МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ДГТУ)

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

по дисциплине «Основы работоспособности технических систем в автомобильном транспорте»

направления 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Ростов-на-Дону

2023

Лабораторная работа №1

Определение показателей надежности системы по экспериментальным данным

Цель работы:

1. Изучить основные показатели надежности технических систем
2. Получить практические навыки расчета показателей надежности
3. Построить графики зависимости основных показателей надежности системы
4. Накопленное число отказов по интервалам наработки

*,*

где mj- число изделий, отказавших в j-м интервале;

1. Число работоспособности изделий по интервалам наработки

,

где N- общее число отказов;

1. Относительная доля отказов по интервалам наработки

;

1. Статистическая вероятность наступления отказов

;

1. Статистическая вероятность безотказной работы изделия

;

1. Статистическая оценка плотности распределения отказов

;

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Определяемый параметр | Обозначение | Номер интервала наработки | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Границы интервала |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Значение середины интервала | tj |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Число отказов в интервале | mj |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Накопленное число отказов | m(tj) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Число работоспособности изделий по интервалам наработки | n(tj) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Относительная доля отказов по интервалам наработки |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Статистическая вероятность наступления отказов | F(tj) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Статистическая вероятность безотказной работы изделия | P(tj) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Статистическая оценка плотности распределения отказов | S(tj) |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Лабораторная работа 2**

**Определение показателей невостанавливаемости системы по экспериментальным данным**

Цель работы: 1. Изучить основные показатели надежности технических систем

2. Изучить практические навыки расчета показателей надежности

3. Вычислить показатели надежности: вероятность безотказной работы P(t), частоту отказов f(t), интенсивность отказов λ(t), среднее время безотказной работы Тср.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Интервал, ч | | | | | | | |
| 0-100 | 100-200 | 200-300 | 300-400 | 400-500 | 500-600 | 600-700 | 700-800 |
| Промежуток времени Δt | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Число отказавших автомобилей n(t) | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 |

Результаты вычисления

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P(t) | 0,983 | 0,95 | 0,93 | 0,883 | 0,85 | 0,816 | 0,8 | 0,75 |
| f(t)·104, ч-1 | 0,00016 | 0,0003 | 0,00016 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0003 | 0,00016 | 0,0005 |
| λ(t)·104, ч-1 | 0,00016 | 0,0003 | 0,00017 | 0,0005 | 0,00038 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0006 |

Рассчитываем вероятность безотказной работы P(t) по формуле:

,

где N – общее число образцов, находящихся на испытании, N=60;

n(t) – число отказавших образцов.

(каждый раз число отказавших автомобилей n(t) увеличивается в зависимости от интервала часов)

= 0,93

Рассчитываем частоту отказов f(t) по формуле:

.

Интенсивность отказов λ(t) определяется по формуле:

Где Nср(t) – среднее число работоспособных объектов в момент времени t.

В момент времени t=0 число работоспособных объектов составляет 60 единиц, а в момент t=100 один объект сломан, следовательно 59 единиц.

В момент времени t=100 число работоспособных объектов составляет 59 единиц, а в момент t=200 три объекта сломано, следовательно 57 единиц.

В момент времени t=200 число работоспособных объектов составляет 57 единиц, а в момент t=300 четыре объекта сломано, следовательно 56 единиц.

В момент времени t=300 число работоспособных объектов составляет 56 единиц, а в момент t=400 семь объектов сломано, следовательно 53 единицы.

В момент времени t=400 число работоспособных объектов составляет 53 единицы, а в момент t=500 девять объектов сломано, следовательно 51 единица.

В момент времени t=500 число работоспособных объектов составляет 51 единицу, а в момент t=600 одиннадцать объектов сломано, следовательно 49 единиц.

В момент времени t=600 число работоспособных объектов составляет 49 единицу, а в момент t=700 двенадцать объектов сломано, следовательно 48 единиц.

В момент времени t=700 число работоспособных объектов составляет 48 единиц, а в момент t=800 пятнадцать объектов сломано, следовательно 45 единиц.

Среднее время безотказной работы Тср рассчитывается по формуле:

Где n(t) – число отказавших образцов, в нашем случае n=15.

ti – время работы аппаратуры между (i - 1) и i-м отказами, ч.

ti = n(t) – время середины временного интервала, т.е.:

t(50) = 1\*50=50

t(150) = 2\*150=300

t(250) = 1\*250=250 и.т.д.

**Лабораторная работа №3**

**Прогнозирование числа отказов автомобилей по результатам их эксплуатации**

*Цель работы*: Практическое применение элементов теории надежности применительно к автотранспортным средствам

*Определить*:

1)ширину равного интервала (*h*);

2)относительную частоту для каждого интервала *𝜔*i;

3) плотность относительной частоты *p*i;

4)Критерий Пирсона *X2.*

*Построить:* график зависимости критерия Пирсона от плотности относительной частоты

1) Построение группировки с равными интервалами. Ширина равного интервала (h) определяется по формуле:

,

Xmax = 100, Хmin = 1

где Xmax и Хmin – соответственно максимальное и минимальное значение признака в ряду распределения

К – число равных интервалов, на которое следует разбить весь диапазон ряда выборки, определяется по формуле:

К = 1+3,3 lg(n), где n – объем выборки

Пусть n = 100, тогда К = 1+3,3 lg(100) = 1+3,3 ·2 = 7,6

Принимаем К = 8 (округляем в сторону большего. Число интервалов не должно превышать 15)

,

2) Относительная частота для каждого интервала *𝜔*i рассчитывается по формуле:

где *n*i – накопленная частота в каждом интервале (равна *h*)

Т.к. К = 8, то:

Плотность относительной частоты *p*i определяют по формуле:

Критерий Пирсона *X2* определяется по формуле:

Построение графика зависимости критерия Пирсона от плотности относительной частоты.

Лабораторная работа № 4

Цель работы: Изучить способы резервирования, как методы повышения надежности технических систем автомобиля.

**Теория**

*Характеристики сложных систем*

Автомобили являются сложными системами, состоящими из отдельных узлов, деталей, агрегатов и иных элементов.

*Сложная система*– это объект, который может быть расчленен на составляющие его элементы, каждый из которых выполняет определенные функции и находится во взаимодействии с другими элементами системы.

С точки зрения надежности сложная система обладает положительными и отрицательными свойствами. Основным фактором, отрицательно влияющим на надежность сложной системы, является большое число входящих в систему элементов, отказ каждого из которых может привести к отказу всей системы. Основным положительным свойством является, как правило, возможность восстановления работоспособности системы по частям без полного прекращения ее функционирования, например, временное отключение отдельных участков системы для их ТО и ремонта.

Соединения элементов в сложной системе могут быть последовательными, параллельными и смешанными, содержащими как последовательные, так и параллельные соединения элементов.

*Последовательное соединение элементов* в автомобилях применяется наиболее часто. Например: двигатель – сцепление –коробка передач – карданная передача – задний мост - колеса.

В таких системах каждый элемент характеризуется вероятностью безотказной работы *рi* в течение заданного периода времени и по этим значениям определяют вероятность безотказной работы всей системы Р(t).

Наиболее характерен случай, когда отказ одного элемента выводит из строя всю систему. Это имеет место, например, при **последовательном соединении элементов** (рис. 4.1).

колеса

задний мост

карданная передача

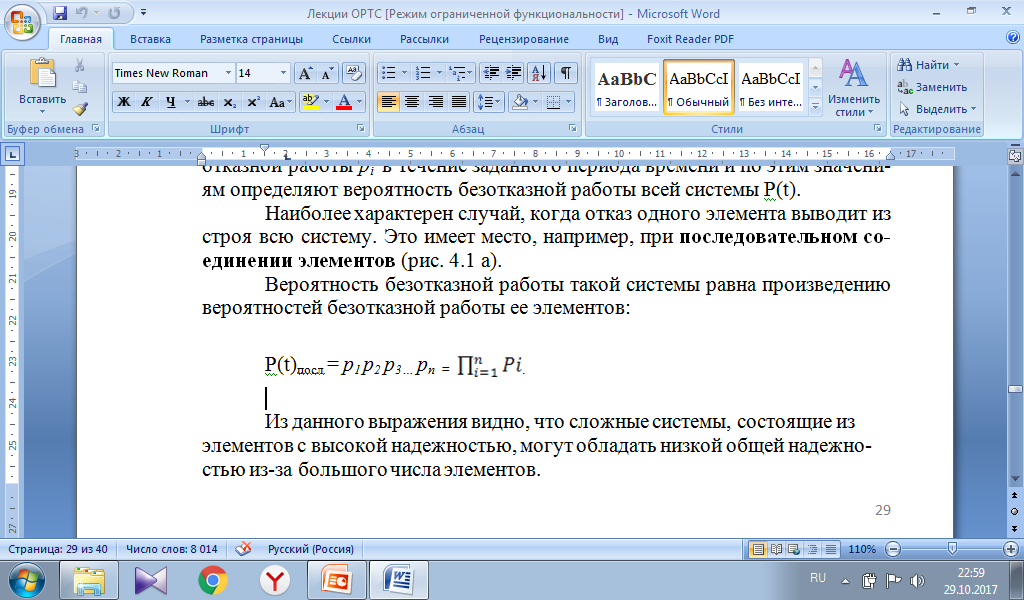
сцепление

коробка передач

двигатель

Рисунок 4.1 - Последовательное соединение элементов

Вероятность безотказной работы такой системы равна произведению вероятностей безотказной работы ее элементов:

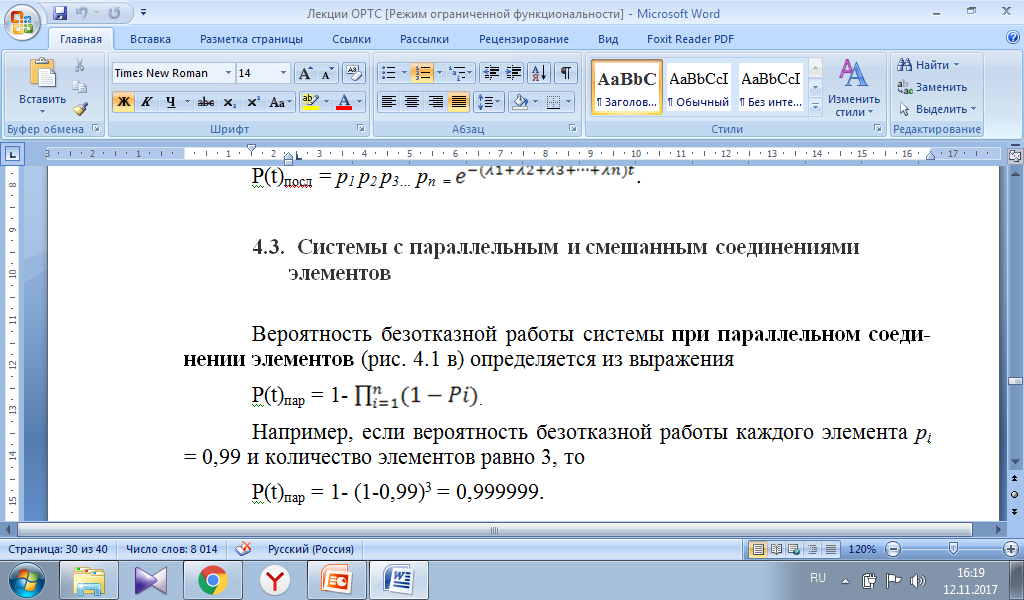


Из данного выражения видно, что сложные системы, состоящие из элементов с высокой надежностью, могут обладать низкой общей надежностью из-за большого числа элементов.

Например, если объект состоит из 50 элементов с надежностью каждого *рi* = 0,99, то вероятность безотказной работы всей системы Р(t) = 0,9950 = 0,55. Если аналогичная система будет состоять из 400 элементов, то Р(t) = 0,99400 = 0,018, т.е. система будет практически неработоспособна.

Надежность системы с последовательно соединенными элементами ниже надежности ее самого слабого звена.

Вероятность безотказной работы системы *при параллельном соединении элементов* (рис. 4.2) определяется из выражения:



Например, если вероятность безотказной работы каждого элемента *рi* = 0,99 и количество элементов равно 3, то

Р(t)пар = 1- (1-0,99)3 = 0,999999.

 Таким образом, вероятность безотказной работы системы с параллельным соединением элементов выше вероятностей безотказной работы ее элементов.

*Системы со смешанным соединением элементов* рассматриваются как совокупность отдельных подсистем с последовательным или параллельным соединениями. Производится расчет вероятностей безотказной работы каждой из подсистем отдельно, затем вычисляется общая вероятность безотказной работы системы как системы, состоящей из последовательно соединенных подсистемам.

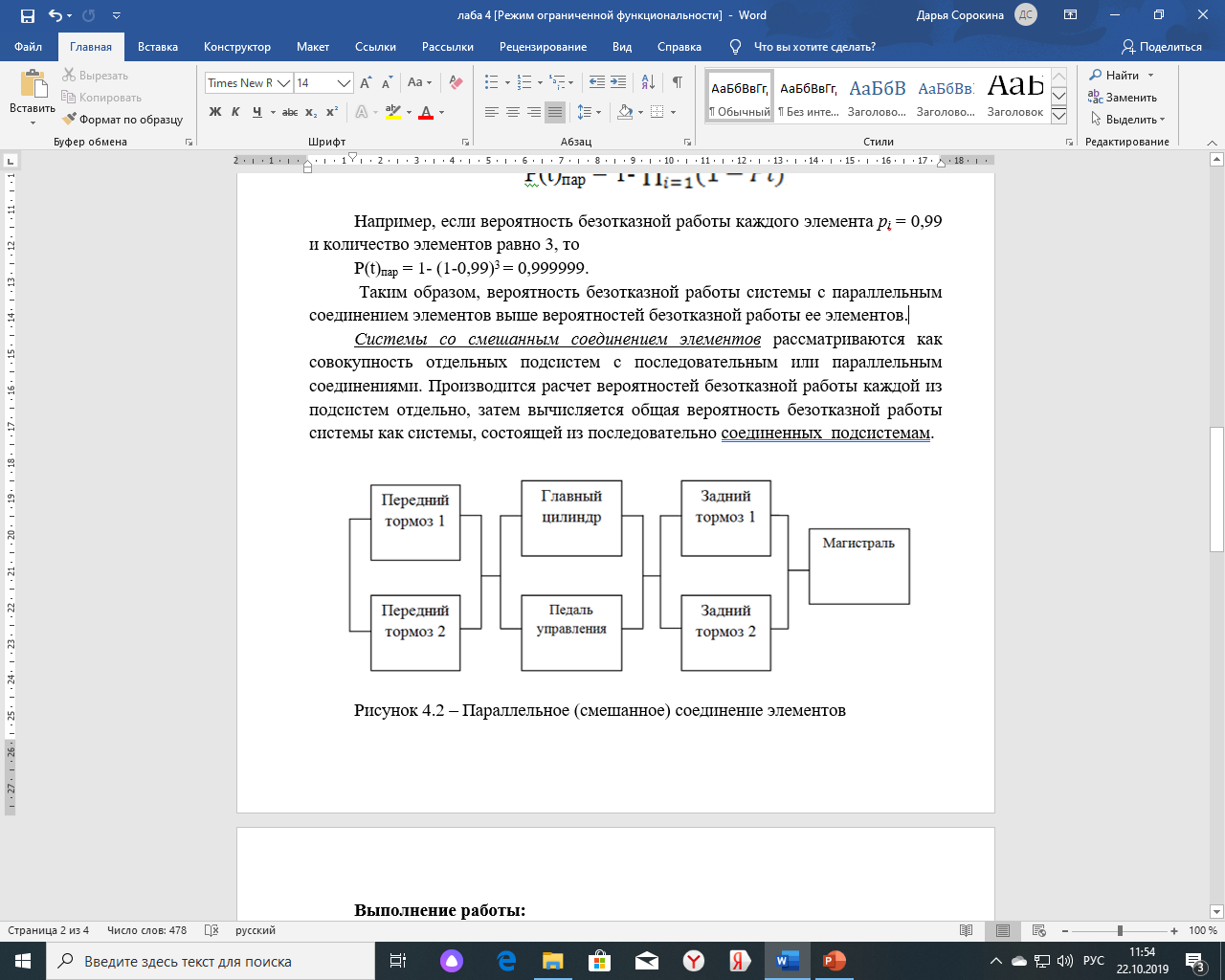
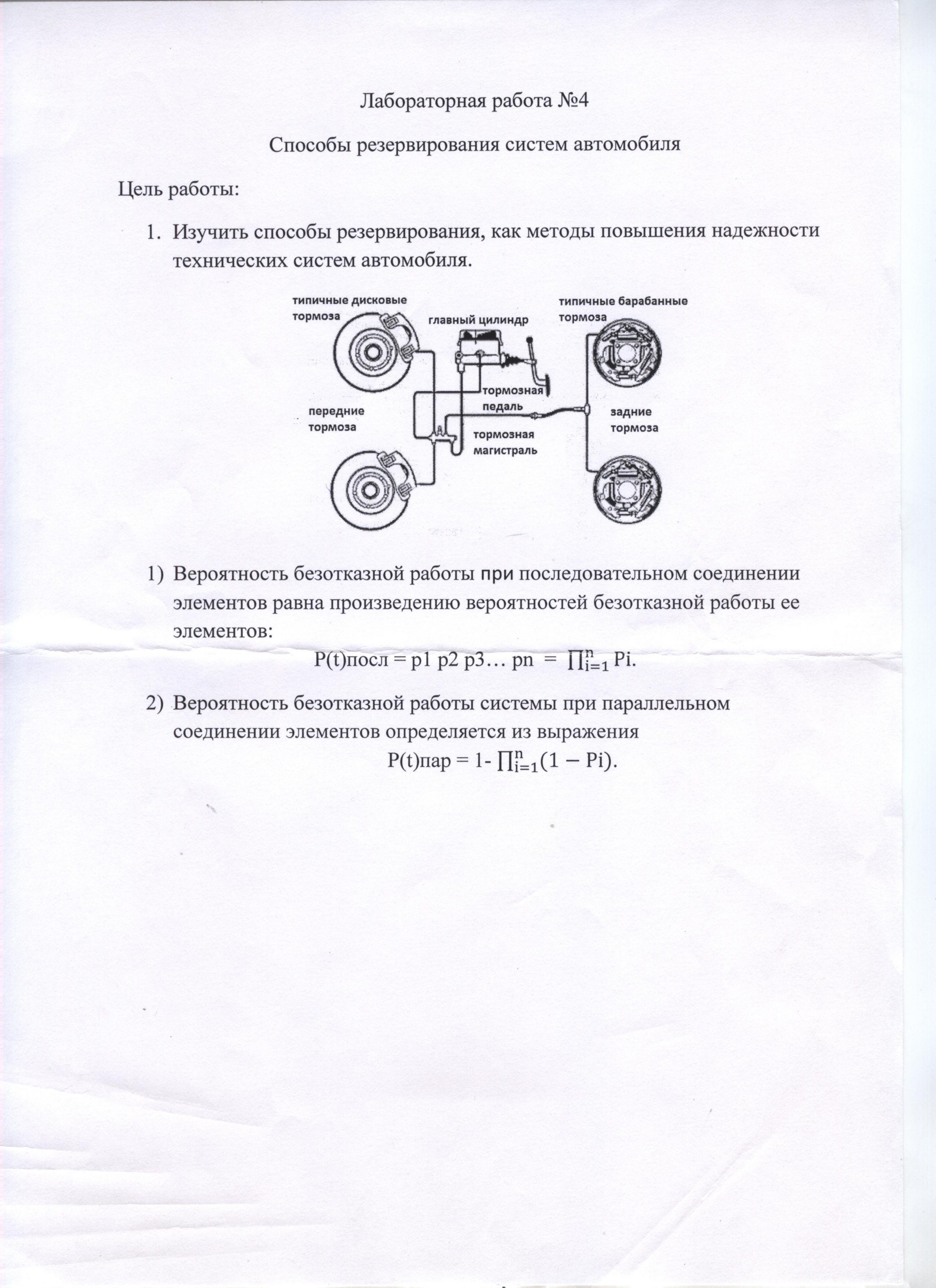
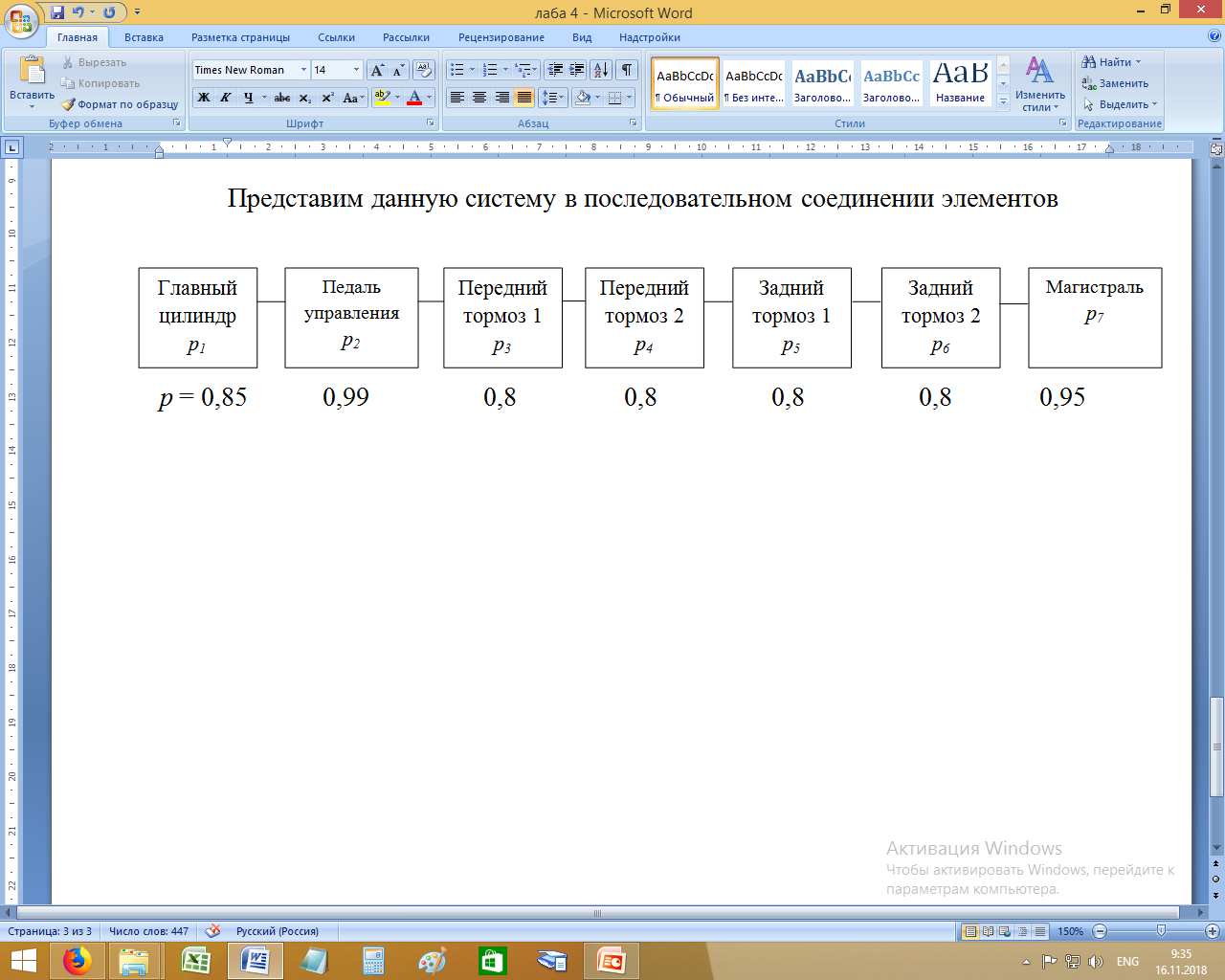


Рисунок 4.2 **–** Параллельное (смешанное) соединение элементов

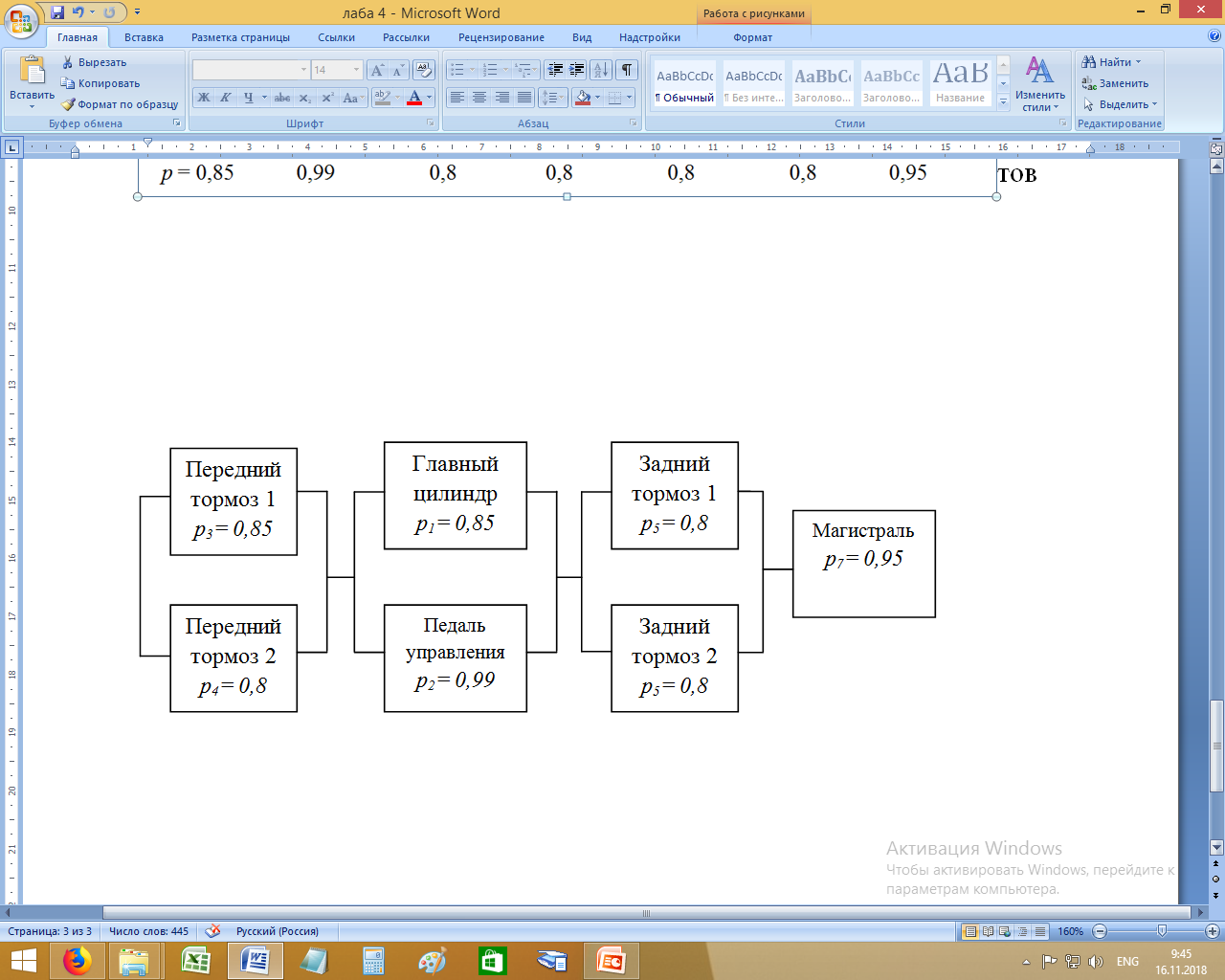
**Выполнение работы:**

****Дана следующая система

Представим данную систему в последовательном соединении элементов:

Р(t) = 0,85 ∙ 0,99 ∙ 0,8 ∙ 0,8 ∙ 0,8 ∙ 0,8 ∙ 0,95 = 0,33

Представим данную систему в параллельном соединении элементов (расчет смешанной системы):



Р(t)1 = (1-0,85)∙(1-0,8) = 0,15∙0,2 = 0,03

Р(t)2 = (1-0,85)∙(1-0,99) = 0,15∙0,01 = 0,0015

Р(t)3 = (1-0,8)∙(1-0,8) = 0,2∙0,2 = 0,04

Р(t)общ =1 - 0,03∙0,0015∙0,04∙0,95 = 1 - 0,0000017 = 0,99