

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

В.М. Минько, Н. А. Евдокимова

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Калининград
2024

УДК 658.382.3

Рецензент

кандидат военных наук, доцент кафедры техносферной безопасности
и природообустройства ФГБОУ ВО «КГТУ» Л.М. Стригун

Минько, В. М. Теория и методы техносферной безопасности: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.01 Техносферная безопасность / **В.М. Минько, Н.А. Евдокимова.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 28 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Теория и методы техносферной безопасности» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробные методические указания по каждой изучаемой теме, методические указания по выполнению самостоятельной работы по дисциплине, вопросы для самоконтроля, а также список рекомендуемых источников.

Список лит. – 11 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 28 августа 2024 г., протокол № 6

УДК 658.382.3

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2024 г.
© Минько В.М., Евдокимова Н.А., 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Методические указания по изучению тематического плана дисциплины .	7
2. Методические указания по подготовке и сдаче экзамена.....	16
3. Методические указания по выполнению самостоятельной работы по дисциплине и вопросы для самоконтроля	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	26
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	27

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (для очной форм обучения) по дисциплине «Теория и методы техносферной безопасности», входящей в Блок 1. Дисциплины (модули). Обязательная часть. Модуль направления.

Целью освоения дисциплины является формирование теоретических знаний и методов, применяемых в техносферной безопасности, формирование основных понятий, методов и приемов построения математических моделей практических задач в области обеспечения техносферной безопасности.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- теоретические методы, используемые в области техносферной безопасности, методы анализа статических данных по травматизму и заболеваемости;
- порядок идентификации опасностей и их источников, общие технические и организационные основы обеспечения безопасности процессов в техносфере;
- основы математического моделирования задач в области обеспечения общих требований безопасности и охраны труда при эксплуатации основных производственных объектов и технологических процессов;
- государственные требования в области безопасности труда и техносферной безопасности; теоретические методы и технические средства для достижения уровня государственных требований безопасности.

уметь:

- использовать теоретические знания и методы для решения задач в области техносферной безопасности;
- планировать, определять и осуществлять необходимые мероприятия по повышению безопасности и снижению профессионального риска до допустимого уровня на основе учета действующих нормативных требований;
- определять наиболее приемлемые методы обеспечения техносферной безопасности, провести экспертизу их ожидаемой эффективности с учетом конкретных условий применения.

владеть:

- навыками идентификации опасностей, оценки возможного повреждающего воздействия, применения современных методов и средств обеспечения и повышения уровня техносферной безопасности;
- навыками обеспечения и повышения уровня безопасности с учетом значений конкретных выявленных опасных и вредных производственных факторов, навыками проведения расчетов по выбранным теоретическим методам для решения задач повышения уровня безопасности, исключения имеющихся профессиональных рисков.

При изучении дисциплины используются компетенции, базовые знания, умения и навыки, полученные в процессе освоения следующих дисциплин образовательной программы бакалавриата: «Промышленная и радиационная безопасность», «Информатика и основы программирования».

Студенты, приступающие к изучению данной дисциплины, для успешного ее освоения должны иметь представления о технологии моделирования.

Дисциплина «Теория и методы техносферной безопасности» формирует компетенции, используемые студентами в дальнейшей профессиональной деятельности, а также является базой при изучении таких дисциплин как «Надежность технических систем и техногенный риск», «Системы управления охраной труда», «Производственная безопасность», «Защита в чрезвычайных ситуациях», при выполнении выпускной квалификационной работы.

Текущий контроль осуществляется после рассмотрения на лекциях соответствующих тем в форме тестовых заданий по отдельным темам.

Оценивание осуществляется по следующим критериям:

«Отлично» – 90-100 % правильных ответов в тесте;

«Хорошо» – 70-90 % правильных ответов в тесте;

«Удовлетворительно» – 50-70 % правильных ответов в тесте;

«Неудовлетворительно» – менее 50 % правильных ответов в тесте.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К оценочным средствам для промежуточной аттестации в форме экзамена относятся экзаменационные вопросы.

К экзамену допускаются студенты, положительно аттестованные по результатам тестирования, прошедшие полностью предусмотренный учебным планом лабораторный практикум.

Итоговая оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно») является экспертной и зависит от уровня освоения студентом тем дисциплины (наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на экзаменационные вопросы).

- 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 неполно-

та 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. Ставится также при отказе студента отвечать по билету.

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 освоения дисциплины; место дисциплины в структуре ОПОП ВО; виды текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки (отметки); форма проведения промежуточной аттестации; условия выставления зачета;

основной части, которая содержит методические указания по изучению тематического плана дисциплины, методические указания по выполнению самостоятельной работы по дисциплине;

заключения;

списка рекомендуемых источников.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ДИСЦИПЛИНЫ

Общие указания

В ходе изучения дисциплины студенты должны обращать внимание на следующие обстоятельства:

- 1) знание теории и математических методов научных исследований позволяет решать самые различные задачи обеспечения безопасности; по существу выбор этих методов определяется формой математической модели задач;
- 2) необходимо стремиться к практическому освоению имеющихся методов; рекомендуется самостоятельно составить какие-либо задачи с последующим их исследованием;
- 3) с учетом профиля подготовки рекомендуется обращать особое внимание на задачи в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности.

Тема 1. Введение. Теоретические основы и общая характеристика методов обеспечения техносферной безопасности

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Известно, что теория – это наиболее развитая форма организации научного знания, дающая целостное представление о закономерностях развития и управления в какой-либо области. Обеспечение техносферной безопасности, безусловно, возможно только при наличии и использовании прочного научного фундамента. Этот фундамент создается развитием научного знания – теории.

В ходе изучения темы рекомендуется обратить внимание на определение таких терминов как наука, гипотеза, проблема, метод, объект.

Техносферная безопасность, как это следует из имеющихся теоретических представлений, обеспечивается при последовательном использовании трех действий:

- 1) идентификация (своевременное выявление еще на стадии проектирования) опасных и вредных производственных факторов, в более общем понимании – опасностей;
- 2) определение их возможных значений, то есть возможного масштаба повреждающего действия; по существу – это оценка возможного риска;
- 3) разработка предусмотрительно-профилактических мероприятий, которые должны использоваться уже на этапе проектирования оборудования и производственных процессов. Эти мероприятия могут быть как техническими, учитывая, что техносферная безопасность должна обеспечиваться и на стадии эксплуатации.

Теория должна учитывать имеющиеся, а иногда разрабатывать новые методы решения ставящихся задач. Классические примеры из XX века – создание

динамического и полиномиального (геометрического) программирования. Непосредственного к техносферной безопасности относится разработка метода оценки профессиональных рисков на основе степенного психофизического закона.

Рекомендуется составить перечень реально используемых методов решения различных задач из области техносферной безопасности, указать содержание решаемых с их помощью задач, привести общие сведения по этим методам.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать учебные пособия:

1. Минько В.М. Методы научных исследований в техносферной безопасности: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 97 с.
2. Минько В.М. Математическое моделирование в техносферной безопасности: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 248 с.
3. Минько В.М. Математическое моделирование в техносферной безопасности: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 130 с.
4. Тулаев Б.Р. Методология научных исследований / Б.Р. Тулаев. – Ташкент: 2020. – 199 с.
5. Герасимов Б.И. Основы научных исследований / Б.И. Герасимов, В.В. Дробышева, Е.В. Нижегородов, Г.И. Терехова. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
6. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическом моделированием / А.Б. Горстко. – Москва: Знание, 1991. – 160 с.

Тема 2. Количественные показатели уровня техносферной безопасности и рисков

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Знания количественных показателей безопасности и рисков необходимы для оценки сложившегося положения в области техносферной безопасности и степени срочности предупредительно-профилактических мер. К обобщенным показателям состояния техносферы можно отнести частоту и силу землетрясений, извержений вулканов, наводнений, засух, характеристики воздушной среды в крупных городах. Непосредственно к производственной деятельности относятся такие показатели, как повреждающая способность производственной среды, вероятность безопасной работы, комплекс показателей, характеризующих условия труда, уровень производственного травматизма и заболеваемости работников.

Студентам рекомендуется выписать формулы, по которым определяются указанные значения, изучить эти значения в динамике по Российской Федерации отдельным зарубежным странам.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать источники [2], [3] к теме 1.

Тема 3. Основы проектирования безопасных технологий и безопасного ведения работ

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Проектирование безопасных технологий в значительной мере основывается на знании модели (механизма) возникновения несчастного случая. Несчастный случай становится возможным при пересечении во времени и пространстве четырех событий: появление травмоопасной ситуации, нахождение работника в опасной зоне, попадание травмирующего фактора, отказ или неиспользование средств защиты. Вероятность этих событий выражаются через технико-технологические характеристики проектируемой или уже используемой технологии.

Обратите внимание на порядок расчета потенциального риска применительно к технологическому процессу, если известны число операций, из которых он состоит, число действий в каждой операции и риск, относящийся к действию.

Студентам рекомендуется обратить внимание на методики, отдельные выражения, используемые для расчета значений указанных вероятностей. В конечном итоге проектные решения должны обеспечивать минимальные расчетные значения рисков, не превышающие предельно допустимые. Примеры применения изложенного подхода применительно к технологиям промышленного рыболовства приведен в источнике [2] к теме 1.

Минимизация рисков несчастных случаев через воздействие на ведущие к ним события может использоваться и на стадии эксплуатации конкретных технологий и оборудования. Студентам рекомендуется самостоятельно продумать мероприятия, которые обеспечивают минимизацию нахождения в опасной зоне, попадания травмирующего фактора.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать источники [1], [2], [5], [6] к теме 1.

Тема 4. Геометрическое программирование и его применение в техносферной безопасности

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Геометрическое (полиномиальное) программирование (ГП) – один из современных методов нелинейного математического программирования. Может использоваться в задачах проектирования по критерию минимизации риска, оптимального распределения ресурсов на устранение выявленных опасных и вредных производственных факторов, проектирования систем управления охраной труда. Основные положения ГП достаточно подробно изложены в третьем разделе источника [1] к теме 1 и в подразделах 3.3.2 и 4.8 источника [2] к той же теме.

Нужно обратить внимание на формулировки прямой программы ГП и переход от этой программы к двойственной, которая имеет линейные ограничения и, соответственно, обеспечивается более простое решение. А из этого решения определяется оптимальные значения управляемых переменных прямой программы.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать источники [1], [2] к теме 1, а также монографию: Даффин Р. Геометрическое программирование: пер. с англ. / Р. Даффин, Э. Питерсон, К. Зенер. – М.: Мир, 1972. – 380 с.

Тема 5. Методы анализа статистических данных по показателям техносферной безопасности

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

В настоящее время используются:

- топографический метод;
- операционный метод;
- групповой метод;
- метод статистических контрольных карт;
- метод изучения динамики показаний техносферной безопасности.

Нужно иметь в виду, что для получения убедительных выводов в базе данных должно быть 73-75 или более данных, например, о прошедших несчастных случаях, пожарах, авариях.

Студентам рекомендуется изучить перечисленные выше методы, построить статистическую контрольную карту, по которой оценивают эффективность управления охраной труда. Рекомендуется также путем расчета соответствующим

щего коэффициента оценить динамику показателей техносферной безопасности – в «плюс» или на «минус» складывается ситуация в организации.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать источники [1], [2] к теме 1.

Тема 6. Методы экспертных оценок и их использование в исследованиях по техносферной безопасности

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

В техносферной безопасности методы экспертных оценок важны в связи с тем, что многие имеющиеся проблемы в этой области не решаются с помощью формул, например, обеспечение полноты расследований и учета всех несчастных случаев. В этих случаях целесообразно привлечение экспертов. Студентам рекомендуется составить перечень проблемных задач в области техносферной безопасности, для решения которых могут использоваться указанные методы. Однако студенты должны учитывать, что любое экспертное исследование должно готовиться, мнения экспертов должны обрабатываться и только при наличии согласованного мнения результаты экспертного исследования могут использоваться для практических выводов.

Для изучения темы рекомендуется использовать источник [1] к теме 1, а также для более углубленного изучения использовать монографию: Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

Тема 7. Методы статистической проверки гипотез и их применение в исследованиях по техносферной безопасности

Форма проведения занятия – лекция.

Методические указания

Методы статистической проверки гипотез используется, в частности, для выяснения наличия статистически значимых различий между средними значениями, например, частоты несчастных случаев на разных предприятиях, в разных регионах. Может исследоваться аварийность на опасных производственных объектах. Следует учитывать, что при этом оперируют обычно выборкам малого объема. Поэтому прежде чем сравнивать средние значения нужно проверить гипотезу о равенстве генеральных дисперсий по критерию Фишера-Снедекора.

В ходе работы над темой рекомендуется использовать источники [1], [2] к теме 1.

Тема 8. Динамическое программирование как метод решения некоторых задач техносферной безопасности

Форма занятий – лекция.

Методические указания

Динамическое программирование – новейший математический метод, который используется и при решении некоторых сложных задач, связанных с обеспечением техносферной безопасности. Рекомендуется ознакомиться с этим методом, используя источники [1], [2] к теме 1, а также монографии: Катулев А.Н. Исследование операции: принципы принятия решений и обеспечение безопасности. – М.: Физико-математическая литература, 2000. – 320 с.; Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методологии. – М.: Наука, 1980. – 208 с.

Динамическое программирование, как метод решения некоторых практических задач в области техносферной безопасности, рекомендуется изучить, обращаясь к конкретным задачам, которые уже решены с использованием этого метода. Имеется в виду, в частности, задачи снижения травмоопасности на производстве. При этом принцип оптимальности, важный для понимания существа метода, формируется следующим образом: каким бы ни было направление повышения безопасности для последующих операций выбирается так, чтобы ожидаемое уменьшение количества несчастных случаев при рассматриваемой производственной операции, сложенное с ожидаемым уменьшением на предыдущих операциях было бы минимальным. В приведенном определении направление, путь обозначают конкретные мероприятия, которые могут относиться не только к снижению травматизма, но и к другим задачам. Может изменяться только их содержание.

Для изучения темы рекомендуются источники [1], [2] к теме 1, а также указанные выше монографии.

Тема 9. Эргономические методы исследований и их практическое использование

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Эргономика представляет собой комплекс наук о труде. Имеется ряд стандартов, в которых приведены эргономические требования к рабочим местам сидя и стоя, общие эргономические требования к оборудованию. Учет эргономических требований в ходе проектирования позволяет существенно улучшить условия труда, повысить его безопасность. Поэтому изучение эргономических требований весьма важно, тем более, что реализация этих требова-

ний не представляет каких-либо затруднений в большинстве рассматриваемых инструкций.

Используйте источник [1] к теме 1, а также ГОСТ 12.2.032, ГОСТ 12.2.033.

Тема 10. Психофизические законы и их использование в исследованиях по техносферной безопасности

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Исследования показали, что в техносферной безопасности, оценке профессиональных рисков может быть использован степенной психофизический закон Стивенса. Именно на его основе выведены психофизические формулы для оценки риска применительно к повышенному шуму, вибрации, загазованности и другим факторам. Рекомендуется изучить порядок получения этих формул и освоить их практическое применение. Важно иметь в виду, что психофизические формулы позволяют получить оценки риска без обращения к результатам СОУТ.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать источники [1], [2] к теме 1.

Тема 11. Общие принципы математического моделирования в техносферной безопасности

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

В ходе изучения темы необходимо обратить особое внимание на классификацию математических моделей, физическое и математическое моделирование, основные требования к математическим моделям, на особенности линейных и нелинейных моделей, основные элементы математической модели, на общую последовательность действий при решении какой-либо задачи с использованием математического моделирования. Важное значение имеет обоснование критериев оптимальности при формировании математических моделей и области техносферной безопасности. При этом могут быть использованы показатели, характеризующие риски, связанные с травмиранием, характеризующие заболеваемость работников, дозу воздействия опасных и вредных факторов.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать источники [2], [3], [6] к теме 1.

Тема 12. Математические модели оценки состояния условий труда
Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

В ходе работы над темой необходимо изучить классификацию факторов условий труда, закономерности их перехода в опасные и вредные факторы. Рекомендуется составить перечень выражений для расчета коэффициента условий труда, а также интегральных показателей состояния условий труда. Состояние условий труда связано с уровнем риска профессионально обусловленных заболеваний работников. Сравните данные по этой заболеваемости с результатами расчетов показателей состояния условий труда.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать источники [2], [3], а также монографию: Минько В.М. Развитие управления охраной труда в России / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 191 с.

Тема 13. Математическая модель задачи проектирования вентиляционной системы

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Обратите внимание на критерий оптимальности в математической модели задачи проектирования вентиляционной системы, а также на систему ограничений, учитывающих требуемую производительность вентиляционной системы, а также ограничение по уровню шума при работе вентиляции. Важно отметить, что в модели учитываются составляющие общих затрат на изготовление и функционирование вентиляционной системы. В качестве метода исследования модели проектирования вентиляционной системы использовано геометрическое программирование, рассмотренное в теме 4.

В ходе работы над темой рекомендуется использовать источники [2], [3].

Тема 14. Математическая модель задачи проектирования съёмных грузозахватных приспособлений

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Обратите внимание на виды съёмных грузозахватных приспособлений. Канатные и цепные стропы, траверсы, особенности их устройства и области применения. Уясните основную цель оптимального проектирования СГП, что входит в математическую модель задачи, каковы управляемые и неуправляемые величины в модели.

В ходе работы над темой используйте источник [3] к теме 1.

Тема 15. Математическая модель планирования надзорно-контрольной деятельности

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Изучите исходные условия, используемые при распределении бюджета рабочего времени контролирующих лиц. Обратите внимание на то, какая часть бюджета рабочего времени контролирующих лиц подлежит распределению по подконтрольным объектам. Сформулируйте условный пример и выполните распределение рабочего времени специалиста по охране труда на проведение контроля состояния охраны в _ предприятия.

В ходе изучения темы используйте источники [2], [3] к теме 1.

Тема 16. Оптимизация внутрисменных режимов труда и отдыха работников

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Внутрисменные режимы труда и отдыха должны учитывать состояние условий труда: неблагоприятные значения показателей микроклимата, повышенные уровни шума, повышенные уровни вибрации, повышенные уровни электромагнитных излучений и другие неблагоприятные факторы. Изучите порядок расчетов по внутрисменным режимам труда и отдыха при работе в условиях действия различных неблагоприятных факторов, а также принимая во внимание одновременное действие к нескольким неблагоприятных факторов.

При работе над темой используйте источники [2], [3] к теме 1.

Тема 17. Нелинейная математическая модель распределения средств на цели снижения профессиональных рисков.

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Уровень профессионального риска складывается, как правило, под воздействием нескольких опасных или вредных факторов. Поэтому возникает проблема распределения выделенных средств на устранение отдельных факторов таким образом, чтобы общее снижение риска было максимальным. Рекомендуется изучить разработанную для этой цели нелинейную математическую модель, использовать для ее исследования геометрическое программирование или

другой из имеющихся методов нелинейного математического программирования.

При изучении темы рекомендуется использовать источник [3] к теме 1.

Тема 18. Простейшая модель эпидемий

Форма проведения занятий – лекция.

Методические указания

Рассматривается простейшая модель эпидемии, которая не учитывает ряд факторов, безусловно влияющих на развитие эпидемиологической ситуации – разная восприимчивость людей к инфекции, масштаб прививок, карантинные мероприятия. Учет причиненных факторов привел бы к существенному усложнению математической модели развития эпидемии.

В ходе работы над темой рекомендуется обратить внимание на все исходные факторы, учитываемые в простейшей модели эпидемии, а также на те факторы, от которых зависит момент времени, после которого скорость возрастания числа заболевших начинает снижаться.

При изучении темы используйте источник [3] к теме 1.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ И СДАЧЕ ЭКЗАМЕНА

Форма проведения экзамена – устная.

Вопросы к экзамену по дисциплине.

1. Понятия науки, теории, проблемы, метода, гипотезы техносферной безопасности.
2. Общая последовательность и содержание действий по обеспечению техносферной безопасности.
3. Общая характеристика методов обеспечения техносферной безопасности и решаемых с их использованием задач.
4. Количественные показатели, характеризующие уровень техносферной безопасности.
5. Исходные условия и общая методика проектирования безопасных технологий.
6. Формулировка прямой программы геометрического программирования и его использование в решении задач техносферной безопасности.
7. Двойственная программа геометрического программирования. Порядок определения базисных переменных.
8. Определение оптимальных значений прямых переменных при использовании метода геометрического программирования.
9. Общая характеристика методов анализа статистических данных по показателям техносферной безопасности.

10. Метод статистических контрольных карт и его применение в техносферной безопасности.
11. Метод изучения динамики показателей состояния техносферной безопасности.
12. Операционный метод анализа профессиональных рисков, связанных с производственным травматизмом.
13. Методы экспертных оценок и области их использования в техносферной безопасности.
14. Методы статистической проверки гипотез и их применение в задачах обеспечения техносферной безопасности.
15. Общая характеристика метода динамического программирования и примеры его применения в техносферной безопасности.
16. Эргономика и ее применение в задачах обеспечения техносферной безопасности.
17. Понятие психофизики как науки. Варианты записи степенного психофизического закона Стивенса.
18. Методика получения психофизических формул для оценки профессиональных рисков на основе закона Стивенса.
19. Понятие математической модели и моделирования. Их практическое значение.
20. Классификация математических моделей. Их структура.
21. Общие требования к математическим моделям и порядок их построения.
22. Примеры задач из области техносферной безопасности, исследуемых с использованием математических моделей.
23. Количественные показатели состояния условий труда. Особенности интегральных показателей условий труда.
24. Математическая модель повреждающей способности производственной среды.
25. Математическая модель риска возникновения несчастного случая.
26. Математическая модель задачи оптимального проектирования канатного многоветвевго съемного грузозахватного приспособления (СГП) без учета соединительных деталей.
27. Математическая модель задачи оптимального проектирования канатного многоветвевго СГП с учетом соединительных деталей.
28. Математическая модель задачи распределения бюджета рабочего времени контролирующего лица по подконтрольным организациям (подразделениям организации).
29. Математическая модель задачи оптимального проектирования вентиляционной системы. Целевая функция, неуправляемые и управляемые переменные.
30. Простейшая модель эпидемий. Ее отличие от реальной модели.

31. Математическая модель оптимального распределения средств на снижение профессиональных рисков.

32. Оптимизация внутрисменных режимов труда и отдыха работников при наличии вредных производственных факторов (на примере какого-либо одного фактора).

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Общие указания

«Теория и методы техносферной безопасности» – достаточно сложная дисциплина, для освоения которой необходимы знания математики, физики, безопасности жизнедеятельности охраны труда. В содержании дисциплины ведущая роль принадлежит моделям, относящимся к обеспечению безопасности. Знание этих моделей позволяет быстрее изучить содержание отдельных направлений обеспечения техносферной безопасности – производственной, пожарной, защиты населения и территорий в условиях чрезвычайных ситуаций. Своевременное выявление и устранение опасных и вредных факторов, минимизация их опасного и вредного действия – одна из важнейших задач специалистов по техносферной безопасности.

Осваивая курс «Теория и методы техносферной безопасности», студент должен научиться работать на лекциях, лабораторных занятиях и организовывать самостоятельную работу. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями. На лекциях рассматриваются теоретические вопросы дисциплины, контролируются результаты освоения учебного материала с помощью тестирования по окончании рассмотрения раздела.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям студенты должны использовать материалы лекций, литературу и нормативные документы, заранее указываемые преподавателем. Лабораторные занятия проводятся в форме исследования моделей с использованием ПЭВМ. Все исследованные модели в конце семестра предъявляются преподавателю. Ответы студентов по лабораторным работам оцениваются и учитываются при промежуточной аттестации по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов заключается также в повторении теоретического материала, подготовке к лабораторным занятиям, подготовке к тестированию и к экзамену по дисциплине.

Что касается повторения теоретического материала, то необходимо выделять на это время перед очередной лекцией, не допускать накопления материалов, по отношению к которым никакого повторения, самостоятельной работы не проводилось. Ни одну учебную дисциплину нельзя изучить наскоком, без систематической по ней работы, тем более по дисциплинам, относящимся к техносферной безопасности. Понимание содержания этих дисциплин требует от студента широкого кругозора, ознакомления с рядом смежных вопросов и мимходом, без систематической работы достичь этого нельзя.

При подготовке к лабораторным занятиям нужно ориентироваться на те задания, которые разработаны и приведены по каждой работе. Целесообразно в ходе подготовки делать соответствующие записи и попытаться вслух дать ответ на один-два поставленных вопроса. Подобная «репетиция» имеет большое практическое значение, обеспечивает чувство уверенности при выполнении работы.

При подготовке к проведению расчетов необходимо повторить соответствующий теоретический материал, относящийся к этим расчетам.

При подготовке к экзамену необходимо рассмотреть именно все вопросы. Если же имеется какой-либо резерв времени, то необходимо перейти к более детальному рассмотрению экзаменационных вопросов. Нельзя создавать ситуацию, при которой какой-либо вопрос остался полностью нерассмотренным.

Вопросы для самоконтроля

Тема 1. Теоретические основы и общая характеристика методов обеспечения техносферной безопасности

1. Что включается в понятия наука, теория, проблема, метод, техносферная безопасность?
2. Последовательность каких действий может быть связана с обеспечением техносферной безопасности?
3. Какие научные методы могут быть использованы и уже используются в задачах обеспечения техносферной безопасности?
4. Почему обеспечение безопасности должно предусматриваться уже на стадии проектирования объектов?
5. С помощью достижений какой науки должна обеспечиваться на стадии эксплуатации объектов?

Тема 2. Количественные показатели уровня техносферной безопасности и рисков

1. Назовите известные общие показатели качества техносферы.
2. Как оценивается частота и сила землетрясений?
3. Какими показателями характеризуется состояние производственного травматизма?
4. Какими показателями характеризуется уровень общей, профессионально обусловленной и профессиональной заболеваемости работников?
5. Какими показателями (коэффициентами) характеризуется состояние условий труда?
6. Почему для оценки условий труда и профессиональных рисков используется шестибальная медико-физиологическая классификация работ по их тяжести?
7. Как определяется масштаб риска?
8. Как определяется доза воздействия ОВПФ?
9. Как могут быть определены баллы профессионального риска? Какой физиологический смысл приписывается конкретным значениям этих баллов?

Тема 3. Основы проектирования безопасных технологий и безопасного ведения работ

1. В чем практическое значение знания модели несчастного случая при проектировании безопасных технологий?
2. Каково содержание модели несчастного случая?
3. Каковы могут быть причины появления травмоопасной ситуации, назовите возможные травмоопасные ситуации.
4. Как рассчитать вероятность травмоопасной ситуации, рассмотрите какой-либо конкретный пример.
5. Как рассчитывается вероятность нахождения работника в опасной зоне?
6. Как определяется вероятность попадания травмирующего фактора в кого-либо из участвующих в работе лиц?
7. Каков возможный порядок расчета потенциального риска несчастного случая?
8. Какие события, пересекающиеся во времени и в пространстве, создают возможность несчастного случая?
9. Как рассчитывается риск применительно к технологическому процессу, состоящему из m операций, каждое из которых включает n_i действий и известны уровни риска r_i , относящиеся к действию?

Тема 4. Геометрическое программирование и его применение в техносферной безопасности

1. Что собой представляет математическая модель в форме стандартной задачи геометрического программирования (ГП)?
2. Как определяется степень трудности задач ГП?
3. Как формируется двойственная программа ГП?
4. Как именуются ограничения в двойственной программе ГП?
5. Каков порядок определения оптимальных значений прямых переменных в задачах ГП?
6. Какие задачи из области техносферной безопасности могут быть решены с помощью ГП?

Тема 5. Методы анализа статистических данных по показателям техносферной безопасности

1. Назовите методы, которые могут быть использованы для анализа статистических данных по травматизму и заболеваемости работников?
2. В чем заключается суть топографического метода анализа, что он позволяет выявить?
3. Каков порядок использования операционного метода анализа травматизма?
4. Как строится статистическая контрольная карта производственного травматизма?
5. Как могут быть определены возрастные категории работников, более подверженных риску травмирования?

Тема 6. Методы экспертных оценок и их использование в исследованиях по техносферной безопасности

1. Для исследования каких проблемных ситуаций могут быть использованы методы экспертных оценок?
2. При каком числе ранжируемых, то есть анализируемых факторов, могут быть получены наиболее надежные результаты экспертных оценок?
3. Какой ранг присваивается наиболее значимому по мнению эксперта фактору, а какой – наименее значимому?
4. От чего зависят критические значения коэффициента α при числе оцениваемых факторов не более семи?
5. Какое условие должно соблюдаться для того чтобы признать мнения экспертов согласованными?

Тема 7. Методы статистической проверки гипотез и их применение в исследованиях по техносферной безопасности

1. Для исследования каких задач техносферной безопасности могут потребоваться методы статистической проверки гипотез?
2. Из скольких этапов состоит применение методы статистической проверки гипотез при оперировании с выборками малого объема?
3. Что понимается под ошибкой первого рода?
4. Сколько гипотез различают при использовании метода статистической проверки гипотез?
5. Какой критерий используют для проверки гипотезы и равенства генеральных дисперсий сравниваемых величин?
6. В каком случае можно принять гипотезу о равенстве математических ожиданий выборочных средних сравниваемых величин?

Тема 8. Динамическое программирование как метод решения некоторых задач техносферной безопасности

1. Какие задачи техносферной безопасности могут быть решены с помощью динамического программирования?
2. Дайте определение критерия оптимальности, используемого в динамическом программировании?
3. От чего зависит объем вычислений при использовании динамического программирования для разработки оптимальной программы снижения производственного травматизма?
4. Как находится оптимальное распределение средств на профилактику производственного травматизма по операции технологического процесса?

Тема 9. Эргономические методы исследований и их практическое использование

1. Приведите общее определение эргономики как науки.
2. В каких стандартах безопасности изложены эргономические требования?
3. Какие антропометрические характеристики человека учитывают эргономические требования?
4. В какой зоне моторного поля должны выполняться операции, относящиеся к очень часто выполняемым?

Тема 10. Психофизические законы и их использование в исследованиях по техносферной безопасности

1. Приведите определение науки, получившей название «психофизика».
2. Назовите наиболее известные психофизические законы.

3. В каких _ записывается степенной психофизический закон Стивенса?
4. Как получена психофизическая формула для оценки риска, вызываемого повышенным шумом?
5. Как получена психофизическая формула для оценки риска, обусловленного недостаточной освещенностью рабочих мест?

Тема 11. Общие принципы математического моделирования в техносферной безопасности

1. Что понимается под математической моделью?
2. Что входит в понятие «математическое моделирование»?
3. В чем отличие математического моделирования от предметного?
4. Что необходимо для формирования математической модели?
5. Каковы основные требования к математическим моделям?
6. Какие математические модели относят к структурным?
7. Какие виды математических моделей более распространены в техносферной безопасности?
8. Каковы особенности линейных и нелинейных математических моделей?
9. Почему применяется линеаризация нелинейных математических моделей?
10. Из каких элементов в общем случае состоит математическая модель?
11. Какова общая последовательность действий при решении какой-либо задачи с использованием математического моделирования?
12. Каковы реальные объекты исследования в техносферной безопасности, по которым могут быть получены решения с помощью математических моделей?
13. Что может относиться к неуправляемым переменным в математических моделях?
14. Каким требованиям должна соответствовать продуктивная математическая модель?
15. Какие показатели могут использоваться в качестве критериев оптимальности при формировании математических моделей в области техносферной безопасности?

Тема 12. Математические модели оценки состояния условий труда

1. Что понимается под условиями труда?
2. Запишите формулы для расчета коэффициента условий труда.
3. Каково будет значение коэффициента условий труда при $x_i = x_{\max}$?
4. Каково будет значение коэффициента условий труда при $x_i = 1$?

5. Если коэффициент условий труда равен 0,64, то каково будет значение риска профессионально обусловленных заболеваний?

6. Как определяются интегральные показатели состояния условий труда?

Тема 13. Математическая модель задачи проектирования вентиляционной системы

1. В чем состоит критерий оптимальности в математической модели задачи проектирования вентиляционной системы?

2. Как определяется производительность вентиляционной системы?

3. Из каких составляющих складываются общие затраты на изготовление и функционирование вентиляционной системы?

4. С помощью какого метода может исследоваться модель проектирования вентиляционной системы?

5. Каково содержание ограничений в математической модели проектирования вент. системы?

Тема 14. Математическая модель задачи проектирования съемных грузозахватных приспособлений

1. Что представляет собой грузовой строп?

2. Как определяется натяжение ветви грузового стропа?

3. Как изменяется натяжение ветви грузового стропа с увеличением угла между противоположными ветвями стропа?

4. Какой угол между противоположными ветвями стропа обеспечивает минимальный вес этого изделия?

5. Какой нормативный документ устанавливает требования к СГП?

6. Из чего складывается общий вес траверсы?

7. Как находится площадь поперечного сечения трубы или двутавра, из которых обычно изготавливается траверса?

8. Как влияет учет соединительных деталей (крюка, скобы) на значение оптимального угла между противоположными ветвями канатного грузового стропа?

Тема 15. Математическая модель планирования надзорно-контрольной деятельности

1. Какие показатели могут быть использованы при распределении бюджета рабочего времени контролирующих лиц?

2. Что учитывается при распределении бюджета времени контролирующих лиц по подконтрольным объектам?

3. Какая часть общего бюджета рабочего времени контролирующих лиц распределяется по подконтрольным объектам?

4. Какие конкретно лица осуществляют надзорно-контрольную деятельность в техносферной безопасности?

Тема 16. Оптимизация внутрисменных режимов труда и отдыха работников

1. Как определяется продолжительность одного периода отдыха при неблагоприятных температурных условиях?

2. Как рассчитывается допустимая температура воздуха в месте отдыха работников?

3. Как определяется допустимая доза шума?

4. Уровень шума составляет 86 дБА, продолжительность работы в условиях повышенного шума 6 ч. Какова будет полученная доза шумовой нагрузки?

5. Как определяется соотношение между периодами в условиях повышенного шума и периодами работы в условиях, безопасных по уровню шума?

6. Каким образом из условия соблюдения сменной допустимой дозы шума находится допустимый уровень шума в зоне с пониженным шумом?

7. Как определяется допустимая доза вибрационной нагрузки?

8. Как определяется допустимое время работы в условиях одновременного воздействия нескольких неблагоприятных (опасных и/или вредных) производственных факторов?

Тема 17. Нелинейная математическая модель распределения средств на цели снижения профессиональных рисков

1. Как записывается показатель риска в задаче распределения средств на его снижение?

2. Как определяются затраты на производственное освещение?

3. Запишите выражения для определения затрат на снижение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

4. Что собой представляет полученная математическая модель для оптимального распределения средств на цели снижения профессиональных рисков?

5. Исходя из особенностей модели, какой метод может быть использован для ее исследования?

Тема 18. Простейшая модель эпидемий

1. Почему изложенная модель эпидемии является простейшей?

2. От чего зависит число заболевших людей?

3. Как изменяется число больных с учетом времени протекания эпидемии?

4. До какого момента времени происходит возрастание числа заболевших при эпидемии?

5. С помощью каких известных мероприятий достигается снижение распространения эпидемии?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате освоения дисциплины «Теория и методы техносферной безопасности» у студента формируются знания и навыки для самостоятельной постановки соответствующих задач в области обеспечения техносферной безопасностью и их исследования и решения на основе математических методов.

Студент приобретает навыки формирования моделей оценки рисков, связанных с повреждающей способностью рабочей среды, с возникновением несчастных случаев, с проектированием технологических процессов по критерию минимизации рисков, с возникновением и развитием эпидемии.

В дисциплине рассматриваются, кроме общих вопросов, только те методы, которые могут использоваться в техносферной безопасности, и те, что уже использованы для решения каких-то задач в этой области. В этом состоит практическое знание дисциплины. Без использования строгих математических методов многие проблемы техносферной безопасности не могут быть исследованы и соответственно по ним не могут быть получены какие-либо приемлемые решения. Следует иметь в виду, что время, когда в техносферной безопасности можно было ограничиться только очевидными, не требующими серьезных обоснований решениями, уже прошло. Необходимо использование современных методов научных исследований, применение которых может обеспечить оптимальное решение возникающих проблем.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература:

1. Минько, В.М. Математическое моделирование в техносферной безопасности: учеб. пособие для студ., обуч. в бакалавриате по напр. подгот. 20.03.01 - Техносферная безопасность / В. М. Минько; рец.: Н. А. Евдокимова; ФГБОУ ВПО "КГТУ". – Калининград: КГТУ, 2015. – 130 с.

2. Минько В.М. Методы научных исследований в техносферной безопасности: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2014. – 97 с.

Дополнительная литература:

3. Минько, В.М. Математическое моделирование в охране труда: монография / В. М. Минько; ФГОУ ВПО "КГТУ". – Калининград: КГТУ, 2008. – 247 с.

4. Математическое моделирование в техносферной безопасности: учебно-методическое пособие / Л. А. Конопелько, В. В. Растоскуев, М. А. Кустикова [и др.]. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2018. — 65 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

5. Щукина, Н. В. Математическое моделирование: учебное пособие / Н. В. Щукина, Н. Д. Харитоновна. — Омск: Омский ГАУ, 2022. — 82 с. — ISBN 978-5-907507-69-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

6. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием / А.Б. Горстко. – М.: Знание, 1991. – 160 с.

7. Тулаев Б.Р. Методология научных исследований / Б.Р. Тулаев. – Ташкент: 2020. – 199 с.

8. Минько В.М. Численные методы в охране труда / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 200 с.

9. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – Москва: Статистика, 1980. – 263 с.

10. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методологии / Е.С. Вентцель. – Москва: Наука, 1980. – 208 с.

11. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В.М. Минько, И.Ж. Титаренко, Н.А. Евдокимова и др.; под общ.ред. В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 381 с.

Локальный электронный методический материал

Минько Виктор Михайлович
Евдокимова Наталья Анатольевна

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 2,1. Печ. л. 1,7.

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