направленных на материальные объекты (сырье, материалы, продукты производства и т.п.) с целью их полезного преобразования, процессы обработки и переработки сырья и полуфабрикатов в готовые продукты и изделия;

б) способы добычи, заготовки и получения сырья и материалов;

в) способы предохранения (защиты) готовых веществ, продуктов или изделий от вредных влияний, обеспечения их сохранности, маркировки, расфасовки, укладки, дозировки, упаковки или транспортировки продуктов и изделий;

г) способы измерения, испытания и контроля качества, готовности, надежности, соответствия заданным параметрам искусственно созданных или существующих в природе предметов или явлений;

д) способы наладки, настройки, ухода, управления и регулирования (в том числе автоматического), предупреждения аварийных ситуаций, обеспечивающих нормальное функционирование приборов, машин, агрегатов, поточных линий и протекающих технологических или иных рабочих процессов;

е) способы уничтожения и переработки производственных или иных отходов, очистки, охраны внешней среды от загрязнения и т.п.;

ж) способы монтажа, сборки и установки изделий, оборудования, сооружений;

з) способы воздействия на естественные природные процессы и явления с целью придания им полезного направления – способы закрепления сыпучих песков, стимулирования роста растений и животных, искусственного оплодотворения, селекции и гибридизации и т.п.;

и) способы профилактики, диагностики, лечения заболеваний людей и животных и т.п.

Признаками, характеризующими способ, являются:

1) *операции, приемы, действия, из которых состоит способ*, и которые совершаются над материальными объектами для достижения поставленной цели.

Пример. Способ вакуумной сушки древесины, включающий формирование штабеля древесины с укладкой между слоями древесины тепловых панелей, загрузку высушиваемой древесины в камеру при атмосферном давлении, прогрев древесины, вакуумирование камеры, удаление из камеры образовавшегося конденсата, а также разгерме-

тизацию камеры и выгрузку высушенной древесины, отличающийся тем, что после прогрева древесины производят ее охлаждение, а прогрев и охлаждение древесины осуществляют циклически проходящим через изотермическую поверхность контакта между слоями древесины и тепловыми панелями реверсивным тепловым потоком, генерируемым или поглощаемым тепловыми панелями.

Способ по п. 1, отличающийся тем, что цикл «прогрев-охлаждение» древесины производят более одного раза.

2) *последовательность осуществления операций, приемов, действий.* Признаки 1 и 2 групп взаимосвязаны. Последовательность часто определяет функциональность процесса, изменение ее может привести к невозможности осуществления процесса.

3) *режимы, параметры и иные характеристики операций, приемов, действий,* составляющих способ.

Пример. Способ упрочнения титановых сплавов, включающий нагрев до температуры β -области и охлаждение, отличающийся тем, что нагрев проводят до 1400-1550 °С, а охлаждение проводят со скоростью 150-200 °С/с.

4) *вещества, материалы (исходное сырье, реагент, катализаторы и т.п.), без которых невозможно выполнение операций, приемов, действий,* составляющих способ и их соотношение.

Пример. Способ очистки воздуха от CO₂ и паров воды, включающий контактирование воздуха с двумя слоями сорбента, в первом из которых используют цеолит, и регенерацию адсорбента нагревом, отличающийся тем, что очистку газа в первом слое производят до содержания примесей (200-400) мин⁻¹, во втором слое в качестве адсорбента используют силикагель при непрерывном воздействии на него барьерного или коронного разряда.

5) *приспособления, инструменты, оборудование, без которых невозможно выполнение операций, действий, способа.* Ссылка на приспособление дополняет операции и уточняет способ в целом.

Вещество – искусственно созданное материальное образование, являющееся совокупностью взаимосвязанных компонентов (ингредиентов). К веществам, как к объектам изобретения относятся: вещества, полученные нехимическим путем, т.е. простым механическим смешиванием ингредиентов (смеси, пасты, замазки и т.п.); вещества, полученные при смешивании компонентов, сопровождаемом физико-химическими превращениями (сплавы, керамические массы, стекла и т.п.); вещества, полученные химическим путем, в том числе высокомолекулярные соединения и объекты генной инженерии; продукты ядерного превращения.

Для характеристики вещества используют три группы признаков:

- 1) *компоненты (ингредиенты), из которых состоит вещество.*
- 2) *соотношение компонентов.*
- 3) *комбинация признаков.*

Пример. Электрод для холодной дуговой сварки и наплавки чугуна, состоящий из стержня, изготовленного из низкоуглеродистой стали, и покрытия, включающего мрамор, полевой шпат и медный порошок, отличающийся тем, что покрытие электрода дополнительно содержит отработанный катализатор СТК 1-7, ильменитовый концентрат, ферромарганец и поташ при следующем соотношении компонентов (мас. %):

мрамор	28–10,
медный порошок	15–18,
ильменитовый концентрат	18–26,
ферромарганец	16–21,
полевой шпат	11–6,
катализатор СТК 1-7	11–17,
поташ	0,5–2,0.

Правовой охране подлежат технические решения, относящиеся к следующим видам веществ:

Штамм – наследственно однородные культуры микроорганизмов, продуцирующие полезные вещества или используемые непосредственно. К штаммам микроорганизма, культуры клеток растений и животных как объемам изобретения относятся:

- индивидуальные штаммы микроорганизма, культуры клеток растений и животных,
- консорциумы микроорганизмов культур клеток растений и животных.

Штаммом в микробиологии называется чистая культура микроорганизмов данного вида, выделенная из определенного источника (организма заболевшего животного или человека, почвы воды и т.п.) и обладающая физиологобиохимическими свойствами.

Культура микроорганизмов – это клетки определенных микроорганизмов-бактерий, дрожжей или актиномицетов, выращенные в (на) питательной среде в лабораторных или промышленных условиях.

Культура тканей – метод выращивания вне организма в искусственно созданных условиях кусочков органов, тканей или отдельных клеток с сохранением их способности к росту и размножению; как экспериментальный метод применяется в различных областях биологии и медицины.

Применение перечисленных объектов по новому назначению означает, что устройство, способ, вещество или штамм предложено использовать с такой целью, для которой они ранее не использовались.

Не признаются патентоспособными изобретениями:

- открытия, научные теории и математические методы;
- методы организации и управления хозяйством;
- условные обозначения, расписания, правила;
- методы выполнения умственных операций;
- алгоритмы и программы для вычислительных машин;
- проекты и схемы планировки сооружений, зданий, территорий;
- решения, касающиеся только внешнего вида изделий, направленные на удовлетворение эстетических потребностей;
- топология интегральных микросхем;
- сорта растений и породы животных;
- решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали.

Изобретение – это не просто «идея», а техническое решение задачи, возникшей в сфере практической деятельности и обусловленной определенной общественной потребностью, удовлетворение которой возможно лишь путем применения устройств, способов, веществ. Так, в результате использования алмазов в промышленности, геологии и других отраслях народного хозяйства и отсутствия возможности добычи в достаточном объеме на разведанных месторождениях возникла необходимость получения их искусственным путем. Предложение, суть которого состояла бы только в утверждении о возможности получения алмаза из графита, не могло быть признано изобретением. Однако способ получения алмаза из графита при конкретных значениях температуры, давления и других параметров является изобретением.

Изобретение – это не сам материальный предмет, в котором оно применено, а техническое решение, на основе которого можно с помощью уже известных технических средств создать в настоящем или в будущем новую машину, материал, технологию и т.д.

4.2.3 Формула изобретения

Изобретение – это результат преодоления технического противоречия в задаче, поставленной потребностью общества. Патентом защищается техническое решение – результат, достигнутый вследствие преобразования материального объекта с помощью материальных средств и получения в итоге нового (преобразованного) опять-таки материального объекта. Этот результат может быть то-

варом на рынке изделий.

Идея товара патентом не защищается, ибо не содержит экспериментального (или теоретического) доказательства, что она реализуема, и ее нельзя сравнить с известным товаром, т.е. нельзя провести экспертизу. Во всех странах не защищают патентами научные теории и математические методы, методы организации и управления хозяйством, методы выполнения умственных операций, расписания поездов, правила поведения и прочие операции над мыслями и цифрами, а не над материальными объектами. Сам факт авторства защитить можно, но в рамках авторского, а не патентного права – использующий защищенную идею должен лишь упоминать имя автора, но не платить за использование.

Национальные законодательства не защищают и некоторые технические решения, например в Индии – инсектофунгициды (средства против клопов и комаров), в Италии – противозачаточные средства, в Беларуси и России – «решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали».

Конкретное предложение изобретателя, собственно предмет его притязаний четко и сжато излагается в так называемой **формуле изобретения**, состоящей только из одного грамматического предложения. Двухсотлетняя практика выработала следующую структуру этой формулы:

- название изобретения,
- вводное слово «**включающий**»(или «**состоящий**») и перечисление известных признаков **A, B и C**,
- словосочетание «**отличающийся тем, что...**» и перечисление отличительных признаков – изменение признака **A** на **A₁** или добавление признака **D**.

Под такую структуру подпадает большинство изобретений, имеющих отношение к сельскому хозяйству (таблицу 18).

Таблица 18 – Виды изобретений в области сельского хозяйства

Объект изобретения	Объект защиты	Подтверждение
что именно сделано	устройство	чертеж, конструкторская документация
как сделано	способ изготовления	технологическая документация
как проконтролировано	способ контроля	технологическая и конструкторская документация
из чего сделано	вещество	рецепт, акт анализа

Зуб культиватора, **отличающийся тем**, что нижняя область передней части его поверхности имеет выпуклую форму лотка, на которую наносится слой покрытия более устойчивого к абразивному износу, чем материал самого зуба.

Способ уборки зерновых культур, включающий скашивание хлебной массы или подбор ее с поля, сушку массы нагретым газом при ее продвижении по транспортеру к молотильному аппарату, обмолот массы и очистку зерна, **отличающийся тем**, что осуществляют встряхивание хлебной массы при ее продвижении по транспортеру.

Корм для сельскохозяйственной птицы, включающий сбалансированный комбикорм со сниженной долей пищевого зерна и ферментные препараты, **отличающийся тем**, что комбикорм в качестве источника незаменимых аминокислот, углеводов и энергии дополнительно содержит пайзу в количестве 15-20 % от массы комбикорма.

В приведенных формулах изобретения достаточно четко проявляется их структура из совокупности признаков – известных, расположенных до слова «**отличающийся**», и новых, введенных изобретателем, после этого слова. В формуле изобретения используются только **существенные признаки**, обязательное наличие которых обеспечит достижение результата.

Остановимся на математическом выражении в формуле изобретения. Отличительный признак не должен заключаться только в изменении математического действия, в применении нового расчета. Но соотношение между размерами устройства, описанное математическим выражением, – это, безусловно, существенный признак в формуле изобретения. Являются материальными признаками и описанная математически связь между параметрами технологического процесса (сушку проводят при температуре T , выбранной из интервала $700-900\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение времени t , связанного с температурой T соотношением $t=256 \exp(-E/kT)$, мин, где E – энергия активации, эВ); определение искомой величины из комплекса измеренных параметров; неравенства, выражающие границы допустимой концентрации компонента в веществе и т.п.

Решение технической задачи возможно разными путями – конструкцией устройства, технологическим приемом, созданным новым материалом. В таких случаях формула изобретения содержит несколько взаимосвязанных пунктов – так называемая многозвенная формула изобретения. Практика показывает, что такие формулы изобретения предпочтительны и для изобретения, и для патентного эксперта, и для будущего возможного потребителя изобретения.

Изобретатель четче выявляет суть своей находки в независимых пунктах формулы изобретения, а варианты, разъяснения, уточнения – в зависимых пунктах. Формула становится «красивой». При многозвенной формуле патентному эксперту легче понять замысел автора и объективно провести сравнение с известными техническими решениями. Потребителю же при логически ясной картине легче сделать для себя вывод – стоит или не стоит использовать изобретение.

Для лучшего понимания формулы изобретения и уменьшения возможных погрешностей при переводах заявки на другие языки соблюдают ряд лексических и грамматических требований:

- не используют жаргонные слова и выражения. Например, встречающийся в катодной технологии жаргон, мог бы позволить сформулировать предложение о конструкции катодного узла в виде: «Катодный узел, содержащий ..., отличающийся тем, что юбочка приварена к ножке через стакан...». У некатодного специалиста подобные термины вызовут лишь улыбку и недоумение;
- строго следят за согласованием падежей существительных и прилагательных; практически не используют деепричастные обороты;
- не употребляют знаки препинания, отражающие чувства – вопросительные, восклицательные, многоточия, кавычки, скобки. В основном используют запятые, реже – при большом перечислении признаков – точки с запятой, для замены группы слов – тире; иногда можно встретить двоеточие, например в формуле вещества после слов «при следующем соотношении компонентов:...» или перед математическим выражением.

4.3 Составление заявки на изобретение

4.3.1 Состав заявочных материалов

Порядок составления заявки на изобретение в Беларуси изложен в «Правилах составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на изобретение» и относится ко всем видам объектов изобретения: будь то продукт (устройство, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных или применение известного ранее устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению) или способ. Заявка состоит из совокупности нескольких документов.

Первый документ – **заявление** о выдаче патента по форме установленной Национальным центром интеллектуальной собственности, в котором указывается от кого именно подана заявка, кто будет патентовладельцем и адреса патентовладельца и авторов. Если изо-

бретателей несколько, они сами устанавливают порядок имен в списке – по алфавиту, по значимости вклада в изобретение, произвольно – и никто кроме них изменять этот порядок не вправе. Если авторы не желают, чтобы их имя упоминалось при публикации материалов заявки, то в заявлении это отмечается особо. В заявлении указывают имя лица, которому заявитель доверяет вести все дела по заявке. Разумно, если таким лицом является патентный поверенный, специалист-патентовед, официально зарегистрированный в патентном ведомстве (Республиканский центр интеллектуальной собственности). На заявлении РЦИС ставит дату приема документов, по которой определяется приоритет изобретения.

Второй существенный документ – **формула изобретения**, отражающая *объем притязаний* патентовладельца и *суть технического решения*, предложенного авторами.

Третий документ – **описание изобретения**. Существуют определенные правила его составления.

В правом верхнем углу описания изобретения авторы указывают классификационный индекс изобретения по Международной патентной классификации (МПК). Экспертиза может его по согласованию с изобретателем изменить. Молчание автора в ответ на запрос экспертизы рассматривается как согласие. При необходимости дополнительно проставляют индекс смежной рубрики МПК.

Например, объект изобретения – «Устройство для разделения зерносоломистого вороха» относится к основной рубрике МПК: А 01 F 12/395.

Смежной рубрикой МПК (в системе поиска источников информации) по заявляемому объекту следует считать В 07 В 7/00.

Ниже следует **название изобретения**, характеризующее назначение патентуемого объекта, соответствующее его сущности и определенной рубрике МПК.

В названии изобретения не рекомендуется использовать личные имена, фамильярные наименования, аббревиатуры, товарные знаки и знаки обслуживания, рекламные, фирменные и иные специальные наименования, наименования мест происхождения товаров, слова «и т.д.» и аналогичные, которые не служат целям идентификации изобретения. При этом следует иметь в виду, что включение в название изобретения специального наименования, в том числе содержащего имя собственное, не приводит к возникновению каких-либо неустановленных законом прав и не создает каких-либо обязанностей.

Под названием начинается текст описания, в первом абзаце ко-

торого указывается **область техники**, к которой относится изобретение. В этом разделе указывают, в какой (их) области (-ях) возможно применение (использование) изобретения. Целесообразно указывать области, где использование изобретения наиболее вероятно. Например «Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и может быть использовано в зерноуборочных комбайнах или в стационарных условиях для разделения зерносоломистого вороха, поступающего из молотильного аппарата».

Далее желательно изложить решаемую проблему.

В следующих абзацах приводят известные технические решения, т.е. сведения об известных заявителю аналогах и прототипе (**уровень техники**). Под **аналогом** изобретения понимается известное до даты приоритета устройство того же назначения, которое имеет совокупность признаков, сходную с совокупностью признаков заявляемого изобретения. Сформировался штамп такого абзаца: «Известно техническое решение [1], в котором ... Недостатком этого решения является ... В квадратных скобках указывают источник информации. Последним в числе таких аналогов приводят решение, имеющее к заявляемому изобретению наиболее близкую совокупность признаков (**прототип**). Совокупность его признаков – это по сути ограничительная (до слов «отличающийся тем, что ...») часть формулы изобретения.

После изложения известных решений отмечают их недостатки, указывают, почему нельзя получить требуемый технический результат и формулируют достигнутый в изобретении технический результат. Например: «*Техническим результатом настоящего изобретения является повышение качества и достоверности анализа, снижение износа, увеличение прочности, снижение шума и т.д.*» Таких технических результатов может быть несколько. Следующий абзац описывает суть предложенного решения: «*Технический результат получен за счет того, что ...*».

В последующих абзацах разъясняется и обосновывается каждый новый признак. Очень распространенная ошибка – стремление изложить суть предложенного решения «для специалистов». При этом авторы забывают, что они предлагают новое техническое решение, о котором еще никто не знает. А его смысл нужно донести и до «еще не знающих» специалистов, и главное – до начальников, решающих: внедрять или не внедрять. А для последних важно, чтобы изложение было понятным и логичным.

Порой автору необходимы графические материалы (чертежи, графики, диаграммы, схемы и т.д.). В заявках на устройство чертеж

обязателен. Если подобных материалов несколько, то каждый выполняется на отдельном листе, причем изображение не принято загромождать надписями – их заменяют цифры в едином для всех иллюстраций порядке. Например, корпус на всех иллюстрациях обозначается цифрой 1, лемех – цифрой 2, отвал – цифрой 3 и т.д. Чертежи выполняют в соответствии с ЕСКД, но конкретные размеры, допуски и посадки на чертежах, как правило, не ставят.

Изложив суть предложения, обязательно описывают достигаемый результат – доказательство, что изобретение можно реализовать и оно работоспособно. Обратим внимание, что факт работы устройства «вопреки науке» – более сильный аргумент для выдачи патента, чем любые рассуждения и теории.

Следующий обязательный документ заявки – **реферат**, в котором сверхкратко излагается ее суть. Он предназначен не столько для Патентного ведомства, сколько для реферативных журналов и аналогичных источников информации. Патентный эксперт лишь проверяет соответствие реферата материалами заявки.

Все перечисленные документы представляются в трех экземплярах. К ним прилагаются квитанция об уплате пошлины, документ о льготах (в частности, для ветеранов Великой Отечественной войны), доверенность патентному поверенному (при его наличии).

Особо обратим внимание на представление экспертизе **других материалов**. Рекомендуем представить: протоколы испытаний, заверенные печатью учреждения, где они проводились; вывод математического выражения; фотографии образцов; копии прототипа из редкого издания; другие необязательные материалы, которые могут помочь эксперту правильно (в нужном изобретателю направлении) оценить изобретение.

4.3.2 Особенности составления заявки на различные объекты изобретения

Устройство как объект изобретения в соответствии с Правилами составления заявок от 17 апреля 1998 года под устройствами понимаются конструкции и изделия. Изделие – это единица промышленной продукции. Их количество может измеряться в штуках или экземплярах.

Устройство характеризуется формулой изобретения вида: устройство, **содержащее** конструктивные признаки А, В и С, **отличающееся тем, что** признак А изменен и (или) добавлен новый конструктивный признак D.

Устройство в формуле изобретения описывают в статическом

состоянии – как, скажем, оно лежит на складе или изображено на чертеже. Формула изобретения, грубо говоря, – это краткое описание чертежа. Работа предложенного устройства излагается в описании. Этим доказывается соответствие критерию «промышленная применимость».

Признаки устройства должны быть обязательно конструктивными. Нельзя строить формулу типа: «Электронный прибор СВЧ, содержащий корпус, катод, коллектор и линию замедления, отличающийся тем, что он более широкополосный, более низкочастотный и менее дорогой». Это – не новые конструктивные признаки, а их следствия. Сами признаки – выполненная по-иному линия замедления, использована оригинальная конструкция катодного узла, да еще с новой формой подогревателя, а для корпуса применен новый керамический материал.

Недопустимы и формулы типа: «Высокотемпературная водородная печь ..., отличающаяся тем, что в ней одновременно отжигают разные детали, каждую при своей температуре». Это – технологические признаки, выраженные глаголом «отжигают», причем «одновременно», а также факторами режима проведения операций – «при разных температурах». Видимо, технологически была важна именно одновременность, а разные температуры требовались потому, что детали выполнены из разных материалов. Для этого необходима печь с несколькими камерами и шлюзами, с особой системой подвода водорода и прочими именно **конструктивными** признаками, которые и надо отразить в формуле изобретения.

Часто возникает вопрос: а, что, собственно, патентовать – машину или ее отдельный узел? В зарубежных патентах в подобных случаях часто используют многозвенные формулы изобретения со структурой, как в детской сказке Маршака «Дом, который построил Джек»:

«1. Подогреватель для катодного узла электронного прибора, отличающийся тем, что ...

2. Катодный узел для электронного прибора, отличающийся тем, что в нем использован подогреватель по п.1...

3. Электронный прибор, отличающийся тем, что он содержит катодный узел по п.2...

4. радиолокатор, отличающийся тем, что он выполнен на электронных приборах по п.3».

Признаки в отличительной части должны присутствовать и в ограничительной части. Недопустима формула: «Магнетрон, содержащий катод и многорезанаторный анод, отличающийся тем, что

связки имеют такую-то конструкцию» – в отличительной части вдруг появился признак о связках. Надо было бы ограничительную часть сформулировать как «магнетрон, содержащий связки» или в отличительной сказать: «дополнительно введены связки, имеющие такую-то конструкцию».

В формуле изобретения устройства желательно использовать минимум признаков, приводящих к заявленной цели. Порой достаточно одного, но который при всем желании нельзя обойти. Наиболее часто устройства характеризуют следующими **признаками**:

- дополнительно введенная деталь или узел, которых раньше в известных устройствах не было;

- новое расположение элементов (деталей) в устройстве (монтажная панель радиотехнического устройства, порядок расположения элементов на которой позволяет использовать более короткие соединительные провода);

- новая связь между элементами;

- форма детали, которая часто описывается математическим выражением. Еще раз подчеркнем, что признаком является именно форма, но не математическое выражение;

- материал детали. Например, газопоглотительные устройства, отличающиеся применением именно нового материала.

Особой формой защиты устройств – и только устройств! – является так называемая **полезная модель** (ПМ). В отличие от изобретения, ПМ может не соответствовать условию патентоспособности «изобретательский уровень». Процедура оформления заявки на ПМ – такая же, как на изобретение, но экспертиза по существу на ПМ не проводится только на соответствие формальным требованиям оформления заявок. Пошлина на ПМ меньше, чем на изобретение. После формальной экспертизы и уплата пошлин на ПМ выдается охранное свидетельство (ноне патент!) на пять лет с возможностью продления на три года.

До момента опубликования сведений о ПМ автор имеет право переоформить заявку на ПМ в заявку на патент. Приоритет исчисляется с даты подачи первой заявки. Допустима и обратная ситуация: переоформление заявки на патент в заявку на ПМ – когда, скажем, экспертиза доказывает претенденту на патент недостаточность изобретательского уровня.

Достоинство ПМ как формы защиты – быстрое получение охранного документа и ограничение монополии на выпуск запатентованного товара. Это важно в случае, если запатентованный товар можно производить в нескольких вариантах, причем один из них –

оптимальный – не известен патентовладельцу. При этом патентовладелец может выпускать все варианты запатентованного устройства, кроме защищенного свидетельством на ПМ (а этот вариант как раз и может быть наилучшим). Владелец же права на ПМ не может производить свои устройства без согласия патентовладельцев – обычно сторонам удается договориться.

Недостаток ПМ очевиден: весь риск от предоставленных прав берет на себя заявитель, нет гарантии соглашения с патентовладельцем. Тем не менее, ПМ как форма защиты широко распространена в ряде стран, особенно в Японии, Южной Корее, Германии, Китае. Такая форма защиты предусмотрена и законом РФ.

Для устройств существует еще одна форма защиты – **промышленный образец**. К ней прибегают, когда не разрешается техническое противоречие (т.е. это не изобретение), но у изделия появляется новый оригинальный внешний вид и оно промышленно применимо. Таким образом, у промышленного образца есть критерии патентоспособности: промышленная применимость, оригинальность (только внешнего вида!) – своеобразный аналог критерия изобретательского уровня, новизна (опять-таки внешнего вида). На промышленный образец выдается **патент**.

Процедура оформления прав на промышленный образец проще, чем на изобретение. Здесь не рассматриваются отличительные признаки, а только их совокупность, обеспечивающая определенный эстетический или эргономический эффект, что вызывает у потребителя желание приобрести изделие, выполненное именно в соответствии с запатентованной формой. Взаимоотношения с патентовладельцем технического решения устанавливаются в данном случае на основе договора.

Способ как объект изобретения. Способ защищает технологию – действия, выполненные над материальным объектом с помощью материальных средств с целью преобразования его в новый материальный объект.

Таким образом, если нет действий над материальным объектом, то изобретенный способ патентной защите не подлежит. Поэтому не являются патентоспособными: методы выполнения умственных операций, методы организации и управления хозяйством алгоритмы вычислений (программы для ЭВМ защищаются в рамках авторского права и специального закона о программах и базах данных).

В рамках защиты способа защищаются технология и объект, подготовленный по этой технологии. Так, в Патентном законе РФ (статья 10, п.3) говорится, что «новый продукт считается получен-

ным запатентованным способом при отсутствии доказательств противного». Подобная норма присутствует в патентных законах многих стран. Доказывать же, что продукт не изготовлен запатентованным способом, должен подозреваемый в нарушении, т.е. он должен раскрыть свои секреты производства.

Какие способы защищаются?

Способы изготовления детали устройства («Способ изготовления лемеха плуга», «Способ упрочнения почвообрабатывающего инструмента», «Способ настройки соломотряса» и т.д.);

Способы получения материалов. В защите названных способов типичны две ошибки.

Во-первых, путаница альтернативных признаков. Вот неверная формулировка: «Способ получения материала путем использования никельсодержащего катализатора и термической обработки в атмосфере водорода, отличающийся тем, что в катализатор дополнительно вводят от 2 до 5 % молибдена или от 4 до 6 % вольфрама, а термическую обработку проводят при температуре 450-600 °С в течение 5-10 минут». Здесь ошибка в том, что добавка молибдена позволяет интенсифицировать процесс, а добавка вольфрама – повысить выход готового продукта. Таким образом, сформулировано два способа решения и надо бы оформлять две заявки.

Вторая ошибка – нечеткая формулировка условий проведения процесса. Например: «отжиг проводят при температуре около 2000 °С». Что означает «около»? Это $\pm 0,1$ °С или ± 100 °С? Правильной формулировкой будет: «при температуре от 950 до 1020 °С».

Вообще не желательны формулировки типа «процесс ведут при температуре 950-1020 К в течение 5-10 минут». Хотя это и не ошибка, но тяжело привести доказательство так сформулированного признака. Значительно лучше в данном случае использовать математическое выражение, пусть даже эмпирическое, – например, для времени и температуры $3,14 \leq tT \leq 2,73$.

Способы добычи полезных ископаемых

Способы эксплуатации изделий. В Правилах о защите такие способы не упомянуты – формально в них нет действий над материальным объектом. Но эту формальность можно обойти: пусть, известна эксплуатация приборов только в непрерывном режиме, а предлагается ввести импульсный режим. Форма изобретения для такого предложения звучала бы как: «Способ прибора тока с катода электронного прибора при подаче ускоряющего напряжения на анод, отличающийся тем, что напряжение на анод подают прерывисто с заданной длительностью импульсов частотой их повторения».

Подобная формулировка отражает действия над вполне материальным объектом – потоком электронов средство воздействия на поток тоже материальное – вариант анодного напряжения; исходный материальный объект преобразовывается в другой материальный объект – импульсный ток.

Способы биотехнологии. Главная их особенность – в том, что в них участвуют живые организмы (бактерии, грибы, дрожжи и т.д.). При этом и сами подобные организмы (штаммы микроорганизмов, культуры клеток растений и животных) могут стать объектом изобретения. Не могут быть объектом изобретения только сорта растений и породы животных.

Способы лечения. Возможность защиты этого объекта творчества медиков и сотрудничающих с ними специалистов другого профиля предусмотрена статьей 4 Патентного закона РФ.

Способы получения информации о материальном объекте. В проблемах правовой защиты интеллектуальной собственности они занимают особое место. Цель действий над материальным объектом в данном случае – не преобразовать его, а только получить информацию о свойствах и параметрах. К таким способам относятся способы измерения, контроля и диагностики. Близки к ним и так называемые «способы управления технологическим процессом», включающие в себя получение информации об изделии на стадиях его изготовления с возможностью корректировки процесса. Способы измерения направлены на получение информации об изделии, материале, выраженной численно. Обследуемый образец сравнивается с известным эталоном. Цель способа – как правило, повышение точности измерения. Документальное подтверждение реализации способа – акт измерения или инструкция по применению устройства, реализующего предложенный способ.

Способы контроля служат для получения информации о качестве продукции, для ответа на вопрос «годен или не годен». Результат выражается не числом, а регистрацией факта. Объект сравнивается не с абсолютным эталоном, а с неким изделием того же типа, например с объектом, признанным годным. Обычно цель способа – повышение эффективности контроля. Реализация способа контроля подтверждается контрольной картой технологического маршрута или пунктом о контроле в технологической карте. Патентная защита классифицируется, как правило, по классу применения объекта. В частности, для технологии изготовления почвообрабатывающих машин классификационным индексом будет А 01 J.

Способ контроля, в отличие от способа измерения, не может быть разрушающим, кроме как для "пилотного" изделия.

Способы диагностики выявляют причины появления цифры или факта, т.е. при диагностике большое значение имеет обработка данных измерений, которая сама по себе патентным правом не защищается. Диагностика – это измерение плюс анализ или контроль плюс анализ.

Документальное подтверждение диагностики (анализа) – протокол испытаний, научно-технический отчет, статья в журнале, руководящий технический материал, обобщенный для предприятия или отрасли. Диагностика может быть защищена в рамках авторского права. Если в результате работы появляется новый инструмент диагностики (например, устройство для диагностики онкологических заболеваний) или новая последовательность действий, приводящих к лучшей оценке материальных объектов, то возможна защита созданного устройства или разработанного способа измерения или контроля.

Устройства для диагностики могут содержать не только измерительный тракт, но и анализирующий комплекс со специальной базой данных и алгоритмом ее обработки. Поскольку этот алгоритм сводится к действиям математического плана (сложения, умножения на коэффициент, деления, логарифмирования, дифференцирования и т.д.), то измеряемые величины целесообразно представить как электрические сигналы и весь процесс анализа свести к специализированной программе ЭВМ. А эту программу можно отобразить в виде радиотехнического комплекса, в котором имеется сумматор, усилитель, делитель, логарифмический усилитель, дифференцирующая цепочка и т.д., соединенные в определенном порядке. А такой радиотехнический комплекс – фактически узкоспециализированный компьютер – вполне может быть защищен патентом на устройство. Описанный прием является средством патентной защиты алгоритмов, поскольку действия над цифрами заменяются действиями над вполне материальными объектами – электрическими сигналами.

Способы управления технологическим процессом сводятся к использованию измеренного значения в качестве управляющего сигнала для коррекции производственного процесса. Измеренное значение параметра, как правило, преобразуется в электрический сигнал и подается на исполнительный механизм, действующий по заданному алгоритму.

Вещество как объект изобретения. В Патентном законе понятие "вещество" не определено. ГОСТ определяет синонимичное понятие "материал" как исходный продукт, употребляемый для изготовления изделий. Однако и сам материал может быть изготовленным продуктом (например, сырье как продукт добывающей промышленности). Формула изобретения для вещества в общем случае звучит как: *"Вещество для..., состоящее из компонентов А, В и С, отличающееся тем, что в нем изменен компонент А и (или) добавлен компонент D в соотношении..."*.

В названии заявки на изобретение вещества обычно указывают его применение, при этом часто вводят предлог "для" (материал для нанесения проводящего покрытия на внутреннюю поверхность колбы ЭЛТ по патенту США № 3836645, материал для травления кремниевых пластин) или называют непосредственно объект, изготавливаемый из этого материала (вторично-эмиссионный эмиттер по авт. свид. № 240 113).

Патентным законом РФ защищаются *индивидуальные* химические соединения, композиции и вещества – продукты ядерного синтеза.

а) **Индивидуальные химические соединения, нуклеиновые кислоты и белки и т.п.** образуются вследствие химических реакций при воздействии тепла, электрического поля, света, микробиологических факторов, катализаторов и характеризуются наличием определенных атомов, их количеством и расположением в молекуле, кристаллической структурой.

Особое положение занимают высокомолекулярные вещества (полимеры). Определить их химическую формулу трудно, поэтому в ряде стран, в частности в Швеции, полимеры вообще не патентуются, хотя подлежат защите способы изготовления полимерных материалов, обладающих определенными потребительскими свойствами. Но во многих странах, в том числе и в России, полимеры все же патентуют, признавая в качестве признаков химический состав и строение отдельного звена полимера (например, указывают "бутиловый эфир метакриловой кислоты"), структуру макромолекулы (в молекулу эфира добавлен еще радикал от акриловой кислоты), молекулярный вес мономера и количество добавки в полимер.

Пример – формула изобретения *"Эмиссионная паста для покрытия оксидных катодов электронных приборов методом пульверизации, отличающаяся тем, что она содержит полимерное связующее полибутилметакрилат с добавкой метиловой кислоты в количестве 1-2% веса полимера"*.

Для материалов в соответствии с Правилами в число признаков можно ввести и элементы способа. Например: *"Способ стабилизации термопластических полимеров ..., отличающийся тем, что в качестве стабилизирующей добавки применяется продукт реакции между производными фенолов общей формулы... и фосфатным соединением общей формулы ..."*. В данном случае материал защищается как продукт реакции, ибо если бы можно было определить его состав, то имени он был бы назван в формуле изобретения.

Патентный закон Белоруссии допускает защиту **лекарственных препаратов**. Особенность этих веществ – биологическая активность, поэтому в Правилах оговаривается необходимость приведения данных об активности, а если надо – то и об избирательности действия. Но в отличие от прежних законов (и Российской Империи, и советского периода) для получения защитного документа на лекарство не требуется разрешение органов здравоохранения.

б) **Композиции (составы, смеси)** – это механические смеси и вещества: твердые растворы, сплавы и т.д. Механические смеси бывают как в твердом виде (смеси порошков), так и в виде пасты (суспензии) или геля. Признаки механической смеси, приводимые в описании:

- наличие определенных компонентов в исходной смеси;
- количество определенных компонентов в исходной смеси или в смеси, прошедшей обработку (например, в суспензии с растворителем после определенного срока хранения какое-то количество растворителя может испариться);
- структура отдельных компонентов, например в катодной технике применяются металлические порошки со сферической формой частиц;
- размер отдельных частиц в смеси (суспензии); например, для формирования губчатых покрытий оксидных катодов применяют пасты из никелевых порошков с размером частиц от 40 до 70 мкм, а под это покрытие предварительно наносят и припекают тонкий подслоя из пасты, изготовленной из порошков размером до 10 мкм.

В случае сплавов, твердых растворов соотношение компонентов предпочитают формулировать для уже готового продукта – в процессе изготовления исходный состав может и претерпеть количественные изменения. Но никто не запрещает указывать исходный состав. Поэтому при анализе информации о композиционном веществе следует особо подчеркнуть, какой именно состав указан – до или после приготовления конечного продукта. К сожалению, подобная путаница в литературе встречается часто.

«Корм для свиней, содержащий ячмень, пшеницу и премикс, отличающийся тем, что он дополнительно содержит отруби пшеничные, добавку, содержащую торф и муку животного происхождения в соотношении 1:5, соль поваренную, премикс П57-1 при соотношении компонентов, масс. %: 40-44 ячмень, 30-35 пшеница, 0,5-1,5 премикс П57-1, 9-11 отруби пшеничные, 7-14 добавка, содержащая торф и муку животного происхождения в соотношении 1:5, соль поваренная – остальное.

Характерная особенность композиционных веществ – зависимость их параметров от количественного состава компонентов, причем часто в виде кривой с экстремумами. Поэтому целесообразно приводить кривую зависимости свойства вещества от концентрации и указывать диапазон значений концентраций, при котором реализуется необходимый эффект. В этом случае, если конкурент и выйдет за пределы заявленного вами диапазона, ему будет непросто доказать наличие изобретательского уровня в его заявке.

Отметим, что в последние годы появились композиционные материалы со специально организованной структурой. Это всякого рода материалы, армированные внутренними включениями, например встроенной внутри сеткой, а также плакированные материалы (например, применяемые для кернов катодов листы из сплава никеля с активной или упрочняющей присадкой, поверхность которых с обеих сторон покрыта тонким слоем чистого никеля, являющегося диффузионным барьером для активной присадки, которая появится на поверхности керна только после обезгаживания катода и не будет окислена на предшествующих операциях изготовления катода и прибора).

в) новое направление в получении материалов, появившееся только в 20 веке, – образование веществ вследствие **ядерных превращений**. Эти вещества, в частности, характеризуются качественным (изотопным) составом, количественным составом изотопа (числом протонов и нейтронов в ядре) и ядерными характеристиками изотопа (периодом полураспада, видом излучения – α , β , или γ , энергией излучения).

В целом проблема патентной защиты веществ в разных странах решается по-разному. Белорусский подход к ней соответствует подходу в большинстве стран мира, в частности в США, Великобритании, Германии, Франции, Японии, Италии и др. В ряде стран (Аргентине, Канаде, Финляндии, Греции, Турции, Норвегии) защищаются все вещества, кроме лекарств. В Австрии, Венгрии, Бразилии, Чили, Испании патентуются не вещества, а лишь способы их изго-

товления. В Индонезии и Саудовской Аравии считают, что все вещества даны Богом и потому не могут быть объявлены чьими-то, соответственно, запатентованы.

Применение по новому назначению как объект изобретения. Уже известные устройства, способы, вещества, штаммы могут явить новое качество и использоваться, как никогда ранее. Необходимо отметить некоторые специфические особенности данного объекта изобретения.

Название изобретения не совпадает с его названием, указанным в формуле.

Например, изобретение называется «Стимулятор смоловыделения при подсечке хвойных деревьев», а формула изобретения имеет такую редакцию: «Применение зернокартофельной барды в виде 10-25 %-ного водного раствора в качестве стимулятора смоловыделения при подсечке хвойных деревьев».

В большинстве случаев изобретение на применение заключается в использовании по новому назначению известного вещества или устройства. Использование известного способа по другому назначению не практикуется. По мнению ведущих отечественных специалистов, это связано с тем, что способ характеризуется как процесс выполнения действий над материальным объектом. Способу присущи: наличие действий над определенным предметом; порядок и условия их осуществления, под которыми понимают как режим, так и использование вещества и устройств, необходимых для выполнения действий. Следовательно, необходимость реализации нового назначения, как правило, потребует изменения самого способа и поэтому решение нельзя будет отнести к изобретению на применение.

В некотором смысле каждое изобретение – это применение по новому назначению уже известных элементов. Поэтому изобретателю порой кажется, что данный вид защиты ему наиболее пригоден, хотя в большинстве случаев формулировка предмета изобретения на применение легко преобразуется в рассмотренные выше объекты. Рассмотрим ряд примеров:

Предложено *"применение сахара в качестве реле, замыкающего контакты взрывателя в глубоководной бомбе"*. Неочевидное применение сахара, не правда ли? Но ведь предмет защиты может быть сформулирован как устройство: *"Глубоководная бомба, содержащая реле, замыкающее контакты взрывателя, отличающаяся тем, что между контактами размещен кусок сахара"*.

При защите изобретения на применение по новому назначению

возникают многие проблемы. Так, в 1846 году американский хирург Уильям Мортон предложил *"Применение эфира в качестве обезболивающего средства при хирургических операциях"*. Мортон назвали благодетелем человечества, но Американское Патентное ведомство так и не выдало ему охранный документ – формулировка не укладывалась в привычные рамки законодательства. А ведь что стоило сформулировать: *"Способ хирургического вмешательства, включающий применение лекарства, снижающего болевые ощущения, (в Китае подобное средство – опиум – уже знали), отличающийся тем, что в качестве лекарства используют эфир"*. Для признания изобретения патентоспособным надо долго доказывать удовлетворение условию изобретательского уровня.

Еще одна трудность защиты изобретений на новое применение – в сложности вычисления вознаграждения автору изобретения. Когда имеем дело с устройством, то сравниваем стоимость нового устройства с известным или эффективность нового качества с качеством прототипа. Аналогичное положение и со способом, и с веществом. А в случае изобретения применения – с чем сравнивать новый эффект? С каким прототипом? Как определить прибыль от изобретения? Подобные вопросы возникают постоянно.

И тем не менее, несмотря на перечисленные трудности изобретательского, юридического и финансового характера, изобретения новых применений встречаются все чаще и чаще, особенно в медицине, когда вроде бы давно известные лекарства начинают использовать для лечения совсем других болезней.

4.3.3 Требования к заявке на изобретение

При оформлении заявки на изобретение необходимо, чтобы были соблюдены условия патентоспособности: новизна, изобретательский уровень и промышленная применимость. Первые два условия соотносятся с уровнем техники, а третье – с возможностью использования изобретения в какой-либо отрасли деятельности: промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и др.

Новым изобретение может считаться, если оно неизвестно из уровня техники, включающего все сведения, ставшие доступными в мире до даты приоритета изобретения. Изобретательский же уровень наличествует, если изобретение для специалиста не следует явным образом из уровня техники в данной области.

Заявка на изобретение подается лицом, обладающим правом на получение патента в соответствии с законом (далее – заявитель), в качестве которого могут выступать:

- автор (авторы) изобретения;
- работодатель, в случае создания работником (автором) изобретения при выполнении своих трудовых обязанностей или в результате решения конкретных задач в соответствии с выдаваемыми работнику работодателем заданиями (служебное изобретение), если в договоре между ним и работником не предусмотрено иное;
- правопреемники указанных лиц: физическое и/или юридическое лица, которым они передали свое право на получение патента или к которым оно перешло в соответствии с законодательством о наследовании.

Если работодатель в течение трех месяцев с даты уведомления его автором о создании им изобретения не подаст заявку на получение патента. Не передаст право на получение патента на служебное изобретение другому лицу и не сообщит работнику (автору) о сохранении информации о соответствующем результате в тайне, автор вправе подать ее от своего имени.

Все документы заявки печатают шрифтом черного цвета на белой бумаге формата 210×297 мм с лицевой стороны каждого листа, располагая строки вдоль его меньшего края. Каждый документ заявки начинают печатать на отдельном листе, с нумерацией второго и последующих листов арабскими цифрами. Качество оформления документов заявки должно отвечать требованиям длительного хранения и непосредственного репродуцирования в неограниченном количестве копий.

Тексты описания, формулы изобретения и реферата печатают через полтора интервала с высотой заглавных букв не менее 2,1 мм.

Листы, содержащие заявление, описание, формулу изобретения и реферат, должны иметь следующие размеры полей: левое – 25 мм, верхнее, нижнее и правое – 20 мм.

Графические символы, латинские наименования, латинские и греческие буквы, математические и химические формулы вписываются чернилами, пастой или тушью черного цвета. Смешанное написание формул на пишущей машинке и от руки не допускается.

В описании и поясняющих его материалах необходимо использовать стандартизованные термины и сокращения; если это сделать сложно, можно применять их общепринятые в научной и технической литературе понятия.

Специфические термины и обозначения поясняются в тексте при первом их употреблении.

Все условные обозначения должны быть расшифрованы.

В тексте описания изобретения и формуле изобретения одни и те же признаки должны быть названы одинаково, т.е. должно соблюдаться единство терминологии. Это требование относится также к размерностям физических единиц и к используемым условным обозначениям.

Физические величины приводят в единицах действующей Международной системы единиц.

При использовании в описании и формуле изобретения математических выражений (формул) и символов их буквенные обозначения расшифровывают. Разъяснение к математической формуле необходимо писать в общепринятой для этого форме – столбиком, а после каждой строчки ставить точку с запятой. Буквенные обозначения расшифровывают по порядку их упоминания в формуле. При этом математические условные обозначения $>$, $<$, $=$ и т.п., используют лишь в математических формулах, а в тексте пишут словами: больше, меньше, равно и т.д.

Интервалы между положительными величинами в равенствах можно обозначать знаком \div , во всех других случаях – словами «от» и «до». Знак процента (%) ставится после числа. При перечислении нескольких таких величин знак процента ставят перед ними и отделяют от них двоеточием.

Переносят часть математической формулы только по знаку, повторяя его на следующей строке.

Требования же к документам и структуре описания при составлении заявки на другие объекты (способ, применение известного ранее устройства по новому назначению), остаются аналогичными. То же относится и к заявке на

Расположенные в верхней части заявления графы, указывающие на дату поступления документов заявки, регистрационный и входящий номера, а также дату перевода международной заявки на национальную фазу, заполняются Республиканским центром интеллектуальной собственности.

4.3.4 Пример описания изобретения

В качестве примера рассмотрим составление заявки на объект изобретения – устройство.

МПК А 01 F 12/395

Название изобретения

Устройство для разделения зерносоломистого вороха

Область техники, к которой относится изобретение

Известно устройство для разделения зерносоломистого вороха, включающее загрузочное приспособление, расположенное над вертикально установленной эластичной лентой, под которой размещены приемные желоба со шнеками для сбора фракций и с торца воздуховод, сообщенный с вентилятором (см. авт. свид. СССР № 394003, кл. А 01 F 12/44, 1972).

Известное устройство сложно по конструкции и ненадежно в эксплуатации.

Из известных наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является устройство для разделения зерносоломистого вороха (прототип), включающее снабженный механизмом привода жесткий цилиндр, установленный с возможностью вращения на опорных роликах, с расположенными в нем эластичной лентой, загрузочным приспособлением, приемным желобом со шнеком для зерна, воздуховодом, сообщенным с вентилятором, и приемным желобом со шнеком для солоmistых частиц (см. авт. свид. СССР № 460079, В 07 В 13/02, 1973).

Недостатком этого устройства является сложность конструкции.

Раскрытие изобретения. Технической задачей изобретения является упрощение конструкции.

Технический результат достигается тем, что воздуховод расположен вдоль желоба для зерна, причем одна из продольных стенок воздуховода выполнена в виде створок, шарнирно соединенных между собой краями, расположенными параллельно продольной оси воздуховода.

Описание чертежей. На фиг. 1 схематично изображено устройство для разделения зерносоломистого вороха, вид сбоку; на фиг. 2 – то же, вид с торца.

Осуществление изобретения. Устройство состоит из жесткого цилиндра 1, установленного с возможностью вращения на опорных роликах 2 и снабженного механизмом привода (не показан). Внутри цилиндра 1 расположены эластичная лента 3, загрузочное приспособление 4, приемный желоб 5 со шнеком 6 для солоmistых частиц

и приемный желоб 7 со шнеком 8 для зерна. Вдоль желоба 7 расположен воздуховод 9, сообщенный с вентилятором 10. Одна из продольных стенок воздуховода 9 выполнена в виде створок 11 и 12, шарнирно соединенных между собой краями, расположенными параллельно продольной оси воздуховода. Это позволяет регулировать скорость воздушного потока. Прижимные 13 и нажимной 14 валики образуют на эластичной ленте 3 участок обратной кривизны. В первом случае применяется нагнетательный воздушный поток, а во втором – всасывающий.

Устройство работает следующим образом.

Зерносолоmistый ворох загрузочным приспособлением 4 подается на внутреннюю поверхность эластичной ленты 3. Под действием центробежных сил инерции ворох прижимается к ленте и подается в верхнюю часть устройства, где лента набегает на нажимной валик 14. Здесь ворох отрывается от поверхности эластичной ленты 3, и воздушный поток, создаваемый вентилятором 10, осуществляет разделение вороха по аэродинамическим свойствам. Мелкие, солоmistые частицы, сорняки и дробленое зерно под действием воздушного потока больше отклоняются от своей траектории, чем полноценное зерно, попадают в приемный желоб 5 и шнеком 6 выводятся из устройства. Полноценное зерно попадает в приемный желоб 7, а затем шнеком 8 выводится из устройства. Скорость воздушного потока регулируется изменением положения створки 12 продольной стенки воздуховода 9. Устройством можно также разделять предварительно очищенные семена или любые другие смеси. Данное устройство имеет простую конструкцию, надежно в эксплуатации и обеспечивает повышение качества разделения зерносолоmistых смесей.

4.4 Техника поиска патентной информации

Сегодня более 80 % информации о новых технических решениях специалисты черпают из описаний патентов. Сведения о новых решениях появляются в патентах на 3-4 года раньше, чем в научно-технических журналах и на 5-10 лет опережают публикации в монографиях и учебниках. Следовательно, чтобы быть в курсе новейших достижений техники, надо систематически читать патентную литературу.

Но количество патентов в мире стремительно растет. В России за 1896-1914 годы было выдано 25 тыс. привилегий, в 1982 году число зарегистрированных в СССР авторских свидетельств и патентов

перевалило за 1 млн. документов, сейчас их уже более 2 миллионов. Фонды Республиканской научно-технической библиотеки содержат свыше 30 млн. патентных документов разных стран. Если на один документ тратить только 10 секунд, то на просмотр их всех потребуется год, если при этом не есть, не пить и не спать. Понятно, что в таком море информации надо уметь плавать. И не только из познавательных целей, но и для анализа созданного вами изобретения, для прояснения конъюнктурной ситуации на рынке интересующих товаров.

В предыдущих публикациях* мы уже отмечали, что при составлении патентных документов соблюдаются жесткие требования к форме и к порядку изложения. Все эти меры направлены именно на облегчение поиска для потребителей информации. С развитием компьютерной техники и ее применения для поиска подобная формализация приобрела особое значение.

Но тому, кто ищет, прежде всего необходим ключ – система классификации. Исторически каждая страна сначала создавала свою классификационную систему – были российская, германская, французская, английская, американская, японская крупные системы, различавшиеся языком, алфавитом, культурным наследием страны – составительницами. Эти отличия стали существенным барьером для обмена информацией между странами, для определения приоритетов и сути защищенных решений. Мировое сообщество пришло к созданию Международной Патентной Классификации (МПК) изобретений, за основу которой была принята французская система. С 1973 года МПК действует и в России. Рудиментами пока являются системы классификации США и Великобритании, но и на их патентных документах проставляют индекс МПК.

Система МПК легко корректируема по мере развития техники, что и происходит каждые пять лет, – вносятся новые рубрики, уточняются прежние. Начиная с 2006 года действует восьмая редакция МПК. Официальные языки классификатора МПК – английский и французский, но каждая страна имеет свой официальный перевод. Классификационный индекс конкретного изобретения определяет сам автор и (или) эксперт патентного ведомства, так что ошибки в классификации патента сведены к минимуму.

В МПК введена очень удобная система иерархии, по которой каждый патент сравнительно легко найти среди прочих. Первой ступенью иерархии являются **разделы**, на которые поделена вся техника:

А – удовлетворение жизненных потребностей человека, в том

числе сельское хозяйство, медицина и медицинская техника;

В – различные технологические процессы, транспорт, в том числе и космонавтика;

С – химия, металлургия;

D – текстиль, бумага;

Е – горное дело, строительство;

F – механика, освещение, отопление и т.д.;

G – физика;

H – электричество.

В принципе, используя следующие буквы латинского алфавита, можно и дальше расширять список разделов. Так, уже назрела необходимость выделить в самостоятельные разделы медицину (из раздела А) и электронику (из раздела H).

Следующая ступень в иерархии – **классы**. Например, раздел А – удовлетворение жизненных потребностей – поделен на **62** класса:

А 01 – сельское хозяйство, лесное хозяйство, животноводство, охота и отлов животных, рыболовство и рыбоводство;

В каждом разделе может быть 99 классов. Например, последний класс в разделе А – А 62 .

Классы подразделяются на **подклассы**, обозначаемые латинскими буквами. Так, класс А 01 включает подклассы: А 01 В – обработка почвы в сельском и лесном хозяйствах, узлы, детали и принадлежности сельскохозяйственных машин и орудий вообще;

Ниже подклассов следуют **группы**, обозначаемые числами (от 1 и далее), а через косую черту от них идут номера подгрупп. Рассмотрим подкласс обработка почвы в сельском хозяйстве А 01 В. Для него группа

А 01В 39/ – прочие машины, приспособления обработки почвы, занятой полевыми культурами;

После косой черты следует указание на номер **подгруппы** (рубрики)

А 01 В 39/18 – машины для прополки.

Рассмотрим подгруппы, относящиеся к электродам электровакуумных приборов – к группе H01J1/. Подгруппа H01J1/14 соответствует термокатадам, различающимся материалом; /15 – катоды прямонакальные; /20 – катодные узлы с подогревными термокатадами; /22 – подогреватели; /30 – автоэлектронные катоды; /32 – вторично-эмиссионные катоды; /46 – сетки и прочие варианты электродов.

Таким образом, конструкции почвообрабатывающих инструментов для прополки следует искать в подгруппе А 01 В 39/18 патентов всех стран мира, от Австрии до Австралии.

Для облегчения ориентации в МПК к ней разработан алфавитно-предметный указатель, в котором все технические понятия, содержащиеся в МПК, расположены в алфавитном порядке и имеют ссылки на те рубрики МПК (классы, подклассы, группы, подгруппы), по которым в том или ином аспекте распределена искомая информация.

МПК в настоящее время используется в качестве обязательной системы классификации изобретений во всех промышленно развитых странах мира, хотя национальные системы еще применяются для поиска патентных документов в ретроспективной части патентных фондов.

Тонкости общения с МПК открываются при реальных поисках. Но следует помнить, что классификатор построен исходя из технической сути изобретения, а она бывает не только отраслевая, но и функциональная. Скажем, необходима информация об измерении электрического тока. Если интересуют способы упрочнения лемехов плугов, то надо искать патенты в подклассе H01J, если ток протекает через полупроводниковый прибор – смотрите подкласс H01L. Это все – отраслевое применение. Но если интересует ток как таковой, безотносительно его природы, – через твердый проводник, газ или электролит – поиск надо проводить в первую очередь по классу G01 (функциональный принцип), не упуская, однако, и возможности обнаружить аналог где-нибудь в аккумуляторах.

После определения необходимого класса, группы и подгруппы поиск информации сведется к анализу нескольких папок с патентами на русском языке и языках тех стран, в которых интересующий объект разработан или может разрабатываться. Для научных же поисков анализ в большинстве случаев можно ограничить патентами России (СССР), США, Великобритании, Германии и Франции. Представители других стран предпочитают свои находки патентовать в этих пяти странах, так что одно и то же техническое решение нередко обнаруживается в патентных фондах различных стран.

Остановимся подробнее на поиске патентной информации для оценки собственного изобретения, для определения его места среди других запатентованных решений, для уточнения формулы своего изобретения. Такой анализ необходим после того, как найдено новое (для разработчика) техническое решение. Вся патентная лите-

ратура советует в этом случае сразу бежать и оформлять заявку, пока не обошли другие. Совет этот вообще правилен – известно множество примеров, когда промедливший проигрывал. Но совет неконкретен.

Прежде всего необходимо решить, а стоит ли защищать, выгодно ли это самому изобретателю, его фирме? Так, фирма Pepsi-Cola сочла более выгодным самой охранять секрет напитка, чем прибегать к его патентной защите, платить патентные пошлины, судиться с нарушителями и т.д. Но аспиранту всегда полезно получить патент на техническое решение – при защите диссертации ни у кого не возникнет сомнения в новизне, актуальности и оригинальности представленной работы, все это уже подтверждено государством в лице БРЦИС.

Если патентовать надо, с чего начинать анализ и сразу ли обращаться к МПК? Опытные изобретатели считают, что сначала следует обратиться к работам людей, перед которыми стояла или могла стоять подобная задача – неважно, отечественные это авторы или зарубежные. Во всяком случае, как своих друзей, так и конкурентов надо знать если не в лицо, то хотя бы по трудам.

А начать анализ надо с себя самого, четко сформулировав техническое противоречие, которое вы в действительности решали и которое, вообще говоря, не обязательно может совпадать с первоначально поставленной задачей. Даже грубое формулирование решенной задачи существенно поможет в работе над формулой изобретения и описанием. Весьма полезны подручные источники информации – журналы, учебная и монографическая литература, которые наверняка использовались при работе над изобретением. Эти источники полезны в первоначальном конструировании и уточнении формулы изобретения. А именно с формулы следует начинать работу над заявкой.

Имея формулу, пусть даже в неотшлифованном виде, можно обращаться к классификатору и анализу известных патентов по выбранным индексам. Начинать лучше с патентов на русском языке (как России, так и СССР), затем перейти к англоязычным (США и Великобритания) и немецким (Германия). Далее надо смотреть фонд патентов той страны, куда может пойти товар, изготовленный согласно вашему изобретению. Патенты на языках с экзотической письменностью (японский, китайский, грузинский, арабский и др.), как правило, сопровождаются аннотацией на каком-нибудь общеизвестном языке, например английском.

Особо отметим особенность фонда изобретений (авторских сви-

детельств) советского периода. В то время изобретения считались всенародным достоянием. Автору полагался почет, авторское свидетельство и в ряде случаев – вознаграждение. А в защите Всенародного Достояния были заинтересованы не только авторы, но и эксперты патентного ведомства. Им вменялось в обязанность выявить изобретение (если оно, конечно, было), помочь автору сформулировать объект изобретения, подтвердить достижение цели и изложить техническое решение так, чтобы оно было понятно всем потребителям. Поэтому фонд авторских свидетельств не только достаточно информативен, но и заслуживает доверия в техническом плане.

Одна из самых распространенных ошибок при анализе – это убежденность, что не надо принимать во внимание все решения, не совпадающие слово в слово с придуманным объектом. Грамматические совпадения случаются редко. Совпадения же в технических решениях (в преодолении встретившегося технического противоречия) встречаются, и довольно часто.

Но даже обнаружив аналог, чрезвычайно близкий к вашему решению, не стоит впадать в панику. При внимательном чтении этого аналога и доскональном знании решаемой задачи всегда можно обнаружить недоговорки, упущения, ошибки автора аналога, а иногда и сознательную дезинформацию. После этого наверняка можно обойти аналог, сформулировав иную совокупность существенных признаков. Причем иногда выясняется, что при первоначальном формулировании изобретения вы сами ошиблись в определении совокупности этих признаков, что-то не приняли во внимание в начале анализа. А можно и специально добавить новый признак, чтобы обойти аналог, – понятно, в таком случае надо доказать существенность этого признака.

Подобный анализ может проводить только сам автор изобретения, поскольку приходится прикладывать творческие усилия в понимание и формулирование объекта изобретения.

4.5 Лицензионная деятельность

4.5.1 Лицензионные соглашения

Зарубежное патентование – одно из условий развития внешнеэкономических и научно-технических связей. Кроме того, для современных промышленно развитых стран характерно расширение обмена научно-техническими достижениями путем торговли лицензиями, развивающееся с нарастающими темпами.

Под лицензией понимается передача на определенных оговоренных условиях прав на использование промышленной собственности, ноу-хау, технической документации и других научно-технических достижений. Продавец (лицензиар) передает по лицензионному договору право использования изобретения или других объектов промышленной собственности другому лицу (лицензиату) в объеме, установленном этим договором.

По патентному закону любое лицо, не являющееся патентообладателем, вправе использовать изобретение, полезную модель, промышленный образец, защищенные патентом, лишь с разрешения патентообладателя и на основе лицензионного договора. Таким образом, лицензия – разрешение на использование охраняемого объекта промышленной собственности. При этом различаются как патентные, так и беспатентные лицензии. Преимущество первых в том, что покупатель (лицензиат) вместе с техническими сведениями приобретает монопольное право на производство и сбыт основанного на изобретении новшества. Однако для успешной лицензионной торговли необходимо иметь не столько патент, сколько действующий объект промышленной собственности (работающую машину, функционирующую линию, налаженное производство и пр.). В этом случае покупатель лицензии приобретает действующее, готовое к эксплуатации изделие, что позволяет ему экономить силы и средства на его запуск и, главное, выиграть время. Патентное законодательство предусматривает различные виды лицензионных соглашений.

Исключительная лицензия, по которой лицензиату передается исключительное право на использование объекта промышленной собственности в пределах, оговоренных договором, с сохранением за лицензиаром права на его использование в части, не передаваемой лицензиату.

Неисключительная лицензия, согласно которой лицензиар, предоставляя лицензиату право на использование объекта промышленной собственности, сохраняет за собой все права, подтверждаемые охраняемым документом, в том числе и на предоставление лицензий третьим лицам.

Открытая лицензия действует на основании заявления патентообладателя, поданного им в Патентное ведомство о предоставлении любому лицу права на использование его объекта промышленной собственности. В этом случае пошлина о поддержании патента в силе снижается до 50% с того года, когда публикуются сведения Патентным ведомством о таком заявлении патентообладателя. При

этом заявление патентообладателя о предоставлении открытой лицензии отзыву не подлежит.

Принудительная неисключительная лицензия – разрешение на использование объекта промышленной собственности, которое может быть предоставлено любому лицу Высшей патентной палатой при неиспользовании или недостаточном использовании патентообладателем изобретения или промышленного образца в течение четырех лет, а полезной модели – в течение трех лет с даты выдачи патента, если патентообладатель не докажет, что неиспользование или недостаточное использование объекта промышленной собственности обусловлено уважительными причинами.

Принудительная лицензия предоставляется с определением пределов использования, размера, сроков и порядка платежей. В интересах национальной безопасности разрешается использование объекта промышленной собственности без согласия патентообладателя с выплатой ему соразмерной компенсации.

По лицензионному соглашению обычно продавец обязуется передать покупателю техническую документацию на объект продажи, ноу-хау (при отдельной договоренности) и оказать помощь в налаживании производства. Обязательства покупателя – заплатить лицензионное вознаграждение и осуществить использование объекта лицензии. Вознаграждение может быть единовременным и в виде ежегодных платежей (роялти) в течение срока действия лицензии. Платежи могут исчисляться в форме процента с каждой единицы произведенного изделия и в форме смешанной системы оплаты, где предусмотрены первоначальный (паушальный) платеж и последующие ежегодные платежи.

При покупке лицензии необходимо иметь технико-экономическое обоснование о целесообразности ее приобретения с учетом технического уровня объекта лицензии и конъюнктуры рынка в данной технической области.

4.5.2 Ноу-хау как объект лицензионной деятельности

Термин «ноу-хау» (know-how) впервые был использован в договорной практике между компаниями Великобритании и США. Первоначально под этим понимали информацию, специально опущенную заявителем в описании изобретения, и придавали смысл – «знать, как применять патент». Со временем этот термин стал пониматься буквально – «знать, как сделать». Этому способствовало то, что ноу-хау стало самостоятельным объектом при продаже или покупке лицензий, в том числе и бесплатных.

В отечественном законодательстве первое нормативное определение ноу-хау и условия его защиты были даны в ст. 151 Основ гражданского законодательства Союза ССР и республик. Оно трактуется следующим образом: «Обладатель технической, организационной или коммерческой информации, составляющей секрет производства (ноу-хау), имеет право на защиту от незаконного использования третьими лицами при условии, что:

1) эта информация имеет действительную или потенциальную ценность в силу неизвестности ее третьими лицам;

2) к этой информации нет свободного доступа на законном основании;

3) обладатель информации принимает надлежащие меры к охране ее конфиденциальности.

Срок охраны ограничивается временем действия названных условий». И далее: «Лицо, неправомерно использующее ноу-хау, принадлежащее другому лицу, обязано возместить ему убытки. Лицо, самостоятельно и добросовестно получившее такую информацию, вправе использовать ее без каких бы то ни было ограничений».

Под ноу-хау помимо научно-технических решений следует понимать знания нетехнического характера, которые в рамках существующих правовых норм не охранялись. С этой точки зрения объектами ноу-хау могут быть, например, методы рациональной организации производства, результаты анализа конъюнктуры рынка, обзор и подборка информации, потребительские характеристики конкурирующих товаров и другая информация.

Для ноу-хау, имеющего научно-технический характер, не имеет значения его уровень. Это могут быть как простейшие технические решения, так и решения более высокого уровня, защищенные или не защищенные патентом. Практика показала, что многие фирмы предпочитают не брать патент, если нет возможности защититься от технического пиратства. Или, если патент оформляется, он должен иметь крепкое нераскрываемое ноу-хау.

Это связано с тем, что ноу-хау не защищается патентными документами, и если при оформлении патента оно становится доступным, то оно теряет свою коммерческую ценность. Поэтому надо так оформлять патент, чтобы без знания ноу-хау его невозможно было реализовать. Однако это в какой-то мере противоречит положению по оформлению заявки на изобретение, требующего раскрытия изобретения столь подробно, чтобы «сведущее лицо» могло самостоятельно воспроизвести данное техническое решение, допустим, по истечении срока действия патента. Прозорливые изобретатели при

оформлении патента понимают, что слишком точное и подробное указание технологии сужает сферу действия патента. Поэтому стараются в патентной документации не «рассказывать все как есть», не провоцируя этим нарушителей патентных прав. Ведь выданный патент, являясь охранным документом, дает право преследовать по суду лишь нарушителей интеллектуальной собственности. Но ни в одном государстве нет органов, которые бы добровольно отслеживали этих нарушителей (пиратов), так как следить за этим – обязанность самих патентовладельцев. Известно, что изобретатель телефона Александр Грехм Белл вел 600 судебных процессов против нарушителей своего патента и выиграл 595 судебных дел. В наше время в судах всего мира ежегодно рассматриваются тысячи дел о нарушениях патентных прав.

Вот почему при оформлении патентных документов применяют все возможные приемы сокрытия ноу-хау. О ведущей роли ноу-хау говорит известный исторический факт, когда в США так и не смогли использовать большинство патентов, захваченных в Германии во время Второй мировой войны: без знания ноу-хау они ничего не значили.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бохан, Н.И. Планирование экспериментов в исследованиях по механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства / Н.И. Бохан, А.М. Дмитриев, И.С. Нагорский. – Горки, 1986. – 80 с.
2. Митков, А.Л. Статистические методы в сельхозмашиностроении, А.Л. Митков, С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1978.– 360 с.
3. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 264 с.
4. Дашков, В.Н. Обоснование параметров смесителя кормов / И.С. Нагорский, А.И. Пунько // Механизация и электрификация сельского хозяйства : сб. науч. трудов.– Минск, 2003. – Вып. 37.– Т. 2.– С. 63–80.
5. Закон Республики Беларусь «Об авторском праве и смежных правах» от 11.08.1998 г. // Ведомости Национального собрания Республики Беларусь. – 1998. – № 31–32. – С. 472.
6. Закон Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы» от 16.12.2002 г. // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2003. – № 2.
7. Правила составления и подачи заявки на выдачу патента на изобретение // Промышленная собственность.– Вып. 5. – Мн., 1999.
8. Закон Республики Беларусь «О товарных знаках и знаках обслуживания» от 27.10.2000 г. // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2000. – № 106.
9. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. СТБ 1180.

Таблица П.1 – Значения распределения Стьюдента, определяемые из условия $P(|T| < t_{\gamma;v}) = \gamma$ при двустороннем ограничении и $P(T < t_{\gamma;v}) = \gamma'$ или $P(T < -t_{\gamma;v}) = \gamma'$ при одностороннем ограничении

	Доверительный уровень (доверительная вероятность) $\gamma = 1 - \alpha$ при двустороннем ограничении						
	0,5	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
1	1,000	1,963	3,078	6,314	12,706	63,657	636,619
2	0,816	1,336	1,886	2,920	4,303	9,925	31,598
3	0,765	1,250	1,368	2,353	3,182	5,841	12,924
4	0,741	1,190	1,533	2,132	2,776	4,604	8,610
5	0,727	1,156	1,476	2,015	2,571	4,032	6,869
6	0,718	1,134	1,440	1,943	2,447	3,707	5,959
7	0,711	1,119	1,415	1,895	2,365	3,499	5,408
8	0,706	1,108	1,397	1,860	2,306	3,355	5,041
9	0,703	1,100	1,393	1,833	2,262	3,250	4,781
10	0,700	1,093	1,372	1,812	2,228	3,169	4,587
11	0,697	1,088	1,363	1,796	2,201	3,106	4,437
12	0,695	1,083	1,356	1,782	2,179	3,055	4,318
13	0,694	1,079	1,350	1,771	2,160	3,012	4,221
14	0,692	1,076	1,345	1,761	2,145	2,977	4,140
15	0,691	1,074	1,341	1,753	2,131	2,947	4,073
16	0,690	1,071	1,337	1,746	2,120	2,921	4,015
17	0,689	1,069	1,333	1,740	2,110	2,898	3,965
18	0,688	1,067	1,330	1,734	2,101	2,878	3,922
19	0,688	1,066	1,328	1,729	2,093	2,861	3,883
20	0,687	1,064	1,325	1,725	2,086	2,845	3,850
21	0,686	1,063	1,323	1,721	2,080	2,831	3,819
22	0,686	1,061	1,321	1,717	2,074	2,819	3,792
23	0,685	1,060	1,319	1,714	2,069	2,807	3,767
24	0,685	1,059	1,318	1,711	2,064	2,797	3,745
25	0,684	1,058	1,316	1,708	2,060	2,787	3,725
26	0,684	1,058	1,315	1,706	2,056	2,779	3,707
27	0,684	1,057	1,314	1,703	2,052	2,771	3,690
28	0,683	1,056	1,313	1,701	2,048	2,763	3,674
29	0,683	1,055	1,311	1,699	2,045	2,756	3,659
30	0,683	1,055	1,310	1,697	2,042	2,750	3,646
40	0,681	1,050	1,303	1,684	2,021	2,704	3,551
60	0,679	1,046	1,296	1,671	2,000	2,660	3,460
120	0,677	1,041	1,289	1,658	1,980	2,617	3,373
∞	0,674	1,036	1,282	1,645	1,960	2,576	3,291
	0,75	0,85	0,90	0,95	0,975	0,995	0,9995
Доверительный уровень $\gamma' = 1 - \alpha$ при одностороннем ограничении							

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П2 – Верхние 1% точки F – распределения Фишера, определяемые из условия $P(F > F_{\alpha; m; n}) = \alpha = 0,01$

101

n	m																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	4052	4999,5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,37	99,39	99,40	99,42	99,43	99,45	99,46	99,47	99,47	99,48	99,49	99,50
3	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	28,67	27,49	27,35	27,23	27,05	26,87	26,69	26,60	26,50	26,41	26,32	26,27	26,13
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,55	14,37	14,20	14,02	13,93	13,84	13,75	13,65	13,57	13,46
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,46	10,29	10,16	10,05	9,89	9,72	9,55	9,47	9,38	9,29	9,20	9,11	9,02
6	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,67	7,72	7,56	7,40	7,31	7,23	7,14	7,06	6,97	6,88
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62	6,47	6,31	6,16	6,07	5,99	5,91	5,82	5,74	5,65
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81	5,67	5,52	5,36	5,28	5,20	5,12	5,03	4,95	4,86
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26	5,11	4,96	4,81	4,73	4,65	4,57	4,48	4,40	4,31
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85	4,71	4,56	4,41	4,33	4,25	4,17	4,08	4,00	3,91
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63	4,54	4,40	4,25	4,10	4,02	3,94	3,86	3,78	3,69	3,60
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,56	4,39	4,30	4,16	4,01	3,86	3,78	3,70	3,62	3,54	3,45	3,36
13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	3,96	3,82	3,66	3,59	3,51	3,43	3,34	3,25	3,17
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,90	3,66	3,51	3,43	3,35	3,27	3,18	3,09	3,00
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,50	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,67	3,52	3,37	3,29	3,21	3,13	3,05	2,96	2,87
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,88	3,88	3,69	3,55	3,41	3,26	3,18	3,10	3,02	2,93	2,84	2,75
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,79	3,59	3,46	3,31	3,16	3,08	3,00	2,92	2,83	2,75	2,65
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	3,71	3,51	3,37	3,23	3,08	3,00	2,92	2,84	2,75	2,66	2,57
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,63	3,43	3,30	3,15	3,00	2,92	2,84	2,76	2,67	2,58	2,49
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,56	3,37	3,23	3,09	2,94	2,86	2,78	2,69	2,61	2,52	2,42

Продолжение таблицы П2

102

n	m																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,64	3,51	3,40	3,31	3,17	3,03	2,88	2,80	2,72	2,64	2,55	2,46	2,36
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,12	2,98	2,83	2,75	2,67	2,58	2,50	2,40	2,31
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,07	2,93	2,78	2,70	2,62	2,54	2,45	2,35	2,26
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,26	3,17	3,03	2,89	2,74	2,66	2,58	2,49	2,40	2,31	2,21
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,46	3,32	3,22	3,13	2,99	2,85	2,70	2,62	2,54	2,45	2,36	2,27	2,17
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,18	3,09	2,96	2,81	2,66	2,58	2,50	2,42	2,33	2,23	2,13
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,39	3,26	3,15	3,06	2,93	2,78	2,63	2,55	2,47	2,38	2,29	2,20	2,10
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,36	3,23	3,12	3,03	2,90	2,75	2,60	2,52	2,44	2,35	2,26	2,17	2,06
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,09	3,00	2,87	2,73	2,57	2,49	2,41	2,33	2,23	2,14	2,03
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07	2,98	2,84	2,70	2,55	2,47	2,39	2,30	2,21	2,11	2,01
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89	2,86	2,66	2,52	2,37	2,29	2,20	2,11	2,02	1,92	1,80
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,50	2,35	2,20	2,12	2,03	1,94	1,87	1,73	1,60
120	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,79	2,66	2,56	2,47	2,34	2,19	2,03	1,95	1,86	1,76	1,66	1,53	1,38
∞	6,63	4,61	3,79	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41	2,32	2,18	2,04	1,88	1,79	1,70	1,59	1,47	1,32	1,00

Таблица ПЗ – Верхние 5% точки F – распределения Фишера, определяемые из условия
 $P(F > F_{\alpha; m; n}) = \alpha = 0,05$

n	m																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,9	245,9	248,0	249,1	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88

Продолжение таблицы ПЗ

n	m																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
12	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Таблица П.4 – Значения критерия Кохрена при уровнях значимости $\alpha = 0,05$ и $\alpha = 0,01$
 (утолщенные цифры), определяемые из условия $P(G > G_{\alpha; n-1; m}) = \alpha$

m	$n - 1$													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	36	144	∞
2	7	0,9750	0,9392	0,9057	0,8772	0,8534	0,8332	0,8159	0,8010	0,7880	0,7341	0,6602	0,5813	0,5000
	0,9999	0,9950	0,9794	0,7586	0,9373	0,9172	0,8988	0,8823	0,8674	0,8539	0,7949	0,7067	0,6062	0,5000
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7071	0,6771	0,6530	0,6333	0,6167	0,6025	0,5466	0,4748	0,4031	0,3333
	0,9933	0,9423	0,8831	0,8335	0,7933	0,7606	0,7335	0,7107	0,6912	0,6743	0,6059	0,5153	0,4230	0,3333
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287	0,5895	0,5598	0,5365	0,5175	0,5017	0,4884	0,4366	0,3720	0,3093	0,2500
	0,9676	0,8643	0,7814	0,7212	0,6761	0,6410	0,6129	0,5897	0,5702	0,5536	0,4884	0,4057	0,3251	0,2500
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4184	0,3980	0,3817	0,3682	0,3568	0,3135	0,2612	0,2119	0,1667
	0,8828	0,7218	0,6258	0,5635	0,5195	0,4866	0,4608	0,4401	0,4229	0,4084	0,3529	0,2858	0,2229	0,1667
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595	0,3362	0,3185	0,3043	0,2926	0,2829	0,2462	0,2022	0,1616	0,1250
	0,7945	0,6152	0,5209	0,4627	0,4226	0,3932	0,3704	0,3522	0,3373	0,3248	0,2779	0,2214	0,1700	0,1250
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029	0,2823	0,2666	0,2541	0,2439	0,2353	0,2032	0,1655	0,1308	0,1000
	0,7175	0,5358	0,4469	0,3934	0,3572	0,3308	0,3106	0,2945	0,2813	0,2704	0,2297	0,181	0,1376	0,1000
20	0,3894	0,2705	0,2205	0,1921	0,1735	0,1602	0,1501	0,1422	0,1357	0,1303	0,1108	0,0879	0,0675	0,0500
	0,4799	0,3297	0,2654	0,2288	0,2048	0,1877	0,1718	0,1646	0,1567	0,1501	0,1248	0,0960	0,0709	0,0500
30	0,2929	0,1980	0,1593	0,1377	0,1237	0,1137	0,1061	0,1002	0,0958	0,0921	0,0771	0,0604	0,0457	0,0333
	0,3632	0,2412	0,1913	0,1635	0,1454	0,1327	0,1232	0,1157	0,1100	0,1054	0,0867	0,0658	0,0480	0,0333
120	0,0998	0,0632	0,0495	0,0419	0,0371	0,0337	0,0312	0,0292	0,0279	0,0266	0,0218	0,0165	0,0120	0,0083
	0,1225	0,0759	0,0585	0,0489	0,0429	0,0387	0,0357	0,0334	0,0316	0,0302	0,0242	0,0178	0,0125	0,0083

Таблица П.5 – Равномерно распределенные случайные числа

3393	6270	4228	6069	9407	1865	8549	3217	2351	8410
9108	2330	2157	7416	0398	6173	1703	8132	9065	6717
7891	3590	2502	5945	3402	0491	4328	2365	6175	7695
9085	6307	6910	9174	1735	1797	9229	3422	9861	8357
2638	2908	6368	0398	5495	3283	0031	5955	6544	3883
1313	8338	0623	8600	4950	5414	7131	0134	7241	0651
3897	4202	3814	3505	1599	1649	2784	1999	5775	1406
4380	9543	1646	2850	8415	9120	8062	2421	6161	4634
1618	6309	7909	0874	0401	4301	4517	9197	3350	0434
4858	4676	7363	9141	6133	0549	1972	3461	7116	1496
5354	9142	0847	5393	5416	6505	7156	5634	9703	6221
0905	6986	9396	3975	9255	0537	2479	4589	0562	5345
1420	0470	8649	2328	3939	1292	0406	5428	3789	2882
3218	9080	6604	1813	8209	7039	2086	3369	4437	3798
9697	8431	4387	0622	6893	8788	2320	9358	5904	9559
0912	4964	0502	9683	4636	2861	2876	1273	7870	2030
4636	7072	4868	0601	3894	7182	8417	2367	7032	1003
2515	4734	9878	6761	5636	2949	3979	8650	3430	0635
5984	0412	5012	2369	6461	0678	3693	2928	3740	8047
7848	1523	7904	1521	1455	7089	8094	9872	0898	7174
5192	2571	3643	0707	3434	6818	5729	8614	4298	4129
8438	8325	9886	1805	0226	2310	3675	5058	2515	2388
8166	6349	0319	5436	6838	2460	6433	0644	7428	8556
9158	8263	6504	2562	1160	1526	1816	9690	1215	9590
6061	3525	4048	0382	4224	7148	8259	6526	5340	4064

Таблица П.6 – Значения множителя k для определения практических границ рассеивания

	0,90			0,95			0,99		
	0,90	0,95	0,99	0,90	0,95	0,99	0,90	0,95	0,99
2	15,978	18,800	24,167	32,019	37,674	48,430	160,19	188,4	242,3
3	5,847	6,919	8,974	8,380	9,916	12,861	18,930	22,40	29,05
5	4,494	4,152	5,423	4,275	5,079	6,634	6,612	7,855	10,26
7	2,902	3,452	4,521	3,369	4,007	5,248	4,613	5,488	7,187
9	2,626	3,125	4,098	2,967	3,532	4,631	3,822	4,550	5,966
12	2,404	2,863	3,758	2,655	3,162	4,150	3,250	3,870	5,079
16	2,246	2,676	3,514	2,437	2,903	3,812	2,872	3,421	4,492
20	2,152	2,564	3,368	2,310	2,752	3,615	2,659	3,168	4,161
30	2,025	2,413	3,170	2,140	2,549	3,350	2,385	2,811	3,733
50	1,916	2,284	3,001	1,996	2,379	3,126	2,162	2,576	3,385
100	1,822	2,169	2,854	1,874	2,233	2,935	1,977	2,355	3,095
200	1,764	2,102	2,762	1,798	2,143	2,816	1,865	2,222	2,921
600	1,710	2,038	2,678	1,728	2,060	2,707	1,764	2,102	2,763
1000	1,604	2,019	2,654	1,709	2,036	2,676	1,736	2,068	2,718

СОДЕРЖАНИЕ

Часть 3 ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	3
3.1 Понятие о дисперсионном и регрессионном анализе	3
3.2 Построение однофакторных уравнений регрессии (эмпирических формул)	6
3.2.1 Подбор аппроксимирующего выражения	6
3.2.2 Аппроксимация опытных данных алгебраическими многочленами	9
3.2.3 Метод ортогональных многочленов Чебышева	16
3.3 Множественная регрессия	19
3.3.1 Преобразование исходных данных	19
3.3.2 Шаговый регрессионный метод	21
3.3.3 Прогнозирование значений множественной регрессии	41
3.4 Планирование и анализ многофакторных экспериментов	43
3.4.1 Теоретические предпосылки	43
3.4.2 Статистическая обработка уравнения регрессии	47
3.4.3 Композиционное планирование	49
Часть 4 ОСНОВЫ ПАТЕНТОВЕДЕНИЯ	53
4.1 Понятие интеллектуальной собственности	53
4.1.1 Что такое патент	53
4.1.2 Право преждепользования	54
4.2 Изобретение, его признаки, описание и формула	56
4.2.1 Условия патентоспособности	56
4.2.2 Объекты изобретения	62
4.2.3 Формула изобретения	67
4.3 Составление заявки на изобретение	70
4.3.1 Состав заявочных материалов	70
4.3.2 Особенности составления заявки на различные объекты изобретения	73
4.3.3 Требования к заявке на изобретение	84
4.3.4 Пример описания изобретения	87
4.4 Техника поиска патентной информации	88
4.5 Лицензионная деятельность	93
4.5.1 Лицензионные соглашения	93
4.5.2 Ноу-хау как объект лицензионной деятельности	95
Литература	98
Приложения	99

Учебное издание

Нагорский Игорь Станиславович,
Ловкис Виктор Болеславович,
Антонишин Юрий Тихонович

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пособие по изучению дисциплины в 4-х частях

Часть 3, 4

Ответственный за выпуск *В.Б. Ловкис*
Компьютерная верстка *А.П. Бондич*

Издано в редакции авторов

Подписано в печать 25.07.2008. Формат 60x84¹/₁₆
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 6,28.
Уч.-изд. л. 5,9. Тираж 190 экз. Заказ 666.

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный аграрный технический университет
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2.

ISBN 978-985-519-021-0



9 789855 190210