

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н.А. Евдокимова

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ В ТЕХНОСФЕРЕ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы
для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки
20.04.01 Техносферная безопасность

Калининград
2025

УДК 001.8: 331.453

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой ТБП
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
Н.Р. Ахмедова

Евдокимова, Н.А. Методы исследования процессов и явлений в техносфере: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы для студ. магистратуры по напр. подгот. 20.04.01 Техносферная безопасность / **Н.А. Евдокимова.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 24 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению курсовой работы по дисциплине «Методы исследования процессов и явлений в техносфере» представлены условия выбора тем и порядок разработки курсовой работы, примерные темы курсовых работ, требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы, а также список рекомендуемых источников.

Табл. 8, список лит. – 12 наименований

Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «27» июня 2025 г., протокол № 6

УДК 658.382.3

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Евдокимова Н.А., 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы.....	6
2. Требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы	7
3. Защита курсовой работы	18
4. Критерии и нормы оценки курсовой работы	18
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	20
Приложение А. Титульный лист пояснительной записки курсовой работы.....	21
Приложение Б. Справочные таблицы.....	22

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Методы исследования процессов и явлений в техносфере» подготовлено для студентов, обучающихся по направлению 20.04.01 «Техносферная безопасность», и входит в состав методических материалов образовательной программы.

Цель курсовой работы – углубление, систематизация и закрепление знаний, полученных в лекционном курсе “Методы исследования процессов и явлений в техносфере”, на лабораторных занятиях, а также выработка навыков самостоятельной работы с нормативно-технической документацией, умения анализировать и обобщать теоретический и практический материал, использовать результаты анализа для решения конкретных и актуальных задач, возникающих в области техносферной безопасности.

В результате выполнения курсовой работы по дисциплине студент должен

знать:

- основы методологии научных исследований и принципы организации научно-исследовательской деятельности;
- методы сбора, обработки и анализа данных в области техносферной безопасности;
- теоретические методы, используемые в области техносферной безопасности.

уметь:

- выбирать и применять адекватные методы исследования для решения профессиональных задач в области техносферной безопасности;
- строить модели и выдвигать гипотезы, проводить их верификацию и оценку релевантности;
- выявлять закономерности и формулировать выводы на основе полученных данных.

владеть:

- навыками работы с базами данных, статистическими и аналитическими программными инструментами;
- способностью обосновывать актуальность и значимость исследования, формулировать цели, задачи, гипотезы и выводы.

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны: шифр, наименование направления подготовки (специальности); дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цель и планируемые результаты выполнения курсовой работы; место дисциплины в структуре ОПОП ВО;

основной части, которая содержит условия выбора темы, примерные темы курсовых работ; требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы; описание организации защиты курсовой работы; критерии и нормы оценки курсовой работы; списка рекомендуемых источников; приложений.

1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы

Студенты выбирают тему курсовой работы на основе тематики курсовых работ, предложенной ниже, совместно с преподавателем, исходя из научных интересов. Тема курсовой работы может быть предложена самим студентом при условии обоснования им ее целесообразности.

Примерные темы курсовых работ:

1. Исследование вероятности несчастных случаев при возникновении исходных формирующих событий.
2. Исследование возможного развития эпидемической ситуации в техносфере.
3. Методы экспертных оценок и их практическое применение для исследования процессов и явлений в техносфере.
4. Методы статистической проверки гипотез и их практическое применение для исследования процессов и явлений в техносфере.
5. Методы математического программирования и их применение в техносферной безопасности.
6. Методы оценки повреждающей способности техносферы.
7. Порядок разработки программы снижения масштаба профессионального риска.
8. Методы оценки степени управляемости процессов в области техносферной безопасности.
9. Методы снижения травмоопасности на объектах техносферы.
10. Анализ методов оценки уровня опасности в процессах техносферы и возможностей их использования.
11. Метод анализа опасностей деревом причин потенциального чрезвычайного происшествия и его применение в техносферной безопасности.
12. Метод анализа опасностей деревом последствий потенциального чрезвычайного происшествия и его применение в техносферной безопасности.
13. Анализ опасностей методом потенциальных отклонений и его применение для герметичных процессов и систем в техносфере.
14. Исследование причин произошедшего чрезвычайного происшествия в техносфере с помощью причинно-следственного анализа.

Порядок разработки курсовой работы включает следующие этапы:

- выбор темы курсовой работы;
- подбор литературы и нормативных правовых актов к выбранной теме, который осуществляется студентом самостоятельно на основе предлагаемого перечня литературы по дисциплине;

- изучение подобранной литературы, что предполагает конспектирование источников. Результатом этой работы должна стать систематически изложенная информация, полностью раскрывающая содержание темы;

- изложение содержания курсовой работы обязательно предваряется составлением плана. План служит основой для определения структуры работы.

Выбор темы – важный этап, по существу являющийся началом работы над избранной проблемой. Тема – это наикратчайшая форма предъявления содержания всей работы, отражающая её сущность.

Далее следует этап подбора материалов, а затем - составление плана работы и его исполнение. После избрания темы курсовой работы студент должен заняться подбором основной литературы, освещающей вопросы избранной темы. Подбор и изучение литературных источников – важный, сложный и трудоемкий этап в подготовке курсовой работы.

Перечень литературы по теме не должен быть слишком объемным, так как нередко это может затруднить процесс работы. В период подбора литературы студент предварительно знакомится с ее содержанием, так как это необходимо для разработки плана работы. Обстоятельное изучение литературных источников осуществляется после разработки плана.

После избрания темы и предварительного ознакомления с основной литературой составляется план работы, в соответствии с которым ведется изложение материала. Выделение определенных аспектов, конкретных вопросов, установление очередности их изложения помогает сделать работу стройной, логичной. Твердый план удерживает автора от излишних повторений, неоправданного отклонения от темы.

В плане определяются конкретные вопросы, которые будут рассматриваться. В ходе сбора материала по теме первоначальный план может изменяться и дополняться. Однако основной круг вопросов, рассматриваемых в курсовой работе, следует очертить в самом начале работы. Иначе может произойти «разбрасывание» темы, что лишит работу стройности, конкретности и законченности.

2. Требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы

Примерная структура курсовой работы должна выглядеть следующим образом:

Введение (1-2 с.).

1. Общие положения выбранного метода исследования явлений и процессов в техносфере (в соответствии с темой курсовой работы) – до 5 с.

2. Применение выбранного метода исследования явлений и процессов в техносфере на конкретном примере – до 15 с.

Заключение (1-2 с.).

Список использованной литературы.

Приложения (при необходимости).

Форма титульного листа пояснительной записки курсовой работы приведена в приложении А.

Во введении студент обосновывает важность и актуальность выбранной темы курсовой работы, её значение для повышения безопасности технологических процессов и производств, определения наиболее приемлемых методов обеспечения техносферной безопасности. Здесь же раскрывается краткое содержание основных разделов курсовой работы. Введение не нумеруется.

Как отмечалось выше, в первом разделе курсовой работы необходимо изложить общие положения выбранного метода исследования явлений и процессов в техносфере. Решение ряда задач техносферной безопасности зависит от факторов, которые не могут быть определены с помощью каких-либо формул или путем непосредственных измерений. К такого рода задачам могут быть отнесены, например, повышение объективности, т.е. полноты учета несчастных случаев, оценка приоритетности мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций, роль государства в управлении охраной труда и др. Для решения такого рода задач могут быть привлечены специалисты – эксперты, которые в ходе исследования присваивают учитываемым факторам числа натурального ряда – ранги, а основанный на этом метод называется метод экспертных оценок. Отдельные задачи в области техносферной безопасности могут иметь форму задач линейного программирования (ЛП). Так с помощью ЛП можно исследовать, как наилучшим образом вложить имеющиеся средства в мероприятия по снижению неблагоприятного влияния факторов производственной среды, чтобы обеспечить минимальный профессиональный риск. Однако нередко в техносферной безопасности между исходными и искомыми переменными существует нелинейная зависимость. В таких случаях для исследований применяются методы геометрического, динамического программирования. Термин «геометрическое» в названии этого направления математического программирования возникло в связи с тем, что в теории геометрического программирования используется известное соотношение между средним арифметическим и средним геометрическим. Последнее при неодинаковых значениях величин всегда меньше. В техносферной безопасности расчеты среднего геометрического используются достаточно часто с целью исключения необоснованных оптимистических выводов об уровне безопасности.

В техносферной безопасности имеют место задачи решение, которых зависит от факторов, которые могут быть определены с помощью каких-либо

формул или путем непосредственных измерений. В таком случае применяются методы статистической обработки данных. Все методы математико-статистического анализа условно делятся на первичные и вторичные. Первичными называются методы, с помощью которых можно получить показатели, непосредственно отражающие результаты производимых в эксперименте измерений. К первичным методам статистической обработки относят, например, определение среднего арифметического, дисперсии, моды и медианы. Вторичными называются методы статистической обработки, с помощью которых на базе первичных данных выявляют скрытые в них статистические закономерности. В число вторичных методов обычно включают корреляционный анализ, регрессионный анализ, факторный анализ, методы сравнения первичных данных двух или нескольких выборок. В исследованиях по техносферной безопасности достаточно часто приходится выдвигать различные гипотезы (предположения о связях между явлениями). При этом используется статистический метод проверки гипотез. Задача корреляционного анализа - дать количественную оценку соответствия значений одной переменной значениям другой переменной. Регрессионное исчисление - это метод математической статистики, позволяющий свести частные, разрозненные данные к некоторому линейному графику, приблизительно отражающему их внутреннюю взаимосвязь, и получить возможность по значению одной из переменных приблизительно оценивать вероятное значение другой переменной.

Кроме того, для исследования явлений и процессов в техносфере применяют различные методы анализа опасностей технических систем. На практике анализ опасностей начинают с грубого исследования, позволяющего идентифицировать в основном источники опасностей. Т.е. анализ риска технической системы начинают с применения метода предварительного анализа опасностей. Затем при необходимости исследования могут быть углублены, и может быть проведен детальный качественный анализ. Выбор того или иного качественного метода анализа зависит от преследуемой цели, предназначения объекта и его сложности. Качественные методы анализа включают: предварительный анализ опасностей, анализ последствий отказов, анализ опасностей с помощью дерева причин, анализ опасностей с помощью дерева последствий, анализ опасностей методом потенциальных отклонений, причинно-следственный анализ. Предварительный анализ опасностей (ПАО) обычно осуществляют в следующем порядке: 1) изучают технические характеристики объекта, системы, процесса, а также используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы; устанавливают их повреждающие свойства; 2) устанавливают законы, стандарты, правила, действия которых распространяются на данный технический объект, систему, процесс; 3) проверяют техническую документацию на её соответствие законам, правилам, принципам и нормам стандартов безопасности; 4) со-

ставляют перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей (системы, подсистемы, компоненты), повреждающие факторы, потенциальные чрезвычайные происшествия (ЧП), выявленные недостатки. Анализ последствий отказов (АПО) основан на системном подходе и имеет характер прогноза. Этим методом можно оценить опасный потенциал любого технического объекта. АПО обычно осуществляют в следующем порядке: 1) техническую систему (объект) подразделяют на компоненты; 2) для каждого компонента выявляют возможные отказы; 3) изучают потенциальные ЧП, которые может вызвать тот или иной отказ на исследуемом техническом объекте; 4) результаты записывают в виде таблицы; 5) отказы ранжируют по опасностям и разрабатывают предварительные меры, включая конструкционные изменения. Анализ опасностей с помощью дерева причин потенциального ЧП (АОДП) обычно выполняют в следующем порядке. Сначала выбирают потенциальное ЧП (например, ЧП-несчастье или какой-либо отказ, который может привести к ЧП-несчастью). Затем выявляют все факторы, которые могут привести к данному ЧП (системы, подсистемы, события, связи и т.д.). По результатам этого анализа строят ориентированный граф. Вершина этого графа занумерована потенциальным ЧП. Поэтому граф является деревом. Анализ опасностей с помощью дерева последствий потенциального ЧП (АОДПО) отличается от АОДП тем, что в случае АОДПО задается потенциальное ЧП – инициатор, и исследуют всю группу событий – последствий, к которым оно может привести. Этот анализ можно проводить на любом объекте. Он требует хорошее знание объекта. Поэтому перед тем, как проводить АОДПО, необходимо тщательно изучить объект, вспомогательное оборудование, параметры окружающей среды, организационные вопросы. Метод потенциальных отклонений (МПО) – процедура искусственного создания отклонений с помощью ключевых слов. Этим методом анализируют опасности герметичных процессов и систем. Наибольшее распространение он получил в химической промышленности. Этому методу предшествует ПАО. После того, как с помощью ПАО были установлены источники опасностей (системы, ЧП), необходимо выявить те отклонения, которые могут привести к этим ЧП. Для этого разбивают технологический процесс или герметичную систему на составные части. Создавая с помощью ключевых слов отклонения, систематично изучают их потенциальные причины и те последствия, к которым они могут привести на практике. Причинно-следственный анализ (ПСА) выявляет причины происшедшего ЧП. Тем не менее, ПСА является составной частью общего анализа опасностей. Он завершается прогнозом новых ЧП и составлением плана мероприятий по их предупреждению. Составляют перечень событий, предшествовавших ЧП. Перечень может содержать достаточно большое число событий, предшествовавших ЧП, и по нему трудно дать заключение. В этом случае целесообразно построить ори-

ентированный граф – дерево причин. Построение начинают с последней стадии развития событий, а именно, с ЧП-несчастья.

Таким образом, в первой части курсовой работы необходимо изложить сущность выбранного метода исследования, его основные положения.

Во втором разделе курсовой работы должно быть изложено применение выбранного метода исследования явлений и процессов в техносфере на конкретном примере. При применении метода экспертных оценок определяют степень согласованности мнений экспертов по изучаемой проблеме, для чего рассчитывают коэффициент конкордации W по формуле

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3-n)} = \frac{12 \left[\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right)^2 \right]}{m^2(n^3-n)}, \quad (1)$$

где S – сумма квадратов отклонений;

m – число экспертов;

n – числа учитываемых факторов;

x_{ij} – ранг, присвоенный i -му фактору j -м экспертом.

При малом числе оцениваемых факторов ($n \leq 7$) достаточность согласованности мнений экспертов оценивают по неравенству $W \geq W_{кр}(m, n)$, где $W_{кр}(m, n)$ – критические значения коэффициента конкордации, определяемые по специальной таблице в зависимости от числа экспертов m и числа учитываемых факторов n – см. таблицу 1 в Приложении Б.

Если число учитываемых факторов $n > 7$, то для оценки согласованности мнений экспертов можно использовать статистический критерий λ^2 , который вычисляется по формуле

$$\lambda^2 = m(n-1) \cdot W. \quad (2)$$

Мнения экспертов признаются согласованными, если $\lambda^2 > \lambda_{0,05}^2$, где $\lambda_{0,05}^2$ – табличное значение статистического критерия при 5 %-м уровне значимости, определяемое по таблице 2 в приложении Б.

При применении методов математического программирования необходимо помнить, что требуется сформулировать целевую функцию и систему ограничений (равенства и неравенства). В ЛП, исходя из удобства решения задач, ограничения-неравенства превращают в равенства, вводя дополнительные неотрицательные переменные – по одной на каждое ограничение – неравенство. Эти дополнительные переменные называют нежесткими (или условными) и обозначают S_1, S_2, \dots, S_m . Если же некоторые из ограничений уже являются равенствами, то соответствующие нежесткие переменные равны нулю.

Таким образом, задача ЛП формально имеет вид:

максимизировать (или минимизировать)

$$f = \sum_{i=1}^n q_i x_i$$

при ограничениях (3)

$$\sum_{i=1}^n q_{ij} x_i + S_j = b_j;$$

$$x_i \geq 0;$$

$$S_j \geq 0.$$

где x_i - i -я управляемая переменная ($i = 1, 2, \dots, n$);

$j = 1, 2, \dots, m$ - число ограничений.

Геометрическое программирование решает задачи минимизаций функций следующего вида:

$$y(q_i, g_j) = \sum_{i=1}^n q_i \prod_{j=1}^m g_j^{a_{ij}}, \quad (4)$$

где $q_i > 0, g_j > 0$;

a_{ij} - действительные показатели степеней ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$).

Функции (4) получили название позиномов (положительных полиномов), положительные коэффициенты q_i называются коэффициентами позиномов, n – число слагаемых, m – число переменных, g – искомые переменные.

На область допустимых значений g_j могут быть наложены ограничения, по которым значения некоторых других позиномов не должны превосходить единицы.

Таким образом, в наиболее общем виде задача геометрического программирования состоит в определении вектора \vec{g}^* , минимизирующего функцию

$$y_0(q_i, g_j) = \sum_{i=1}^n q_i \prod_{j=1}^m g_j^{a_{ij}}, \quad (5)$$

при $(\mu + m)$ ограничениях (6), (7), где μ - число позиномов в ограничениях задачи, m – число искоемых управляемых переменных, на которые накладывается условие неотрицательности:

$$y_\gamma(q_i, g_j) = \sum_{i \in J[\gamma]} q_i \prod_{j=1}^m g_j^{a_{ij}} \leq 1; \quad (6)$$

$$J[\gamma] = 1, 2, \dots, \mu;$$

$$g_j > 0, \text{ для } j = 1, 2, \dots, m. \quad (7)$$

Кроме того, должны соблюдаться ограничения:

$$q_i > 0, \text{ для } i = 1, 2, \dots, n;$$

a_{ij} - действительные числа для $i = 1, 2, \dots, n_0; n_0 + 1, n; j = 1, 2, \dots, m$ (n_0 - число слагаемых целевой функции).

Статистические методы проверки гипотез находят применение в техно-сферной безопасности. Их достаточно часто применяют при необходимости

сравнения средних значений величин по выборкам малого объема (менее 30 наблюдений). При этом генеральные дисперсии сравниваемых величин неизвестны. Поэтому на первом этапе нужно проверить гипотезу о равенстве генеральных дисперсий. Для этого по имеющимся значениям малой выборки вычисляют исправленные выборочные дисперсии S_1^2 и S_2^2 сравниваемых величин по формуле

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n - 1, \quad (8)$$

где n – объем выборки;

x_i – наблюдаемые значения сравниваемых величин;

\bar{x} – среднее арифметическое значение.

После этого находят F-отношение, то есть, отношение большей S_0^2 исправленной выборочной дисперсии к меньшей S_M^2 :

$$F = S_0^2 / S_M^2. \quad (9)$$

Полученное F-отношение (F_n) сравнивают с критической точкой F-отношения ($F_{кр}$), которую находят по таблице 3 Приложения. Если $F_n < F_{кр}$, то нулевая гипотеза о равенстве исправленных выборочных дисперсий принимается и делается вывод о равенстве генеральных дисперсий сравниваемых величин. В этом случае для установления значимости различий выборочных средних значений сравниваемых величин вычисляют T-критерий (T_n) по формуле

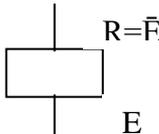
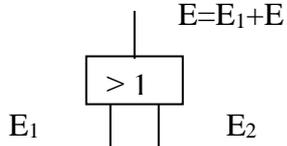
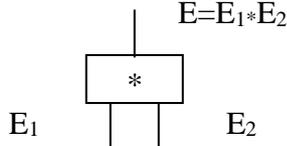
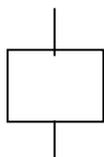
$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}. \quad (10)$$

Полученное значение T_n сравнивают со значением критической точки $T_{кр}$, которую определяют по таблице 4 Приложения. Если $T_n < T_{кр}$, то справедлива нулевая гипотеза о равенстве, то есть, отсутствии значимых различий в средних значениях сравниваемых величин. Если $T_n > T_{кр}$, то нулевая гипотеза отвергается и принимается конкурирующая, заключающаяся в наличии значимых различий сравниваемых величин.

Как отмечалось выше, при анализе опасностей с помощью дерева причин потенциального ЧП строят ориентированный граф, который является деревом. При построении дерева можно использовать символы, представленные в таблице 1. В случае анализе опасностей с помощью дерева последствий потенциального ЧП задается потенциальное чепе – инициатор, и исследуют всю группу

событий – последствий, к которым оно может привести. Для построения дерева последствий можно использовать символы, представленные в таблице 2.

Таблица 1 – Символы для построения дерева причин потенциального ЧП

№ п/п	Элемент и его символ	Комментарий
1	Вход 	Элемент «вход» обозначает соответствующее ЧП
2	Элемент НЕ 	Элемент «НЕ» обозначает ненаступление события
3	Элемент ИЛИ 	Элемент ИЛИ может иметь любое число входов (показано два). ЧП E наступает при появлении хотя бы одного из событий E _i . Для получения логической формулы чепе обозначают +
4	Элемент И 	Элемент И может иметь любое число входов (показано два). ЧП E наступает при появлении всех событий E _i . Для получения логической формулы чепе обозначают *
5	Ремарка 	Элемент служит для описания входа, выхода, логических связей

При использовании метода потенциальных отклонений создают с помощью ключевых слов (таблица 3) отклонения, систематично изучают их потенциальные причины и те последствия, к которым они могут привести на практике.

Причинно-следственный анализ выявляет причины происшедшего ЧП. В этом случае целесообразно построить ориентированный граф – дерево причин. Построение начинают с последней стадии развития событий, а именно, с ЧП-несчастья. При этом выявляют логические связи, представленные в таблице 4.

Таблица 2 – Символы для построения дерева последствий потенциального чепе

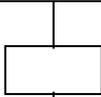
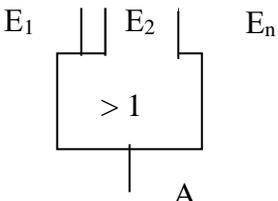
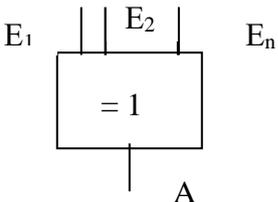
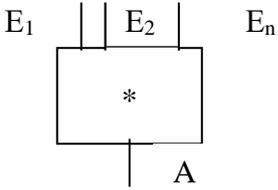
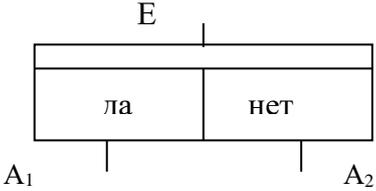
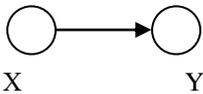
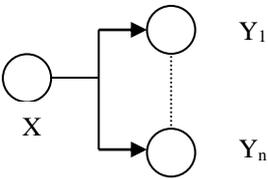
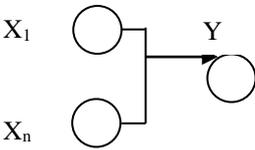
№ п/п	Символ	Комментарий
1		Запись чепе
2		Задержка во времени
3		Элемент для не исключающих друг друга чепе (ИЛИ). ЧП А происходит, когда происходит одно чепе или больше из совокупности E_1, E_2, \dots, E_n
4		Элемент для взаимно исключающих друг друга чепе. ЧП А происходит, когда происходит одно и только одно чепе из совокупности E_1, E_2, \dots, E_n
5		Элемент И. ЧП А происходит, если имеют место все чепе E_1, E_2, \dots, E_n
6		Разветвление простое: если наступит событие A_1 , то ЧП Е произойдет; если наступит событие A_2 , то чепе Е не произойдет

Таблица 3 – Ключевые слова

Ключевые слова	Их значение (смысл)
НЕ или НЕТ	Полное отрицание предназначения используемого объекта или какой-либо его функции
ЕЩЕ БОЛЕЕ, ЕЩЕ МЕНЕЕ	Количественное увеличение или количественное уменьшение
НЕ ТОЛЬКО, НО ТАКЖЕ	Качественное увеличение
ЧАСТИЧНО (ОТЧАСТИ)	Качественное уменьшение
РЕВЕРС, ПЕРЕМЕНА НАПРАВЛЕНИЯ	Логическая противоположность предназначенной функции
ДРУГОЙ ЧЕМ	Полная замена предназначения исследуемого объекта

Таблица 4 – Логические связи причинно-следственного анализа

Действия	Последовательность	Разделение	Сочетание
Определение	Чепе Y имеет одну причину X	Чепе Y_1, Y_2, \dots, Y_n имеют одну причину X	Чепе Y имеет причины X_1, X_2, \dots, X_n
Представление			
Свойство	Чепе X необходимое и достаточное условие появления чепе Y	Чепе X является необходимым и достаточным условием для появления чепе Y_1, Y_2, \dots, Y_n	Только сочетание чепе X_1, X_2, \dots, X_n является необходимым и достаточным условием для появления чепе Y
Формула	$X \leftrightarrow Y$	$\prod_i^n Y_i \leftrightarrow X$	$X \leftrightarrow \prod_i^n X_i$

Заключение по курсовой работе должно содержать перечисление основных полученных результатов, краткие комментарии по ним, указание на возможность повышения уровня безопасности техносферы.

Написание курсовой работы осуществляется в соответствии с календарным графиком, согласно которому устанавливаются конкретные сроки выполнения, сдачи работы и ее защиты.

Изложение материала должно быть грамотным, логичным. Текст должен быть отредактирован. Не допускается сокращение слов, кроме общепринятой аббревиатуры.

Объем работы - не более 25 страниц печатного текста формата стандартного листа (A4). Оформление курсовой работы должно быть выполнено в соответствии с требованиями «ГОСТ 7.32 – 2017 Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления». Текст курсовой работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту отчета и равен 1,25 см. Цвет шрифта должен быть черным, размер шрифта – 12 - 14 пт, межстрочный интервал – 1,5. Страницы пояснительной записки следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Номер страницы проставляется в центре нижней части страницы без точки. Титульный

лист включают в общую нумерацию страниц пояснительной записки. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и расположенные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Заголовки разделов и подразделов следует начинать с абзацного отступа и размещать после порядкового номера, печатать с прописной буквы, полужирным шрифтом, не подчеркивать, без точки в конце. Каждый раздел начинают с новой страницы.

Иллюстрации (графики, схемы и т.п.) следует располагать в пояснительной записке непосредственно после текста, где они упоминаются впервые, или на следующей странице. На все иллюстрации должны быть даны ссылки. При ссылке необходимо писать слово "рисунок" и его номер. Иллюстрации, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией (например, Рисунок 1 – Схема прибора). Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой: Рисунок 2.1. При этом слово "Рисунок", его номер и, через тире, – наименование помещают после пояснительных данных и располагают в центре под рисунком без точки в конце.

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке следует печатать слово "таблица" с указанием ее номера. Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в следующем формате: Таблица Номер таблицы - Наименование таблицы. Наименование таблицы приводят с прописной буквы без точки в конце. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово "Таблица", ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова "Продолжение таблицы" и указывают номер таблицы. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела при большом объеме пояснительной записки. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой: Таблица 2.3. Таблицы слева, справа, сверху и снизу ограничивают линиями.

Формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они представлены в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициен-

та необходимо приводить с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова "где" без двоеточия с абзаца. Формулы следует располагать посередине строки и обозначать порядковой нумерацией в пределах всей пояснительной записки арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Одну формулу обозначают (1). Ссылки на порядковые номера формул приводятся в скобках: в формуле (1). Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой: (3.1).

В пояснительной записке рекомендуется приводить ссылки на использованные источники. При нумерации ссылок на документы приводится сплошная нумерация для всего текста в целом или для отдельных разделов. Порядковый номер ссылки (отсылки) приводят арабскими цифрами в квадратных скобках в конце текста ссылки. Порядковый номер библиографического описания источника в списке использованных источников соответствует номеру ссылки. Примеры оформления библиографических описаний различных источников приведены в приложении Д к ГОСТ 7.32 – 2017. Список литературы необходимо оформлять в соответствии с требованиями по библиографическому описанию произведений печати.

В тексте пояснительной записки на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте пояснительной записки. Каждое приложение следует размещать с новой страницы с указанием в центре верхней части страницы слова "ПРИЛОЖЕНИЕ". Приложение должно иметь заголовок, который записывают с прописной буквы, полужирным шрифтом, отдельной строкой по центру без точки в конце. Приложения обозначают прописными буквами кириллического алфавита, начиная с А. Все приложения должны быть перечислены в содержании отчета (при наличии) с указанием их обозначений, статуса и наименования.

3. Защита курсовой работы

Защита курсовой работы проводится в рамках проведения промежуточной аттестации в установленные преподавателем сроки согласно расписанию. Студент в течение 7-10 минут кратко характеризует: актуальность темы, цель работы, основное содержание работы, выводы и предложения по работе. По окончании доклада студенту задаются вопросы.

4. Критерии и нормы оценки курсовой работы

Критериями оценки курсовой работы являются:

- актуальность и степень разработанности темы;
- умение сформулировать цель и определить пути ее достижения;

- владение понятийным и терминологическим аппаратом;
- владение современными методами поиска и обработки информации;
- творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах;
- полнота охвата первоисточников и исследовательской литературы;
- научная обоснованность и аргументированность обобщений, выводов и рекомендаций;
- владение научным стилем речи, орфографическими и пунктуационными нормами;
- соблюдение всех требований к оформлению курсовой работы и сроков ее исполнения.

По результатам защиты курсовой работы выставляется экспертная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно»):

- оценка «отлично» – ответ полный, правильный, понимание материала глубокое, основные умения сформированы и устойчивы; изложение логично, доказательно, выводы и обобщения точны и связаны с областью будущей специальности;

- оценка «хорошо» – ответ удовлетворяет вышеназванным требованиям, но изложение недостаточно систематизировано, отдельные умения недостаточно устойчивы, в определении понятий, в выводах и обобщениях имеются неточности, легко исправимые с помощью дополнительных вопросов преподавателя;

- оценка «удовлетворительно» – ответ обнаруживает понимание основных положений излагаемого материала, однако наблюдается значительная неполнота знаний; определение понятий нечёткое, умения сформированы недостаточно, выводы и обобщения аргументированы слабо, в них допускаются ошибки;

- оценка «неудовлетворительно» – ответ неправильный, показывает незнание основного материала, грубые ошибки в определении понятий, неумение работать с источниками.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бородулина, С. А. Методы научных исследований: учебное пособие / С. А. Бородулина. – Санкт-Петербург: СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, 2025. – 80 с. – ISBN 978-5-907860-10-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/482660>.
2. Клячкин, В. Н. Статистические методы анализа данных: учебное пособие / В. Н. Клячкин, Ю. Е. Кувайскова, В. А. Алексеева. – Москва: Финансы и статистика, 2021. – 242 с. – ISBN 978-5-00184-057-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/179802>.
3. Минько, В. М. Методы научных исследований в техносферной безопасности: учебное пособие / В. М. Минько. – Калининград: КГТУ, 2014. – 97 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/359897>.
4. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Статистика, 1980. – 261 с.
5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие / В. Е. Гмурман. – 12-е изд., перераб. – Москва: Высшее образование, 2007. – 478 с.
6. Минько, В.М. Математическое моделирование в охране труда / В.М. Минько. – Калининград: изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 248 с.
7. Гельруд, Я. Д. Теория ошибок и математическая обработка результатов экспертных исследований: учебное пособие / Я. Д. Гельруд. – Челябинск: ЮУрГУ, 2019. – 55 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/146049>.
8. Белов, П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование: в 2 т. / П.Г. Белов. – Москва: Юрайт, 2018. – Т. 1. – 460 с.
9. Алексеева, Н. И. Методология и методы научных исследований: учебник / Н. И. Алексеева. П.Г. Белов. – Донецк: ДонНУЭТ им. Туган-Барановского, 2020. – 356 с.
10. Дмитриенко, Г. В. Методология и методы научных исследований: учебное пособие / Г. В. Дмитриенко, Д. В. Мухин. – Ульяновск: УлГТУ, 2021. – 225 с.
11. Клячкин, В. Н. Статистические методы анализа данных: учебное пособие / В. Н. Клячкин, Ю. Е. Кувайскова, В. А. Алексеева. – Москва: Финансы и статистика, 2021. – 242 с.
12. Методы обработки экспериментальных данных: учебное пособие / С. А. Гордин, А. А. Соснин, И. В. Зайченко, В. Д. Бердоносков. – Комсомольск-на-Амуре: КНАГУ, 2022. – 75 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Титульный лист пояснительной записки курсовой работы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра техносферной безопасности и природообустройства

Курсовая работа допущена
к защите
Руководитель курсовой работы
_____ Н.А. Евдокимова
__ _____ 20__

Курсовая работа защищена
с оценкой _____
Руководитель курсовой работы
_____ Н.А. Евдокимова
__ _____ 20__

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Методы исследования процессов и явлений в техносфере»

1-й семестр

Пояснительная записка

КР 20.04.01

ТЕМА: _____

Нормоконтролер

(подпись) (и.о., фамилия)

Курсовой проект выполнил
студент группы ____-ТБ/м

(подпись) (и.о., фамилия)

Калининград
20__

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Справочные таблицы

Таблица 1 – Критические значения коэффициента конкордации $W_{кр}$ (m, n) при уровне значимости 0,05

Число экспертов, m	Число оцениваемых факторов, n				
	3	4	5	6	7
3	0,89	0,81	0,72	0,66	0,62
4	0,83	0,62	0,55	0,51	0,49
5	0,63	0,59	0,45	0,42	0,40
6	0,57	0,42	0,38	0,35	0,33
8	0,38	0,32	0,29	0,27	0,25
10	0,30	0,26	0,23	0,22	0,20
16	0,20	0,17	0,16	0,15	0,14

Таблица 2 – Табличные значения статистического критерия $\lambda_{0,05}^2$

Степень свободы $n-1$	$\lambda_{0,05}^2$	Степень свободы $n-1$	$\lambda_{0,05}^2$
7	14,1	15	25,0
8	15,5	16	26,3
9	16,9	17	27,6
10	18,3	18	28,9
11	19,7	19	30,1
12	21,0	20	31,4
13	22,4	21	32,7
14	23,7	22	33,9

Таблица 3 – Критические точки F -критерия при уровне значимости $\alpha = 0,05$

k_2	k_1					
	3	4	5	6	7	8
3	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84
4	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04
5	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82
6	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15
7	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73
8	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44
9	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23
10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07
11	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95

Таблица 4 – Критические точки t -распределения Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 0,05$

Число степеней свободы k	$T_{кр}$	Число степеней свободы k	$T_{кр}$
3	2,31	10	1,81
4	2,13	11	1,80
5	2,01	12	1,78
6	1,94	13	1,77
7	1,89	14	1,76
8	1,86	15	1,765
9	1,83	16	1,75

Локальный электронный методический материал

Евдокимова Наталья Анатольевна

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ
В ТЕХНОСФЕРЕ**

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,5.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1