



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Управление качеством»

**Методические указания**  
для выполнения практической работы  
«Обобщенный критерий оптимизации»  
по дисциплине

**«Основы теории экспери-  
мента»**

Автор  
Зубрилина Е. М.,  
Димитров В. П.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Методические указания предназначены для проведения практических работ с магистрантами очной формы обучения направления 27.04.02 «Управление качеством», изучающими дисциплину «Основы теории эксперимента».

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Управление качеством» Зубрилина Е.М.,  
д.т.н. профессор кафедры «Управление качеством» Димитров В.П.





## Оглавление

<b>1. Общие положения</b> .....	Ошибка! Закладка не определена.
<b>2. Порядок выполнения работы</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Пример индивидуального задания</b> .....	<b>7</b>
<b>Список литературы</b> .....	<b>11</b>

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ** – приобретение компетенций магистрантами в постановке задач с обобщённым критерием оптимизации.

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Параметр оптимизации (целевая функция, выход, экстремум, оптимум) – это количественная характеристика цели экспериментальных исследований.

Результаты исследований сложных объектов могут быть представлены как задача с несколькими выходами, что требует получения отдельной математической модели для каждого результата. При введении обобщённого критерия оптимизации (суперкритерий), например, в виде функции желательности, достаточно одной модели.

В основе построения обобщенной функции желательности Харрингтона лежит идея преобразования натуральных значений частных критериев (или характеристик) в безразмерную шкалу желательности или предпочтительности (табл. 1).

Таблица 1 – Значения шкалы желательности

Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00 – 0,80
Хорошо	0,80 – 0,63
Удовлетворительно	0,63 – 0,37
Плохо	0,37 – 0,20
Очень плохо	0,20 – 0,00

В табл. 1 представлены числа, соответствующие некоторым точкам кривой, которая задается формулой

$$d_i = e^{-e^{-x_i}}, \quad (1)$$

Шкала желательности имеет интервал от нуля до единицы (табл. 1). Значение  $d = 0$  соответствует абсолютно неприемлемому уровню данного свойства, а значение  $d = 1$  – самому лучшему значению свойства.

Выбор отметок на шкале желательности 0,63 и 0,37 объясняется удобством вычислений:  $0,63 = 1 - (1/e)$ ;  $0,37 = 1/e$ . Именно эти точки являются точками перегиба кривой, построенной по уравнению (1) (рисунок 1).

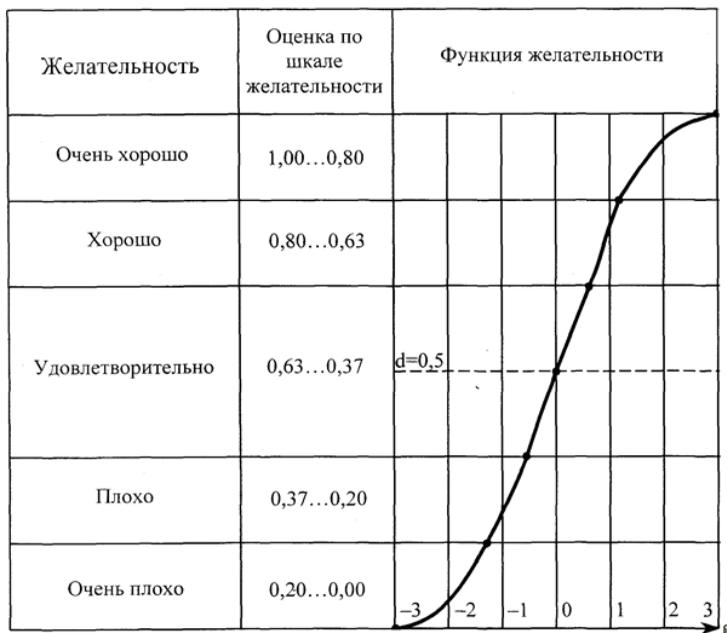


Рисунок 1 – График функции желательности при одностороннем ограничении

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Методика выполнения работы представлена в виде последовательности выполнения работ на модельном примере.

1. Выбрать индивидуальное задание (табл. 2 и 3).

В соответствии с номером магистранта по списку группы из табл. 2 выбрать код, по которому найти в табл. 3 индивидуальное задание в виде диапазонов варьирования выходов.

Таблица 2 – Код индивидуального задания (наборы вариантов)

№	КОД	№	КОД
1.	1;13;6;19; 21;22;20	1.	5;12;20;1; 9;8;11
2.	9;21;15;12; 19;23;5	2.	13;19;7;17;5;10;4
3.	17;5;21; 18;23;1;22	3.	21;4;16;13;1;9;12
4.	19;6;1;11; 17;2;21	4.	23;3;8;14; 6;11;13
5.	2;14;5;24;18;21;19	5.	14;18;23;2;10;12;3
6.	10;22;14;8;20;3;17	6.	6;11;17;16;4;13;23

## Основы теории эксперимента

7.	3;15;13;2224;17;6	7.	7;17;11;3; 14;20;24
8.	11;23;4;21; 16;4;15	8.	15;10;18;20;2;24;2
9.	18;7;2;10; 12;5;16	9.	24;2;9;4;7;14;10
10	20;8;3;23; 11;6;14	10.	22;9;24;5; 8;15;7
11	12;24;22;9; 15;7;18	11.	16;20;10;6;13;19;1
12	4;16;12;7; 22;18;8	12.	8;1;19;15;3;16;9

Таблица 3 – Диапазон варьирования факторов и их оптимумы

Выход	Диапазон варьирования	Ограничения	Оптимум	Выход	Диапазон варьирования	Ограничения	Оптимум
1	33-75	возможно $\leq 55$	70	13	15-29	----	29
2	16 - 30	----	3	14	8 -20	возможно $\leq 15$	24
3	10-45	----	20	15	13,7-7,8	----	7,8
4	12-7	----	7	16	5-27	----	27
5	5,45-10	----	10	17	21-48	----	48
6	3-21	----	21	18	31-14	----	14
7	20-50	возможно $\leq 35$	50	19	6,5-9,8	----	9,8
8	7-18	----	18	20	11-14	----	14
9	4-6	----	6	21	25-55	возможно $\leq 45$	55
10	47-92	----	92	22	1-10	----	10
11	46-18	----	18	23	9-31	----	31
12	26,6-19	----	19	24	28-8	----	8

### 3. ПРИМЕР ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ.

Таблица 4 – Индивидуальное задание

Выход	Диа-пазон варьи-рования	Ограни-чения	Опти-мум	Выход	Диа-пазон варьи-рования	Огра-ниче-ния	Опт и-мум
1	30-70	возможно $\leq 55$	70	4	15-19	----	19
2	6 - 3	----	6	5	6 -24	----	24
3	10-30	----	20	6	3,7-7,8	----	7,8

2. Ввести равномерную шкалу (по абсциссе) (рисунок).

**Пример:**  $g$  от - 3 до + 3

3. Найти параметры формул перевода значений каждого выхода в новую шкалу по формуле

$$g_i = a_0 + a_i \cdot y_i \quad (2)$$

**Пример:** для частного параметра выхода 1

$$\left. \begin{array}{l} -3 = a_0 + a_i \cdot 30 \\ 3 = a_0 + a_i \cdot 70 \end{array} \right\} \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \text{Решая систему уравнений,} \\ \text{получим} \end{array} \left. \begin{array}{l} a_0 = -7,5 \\ a_i = 0,15 \end{array} \right\}$$

Таблица 5 – Параметры формул перехода

Значение коэффици-ентов	Параметр выхода (из табл. 4)					
	1	2	3	4	5	6
$a_0$	-7,50	9,00	-6,00	-25,50	-5,00	-8,41
$a_1$	0,15	-2,00	0,30	1,50	3,33	1,46

4. Установить уровень желательности для значений выхода по каждому параметру и заполнить табл. 6. Уровни желательности частных выходов устанавливаются самостоятельно.

Таблица 6 – Уровни желательности натуральных значений выхода

№ п/п	Функция желательности (рисунок)		Выход опытов по общей шкале в натуральных величинах					
	Оценка по шкале желательности (ордината)	Желательность	$y_{1i}$	$y_{2i}$	$y_{3i}$	$y_{4i}$	$y_{5i}$	$y_{6i}$
1	1,00-0,80	Очень хорошо	55	3	30	19	24	7,8
2	0,80-0,63	Хорошо	50	4	20	17	22	6,5
3	0,63-0,37	Удовлетворительно	40	4,3	15	16	20	4,7
4	0,37-0,20	Плохо	35	5	12	15,5	10	4,1
5	0,20-0,00	Очень плохо	30	6	10	15	6	3,7

5. Рассчитать абсциссы частных параметров выхода по новой шкале по формуле (2) в соответствии с параметрами формул перехода (табл. 5) и выходов опытов (табл. 6).

*Пример:*  $g_{11} = -7,5 + 0,15 \cdot 55 = 0,75$ ;  $g_{12} = -7,5 + 0,15 \cdot 50 = 0,00$ ;

$g_{13} = -7,5 + 0,15 \cdot 40 = -1,50$ ;  $g_{14} = -7,5 + 0,15 \cdot 35 = -2,25$ ;

$g_{15} = -7,5 + 0,15 \cdot 30 = -3,00$ .

Рассчитанные величины сведены в табл. 7.

Таблица 7 – Абсциссы кодовых значений выхода

Оценка по шкале желательности (ордината)	Выход по новой шкале в кодовых величинах					
	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$	$g_5$	$g_6$
1,00-0,80	0,75	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
0,80-0,63	0,00	1,00	0,00	0,00	2,26	1,08
0,63-0,37	-1,50	0,40	-1,50	-1,50	1,60	-1,55

0,37-0,20	- 2,25	-1,00	-2,40	-2,25	-1,70	- 2,42
0,20-0,00	- 3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	- 3,00

6. Рассчитать частную функцию желательности по формуле

$$d_i = e^{-e^{-g_i}} \quad (3)$$

**Пример:** для 1-го параметра частная функция желательности:

$$d_1 = e^{-e^{-0,75}} = 0,62; \quad d_2 = e^{-e^{-0,00}} = 0,37; \quad d_3 = e^{-e^{-1,5}} = 0,01;$$

$$d_4 = e^{-e^{-2,25}} = 0,00;$$

$$d_5 = e^{-e^{-3,0}} = 0,00$$

Остальные результаты сведены в табл. 8 (столбцы 2-7).

7. Найти обобщённую функцию желательности по формуле

$$D_i = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} \quad (4)$$

**Пример:**  $D_i = \sqrt[6]{0,62 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,95} = 0,88$ .

Показатель  $D_i$  определяется как среднее геометрическое частных коэффициентов  $d_i$ . Результаты расчётов сведены в табл. 8.

Таблица 8 – Результаты расчётов частных и обобщенной функций желательности

№ п\п	Частные функции желательности, $d_i$						Обобщенная функция желательности $D_i$	Желательность
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,62	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,88	Очень хорошо
2	0,37	0,69	0,37	0,37	0,90	0,71	0,53	Удовлетворительно

## Основы теории эксперимента

3	0,0 1	0,51	0,01	0,01	0,82	0,01	0,04	Очень плохо
4	0,0 0	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Очень плохо
5	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Очень плохо

**8. Вывод.** Приемлемое качество продукции, тип технологического процесса или режимы обработки соответствуют только первым двум экспериментам, со значениями  $D_1 = 0,88$  и  $D_2 = 0,53$  с оценками «очень хорошо» и «удовлетворительно» соответственно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Димитров В.П. Введение в теорию принятия решений: учеб. пособие / В.П. Димитров, Л.В. Борисова. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2013.



2. Петровский А.Б. Теория принятия решений: учебник / А.Б. Петровский. – М.: ИД «Академия», 2009.