



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

**Методические указания
к лабораторным работам
по дисциплине**

**«Моделирование процессов
в расчетах на ЭВМ»**

Авторы
Донцов Н. С.,
Попов С. И.,
Марченко Ю. В.,
Марченко Э. В.

Ростов-на-Дону, 2018

Аннотация

Методические указания к лабораторным работам составлены в соответствии с программой дисциплины «Моделирование процессов в расчетах на ЭВМ» и предназначены для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» очной и заочной форм обучения.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Донцов Н.С.,

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Попов С.И.,

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Марченко Ю.В.,

ассистент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Марченко Э.В.





Оглавление

Лабораторная работа №1	4
Экспертный метод	4
Лабораторная работа №2	8
Математическое планирование 2^x факторного эксперимента	8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Экспертный метод

Экспертный метод предполагает использование всей предварительной (априорной) информации об изучаемом процессе или объекте.

Процедура проведения экспертного метода состоит из 4-х этапов:

- опрос и анкетирование по рассматриваемому вопросу;
- статистическая обработка анкет и составление матрицы рангов;
- оценка согласованности мнений специалистов;
- анализ диаграммы рангов и исключение незначащих факторов.

Численность экспертной группы должна составлять 10-15 человек, которая определяется из условия достижения требуемой вероятности правильного решения.

Цель работы: оценить влияние факторов на мощность, развиваемую двигателем ВАЗ 2103.

Задачи работы:

1. Выявление (априорное) факторов, влияющих на мощность, развиваемую двигателем.
2. Субъективная оценка факторов каждым экспертом группы, определение коэффициента весомости факторов;
3. Определение нормированных коэффициентов весомости факторов;
4. Определение средней значимости факторов;
5. Определение коэффициентов конкордации для каждого эксперта и всей экспертной группы в целом с построением гистограммы удельных весов факторов, оценкой согласованности мнений экспертов и исключением незначащих факторов.

Обычно эксперту предлагается оценить 5-12 различных факторов. При большом числе факторов снижается объективность оценок.

По выявленным факторам каждый эксперт проставляет оценки индивидуально, заноса их в таблицу 1. Значения оценок могут изменяться в интервале от нуля до десяти.

Таблица 1. Коэффициенты весомости факторов

№ фактора	Фактор, его наименование	эксперты											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	- -	1	5	2	5	5	0	0	1	1	3	3	2
2	- -	3	2	2	3	2	1	3	2	4	5	2	3
3	- -	10	10	8	5	5	6	10	10	10	10	7	9
4	- -	2	4	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1
5	- -	4	5	6	7	2	5	7	1	2	4	7	5
6	- -	5	7	6	5	9	3	3	4	4	5	4	7
7	- -	4	5	8	9	10	3	3	3	8	8	7	1
8	- -	4	3	1	4	8	7	4	4	6	7	7	5
9	- -	6	5	6	3	6	7	8	9	9	5	8	6
10	- -	10	8	4	10	4	9	6	4	7	5	5	2
сумма		49	54	45	52	52	42	45	40	53	55	51	41

Отметим, что суммарные оценки в таблице 1 изменяются от 40 до 55. Это связано с тем, что, соблюдая пропорциональное соотношение при определении значимости факторов, одни эксперты сравнивали их по минимальной - личной шкале, а другие по максимальной шкале. Для сравнительной оценки показаний экспертов нормируем удельные веса всех факторов по зависимости, занеся их в таблицу №2.

$$a_{ij} = \frac{a'_{ij}}{\sum_{i=1}^n a'_{ij}}$$

где: a'_{ij} - коэффициент весомости i -го фактора, назначенный j -тым экспертом;

$$\sum_{i=1}^n a'_{ij}$$

- сумма всех коэффициентов весомости для n факторов, назначенная j -тым экспертом.

Таблица 2. Нормированные коэффициенты весомости факторов

№ фактора	эксперты												Средняя значимость фактора
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,020	0,0925	0,0444	0,0962	0,0962	0	0	0,0249	0,0189	0,0546	0,587	0,0487	0,0464
2	0,061	0,0371	0,0444	0,0576	0,0385	0,0238	0,0665	0,05	0,0754	0,0909	0,0392	0,0731	0,0549
3	0,203	0,1851	0,1779	0,0962	0,0962	0,1427	0,2226	0,25	0,1387	0,1318	0,1373	0,22	0,1751
4	0,040	0,0742	0,0222	0,0193	0,0193	0,0238	0,0223	0,05	0,0377	0,0546	0,0196	0,0244	0,0340
5	0,081	0,0925	0,1333	0,1347	0,0385	0,1191	0,1556	0,0249	0,0377	0,0727	0,1373	0,1218	0,0958
6	0,101	0,1298	0,1333	0,0962	0,1731	0,0714	0,0665	0,1	0,0754	0,0909	0,0784	0,1707	0,1073
7	0,081	0,0925	0,1779	0,1731	0,1922	0,0714	0,0665	0,0749	0,1509	0,1454	0,1373	0,0244	0,1156
8	0,081	0,0556	0,0444	0,0769	0,1598	0,1668	0,0889	0,1	0,1131	0,1273	0,1373	0,1218	0,1056
9	0,122	0,0925	0,1333	0,0576	0,1153	0,1668	0,1773	0,2253	0,1702	0,0909	0,1569	0,1464	0,1330
10	0,203	0,1482	0,0889	0,1922	0,0769	0,2142	0,1333	0,1	0,132	0,0909	0,0980	0,0487	0,1273

Для оценки согласованности мнений экспертов используют коэффициент конкордации. Он определяется по алгебраической разности между значениями коэффициентов весомости, установленных j -тым экспертом, и их средней величиной по каждому из факторов.

$$K_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |a_{ij} - \bar{a}_i|$$

где: \bar{a}_i - средняя значимость i -го фактора.

Среднее отклонение по всей экспертной группе будет равно

$$K = \frac{\sum_{j=1}^N K_j}{N} = 0,1612$$

где: N - число экспертов.

Оценка согласованности мнений экспертов характеризуется величиной $D=1-K$. При $D=1$ принимается полная согласованность мнений. В нашем случае $D=0,8388$ соответствует практически полной согласованности мнений.

Анализ гистограммы нормированных удельных весов факторов показывает, что степени влияния факторов упорядочены и существенно отличны (рисунок 1).

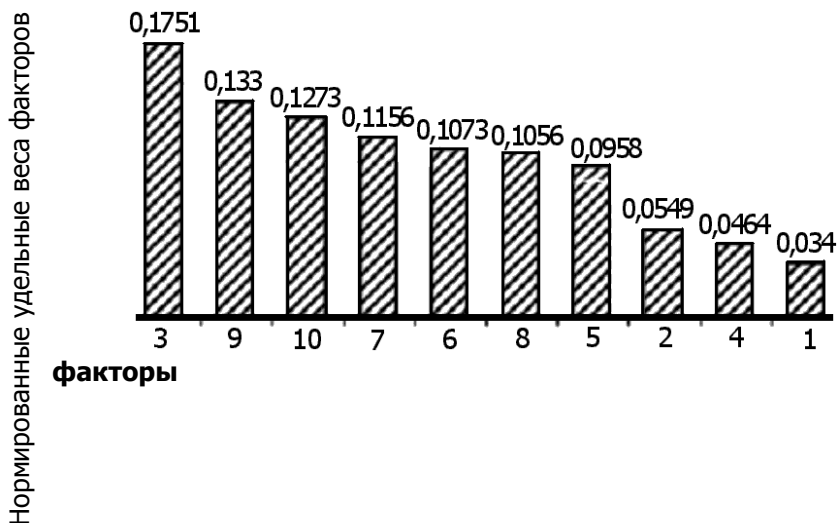


Рисунок 1. Гистограмма удельных весов факторов, влияющих на исследуемый процесс

При проведении дальнейших исследований можно не учитывать влияние тех факторов, которые получили наименьшую значимость.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

Математическое планирование 2^{-х} факторного эксперимента

Для проведения экспериментальных исследований организуется экспериментально-информационный комплекс, который включает объект для исследования и средства измерения уровней факторов. В общем случае требования к объекту, над которым проводится эксперимент, зависят от целей эксперимента и он должен обладать свойством регулирования параметров (факторов) в интервале предполагаемого их варьирования. Измерительно-информационный комплекс должен обеспечивать возможность измерения уровней факторов с достаточной точностью и значений выходных параметров – целей, именуемых критерием, функцией цели, оптимизируемым параметром. Учитывая, что экспериментально-информационный комплекс, как правило, обладает высокой стоимостью, а проведение самого эксперимента представляет собой трудоемкое мероприятие с привлечением высококвалифицированных специалистов, возникает необходимость в снижении затрат на экспериментальные исследования.

Основным методом организации эксперимента, обеспечивающим решение задач, является математическое планирование эксперимента, нашедшее применение в математическом моделировании. Его теория хорошо разработана. В соответствии с общим алгоритмом математического моделирования, целью исследования является критерий – показатель выполнения процесса, а по результатам анализа априорной информации существенное влияние на него оказывают факторы:

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, $i=1, 2, 3, \dots, n$. Тогда в задачу моделирования входит раскрытие зависимости

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

В планировании эксперимента для этих целей используется полином Чебышева:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m b_{i,k} x_i x_k + \dots$$

Предварительно при постановке эксперимента выдвигается гипотеза о виде полинома, т.е. степени, в которую возводятся факторы в первой степени. Обычно это дает удовлетворительные результаты.

В общем случае число экспериментов в этом методе равно

числу сочетаний α и $n + \alpha$, т.е.

$$N = C_{n+\alpha}^{\alpha}$$

где: n – число факторов,
 α – показатель степени.

Для линейной модели $N=2^n$, достаточно двух уровней факторов.

Для исключения систематической ошибки эксперименты повторяют в случайном порядке.

Объект исследования.

Модель процесса подачи топлива бензонасосом двигателя ВАЗ в карбюратор.

Цель работы: определить подачу топлива бензонасосом двигателя ВАЗ в зависимости от скорости и диаметра жиклера

$$y = f(x_1, x_2),$$

где: y – целевая функция (подача топлива - Q)
 x_1 – скорость подачи топлива – n (число оборотов приводного вала);

x_2 – диаметр жиклера – d ;

x_1, x_2 – факторы, влияющие на целевую функцию.

$$Q = f(n, d),$$

Согласно анализа априорной информации устанавливаем верхний и нижний уровни факторов, т.е. пределы, при которых может существовать процесс

$$x_1 = n_{-120_{\text{мин}}}^{+180_{\text{мин}}}, \quad x_2 = d_{-95}^{+115};$$

где: $d_{\text{мин}}=95, d_{\text{макс}}=115$ - маркировка главных топливных жиклеров карбюратора.

Если фактор x изменяется от $x_{\text{мин}}$ до $x_{\text{макс}}$, то его основной (нулевой) уровень будет равен

$$\frac{(x_{i \text{ макс}} + x_{i \text{ мин}})}{2}$$

Интервал варьирования составит

$$\frac{(x_{i \text{ макс}} - x_{i \text{ мин}})}{2}$$

В закодированном виде будет:

верхний уровень
$$\frac{x_{i \max} - \frac{(x_{i \max} + x_{i \min})}{2}}{\frac{(x_{i \max} - x_{i \min})}{2}} = +1;$$

нижний уровень
$$\frac{x_{i \min} - \frac{(x_{i \max} + x_{i \min})}{2}}{\frac{(x_{i \max} - x_{i \min})}{2}} = -1.$$

Таблица 3. Для организации эксперимента используется матрица 2^2

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_1 x_2	y_1	y_2	y_3	\bar{y}	$\sum (y_i - \bar{y})^2$	\hat{y}
1	+	+	-	-						
2	+	-	-	+						
3	+	+	+	+						
4	+	-	+	-						

Коэффициенты:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}_i}{N} \quad b_i = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}_{ij} x_i}{N},$$

где: N – число опытов.

Математическое ожидание:

$$\bar{y}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij}}{m};$$

где: m – число повторностей.

Полученные дисперсии проверяются на однородность по критерию Кохрена.

$$G_p = \frac{S_a^2 \max}{S_a^2}; \quad S_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y})^2}{N},$$

где: $S_a^2 \max$ - максимальное значение дисперсии воспро-

изводимости,

S_a^2 - сумма всех дисперсий по числу опытов (по столбцу).

G_p - расчетное значение критерия Кохрена.

Гипотеза об однородности дисперсий принимается, если выполняется условие $G_T > G_p$, где G_T – табличное значение критерия Кохрена. После определения коэффициентов модели оценивается ее адекватность по критерию Фишера.

$$F_p = \frac{S_{ag}^2}{S_a^2}$$

где: F_p - расчетное значение критерия Фишера;

S_{ag}^2 - дисперсия адекватности

$$S_{ag}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y} - \hat{y})^2}{N - d};$$

d – число коэффициентов уравнения регрессии.

При $F_T > F_p$ полученная модель адекватна экспериментальным данным.

где: F_T – табличное значение критерия Фишера,

При невыполнении этого условия возвращаются к анализу количества факторов, влияющих на критерий, гипотезе о виде модели (линейная, нелинейная), количеству повторностей эксперимента.

По результатам анализа эксперимент повторяется вновь.

Проверку значимости коэффициентов модели проводим с помощью доверительного интервала:

$$|\Delta b_i| = 2t_T S_{bi},$$

где: t_T – табличное значение критерия Стьюдента;

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{S_a^2}{N^2 m}}$$

Коэффициенты модели, не вошедшие в доверительный интервал, считаются незначимыми.

Для пользования таблицами при выборе G_T , F_T , t_T необходимо знать степени свободы

для G_T $f_1 = m-1$; $f_2 = N$

для F_T $f = N-d$; $f_2 = N(m-1)$

для $t_T \quad f = N(m-1)$.

По итогам работы необходимо сделать заключение.