



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе дисциплины)  
**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки

**20.03.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Профиль программы  
**«БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

Институт рыболовства и аквакультуры  
Кафедра техносферной безопасности и природообустройства

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенция-ми/индикаторами достижения компетенции
ПК-2: Способен использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач.	ПК-2.1: Использует законы и методы алгебры и геометрии, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, математического моделирования при решении профессиональных задач.	Математическое моделирование	<p><u>Знать</u>: основные понятия, методы и приемы математического моделирования применительно к прикладным задачам техносферной безопасности.</p> <p><u>Уметь</u>: формировать математические модели применительно к задачам охраны труда, защите в ЧС, применять математические методы для их анализа, строить оптимальные планы внедрения мероприятий, нормализующих рабочую среду и снижающих уровень травматизма на основе решения оптимизационных задач, использовать в целях моделирования программное обеспечение.</p> <p><u>Владеть</u>: навыками разработки математических моделей задач обеспечения техносферной безопасности и их исследования.</p>

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам;

2.3 Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости

Положительная оценка («зачтено») выставляется студенту, успешно выполнившему лабораторные работы и получившему положительную оценку по результатам тестирования (пункт 3.1).

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания по дисциплине включают 15 вопросов с 4-мя вариантами ответов на каждый из них (Приложение № 1).

Оценка определяется количеством допущенных ошибок при выборе студентом варианта ответа. Градация оценок:

- «отлично» - свыше 85 %;
- «хорошо» - более 75%, но не выше 85%;
- «удовлетворительно» - свыше 65%, но не более 75%.

3.2 В Приложении № 2 приведены типовые задания и контрольные вопросы по лабораторным работам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Лабораторные занятия по дисциплине проходят в форме выполнения конкретного задания, включающего проведение необходимых расчетов, построение графиков, изложение выводов.

Целью проведения лабораторных занятий является формирование умений и навыков по следующим направлениям деятельности: формирование математической модели, проведение расчетов, т.е. выполнение численных экспериментов на модели, построение графических зависимостей, обоснование выводов по каждой выполненной лабораторной работе.

Студент, самостоятельно выполнивший задание и продемонстрировавший знание материала по теме лабораторной работы получает по лабораторной работе оценку «зачтено».

### **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Промежуточная аттестация проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

Итоговая оценка «зачтено» выставляется при условии, если студент:

- прошел все предусмотренные учебным планом виды занятий;
- выполнил все предусмотренные учебным планом виды работ;
- выполнил и защитил лабораторные работы;
- прошел тестовые задания и получил положительную оценку.

## **5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Математическое моделирование» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль «Безопасность технологических процессов и производств».

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры техносферной безопасности и природообустройства 21.04.2022 г. (протокол № 8).

Заведующий кафедрой



В.М.Минько

Приложение № 1

Тестовые задания по дисциплине «Математическое моделирование»

**Вариант 1**

1. Определению «представляет собой увеличенную или уменьшенную (что чаще) копию реального объекта» соответствует следующий термин

- а) физическая модель
- б) аналоговая модель
- в) математическая модель
- г) копия

2. Определению «процесс формирования математических моделей» соответствует следующий термин

- а) физическое моделирование
- б) аналоговое моделирование
- в) математическое моделирование
- г) копирование

3. Вербальная (описательная) модель представляет собой

- а) аналитическое описание объекта
- б) математическое описание объекта
- в) словесное описание объекта
- г) изложение исходных данных

4. Модели, в которых отражается структура, составные части, устройство реального моделируемого объекта, называются

- а) функциональные
- б) структурные
- в) непрерывные
- г) линейные

5. Модели, которые дают любые значения искомым неизвестных величин на каком-то интервале, вытекающем из смысла решаемой задачи, называются

- а) функциональные
- б) структурные
- в) непрерывные
- г) дискретные

6. В общем случае математическая модель имеет следующие составляющие

- а) целевую функцию и системы ограничений
- б) исходные данные и целевую функцию
- в) системы ограничений
- г) исходные данные и системы ограничений

7. В математической модели целевую функцию, максимум или минимум которой требуется отыскать при учете заданных ограничений, называют

- а) система ограничений
- б) критерий оптимальности
- в) исходные данные
- г) физическая модель

8. По формуле  $K_ч = \frac{(НС)}{P} \cdot 1000$ , если  $P$  – численность работников, определяется следующий количественный показатель уровня производственного травматизма – коэффициент ...

- а) тяжести несчастных случаев
- б) частоты несчастных случаев
- в) частоты несчастных случаев со смертельным исходом
- г) обобщенных трудовых потерь

9. Выражение  $D=I \cdot T$ , где  $I$  – интенсивность воздействия ОВПФ, а  $T$  - продолжительность воздействия, позволяет получить

- а) риск
- б) дозу воздействия опасных и вредных производственных факторов
- в) коэффициент условий труда
- г) определяемое количество несчастных случаев

10. Если класс условий труда определен как 3.1., то балл профессионального риска будет

- а) два
- б) три
- в) четыре
- г) пять

11. Последовательность событий, приводящих к несчастному случаю:

а) нахождение человека в опасной зоне, появление травмоопасной ситуации, попадание (удар) травмирующего фактора, отказ средств защиты

б) попадание (удар) травмирующего фактора, отказ средств защиты, нахождение человека в опасной зоне, появление травмоопасной ситуации

в) появление травмоопасной ситуации, нахождение человека в опасной зоне, попадание (удар) травмирующего фактора, отказ средств защиты

г) появление травмоопасной ситуации, попадание (удар) травмирующего фактора, отказ средств защиты нахождение человека в опасной зоне,

12. Коэффициент условий труда отражает

а) уровень риска

б) степень соответствия условий труда нормативным требованиям

в) производительность труда

г) интегральный показатель работоспособности

13. В ограничениях математической модели задачи проектирования вентиляционной системы учитываются

а) масса вентиляционной установки и уровень вибрации

б) уровень вибрации

в) производительность вентиляционной системы и уровень шума

г) диаметр воздуховодов и уровень вибрации

14. При разработке распределения обязанностей должностных лиц организаций по безопасности труда может быть использована следующая модель

а) физическая

б) аналоговая

в) математическая

г) специальная информационная

15. Оценку риска в баллах для опасного и вредного производственного фактора можно снизить с помощью реализации следующего мероприятия – через ...

а) повышение работоспособности

б) вложение средств в соответствующие мероприятия

в) повышение производительности труда

г) обучение и инструктирование по охране труда

## Вариант 2

1. Определению «применяется для изучения явлений, имеющих различную физическую природу, но описываемых одними и теми же математическими соотношениями или логическими схемами» соответствует следующий термин

- а) физическое моделирование
  - б) аналоговое моделирование
  - в) математическое моделирование
  - г) копирование
2. Формула для расчета площади, объема фигуры представляет собой
- а) физическая модель
  - б) аналоговая модель
  - в) математическая модель
  - г) копия
3. Требование к математической модели, заключающееся в ее устойчивости относительно погрешностей в исходных данных, называется
- а) адекватность
  - б) функциональность
  - в) стохастичность
  - г) робастность
4. Модели, в которых отражается поведение, работа моделируемого объекта с учетом внешних воздействий, называются
- а) функциональные
  - б) структурные
  - в) непрерывные
  - г) линейные
5. Модели, которые являются формулировки различных задач линейного программирования, называются
- а) функциональные
  - б) структурные
  - в) линейные
  - г) дискретные
6. Определению «математическое выражение для величины, максимум или минимум которой предполагается определить в ходе исследования» соответствует следующий термин
- а) ограничение
  - б) математическая модель
  - в) целевая функция
  - г) физическая модель
7. Общую последовательность построения математической модели:

а) словесное описание объекта или процесса, определение цели, перевод содержательной (вербальной) модели в математическую форму, выбор метода исследования полученной математической модели, решение конкретных задач, проверка полученных результатов, внедрение полученных решений

б) выбор метода исследования полученной математической модели, определение цели, словесное описание объекта или процесса, перевод содержательной (вербальной) модели в математическую форму, решение конкретных задач, проверка полученных результатов, внедрение полученных решений

в) определение цели, словесное описание объекта или процесса, перевод содержательной (вербальной) модели в математическую форму, выбор метода исследования полученной математической модели, решение конкретных задач, проверка полученных результатов, внедрение полученных решений

г) перевод содержательной (вербальной) модели в математическую форму, определение цели, словесное описание объекта или процесса, выбор метода исследования полученной математической модели, решение конкретных задач, проверка полученных результатов, внедрение полученных решений

8. По формуле  $K_T = \frac{\sum D}{(НС)}$ , если  $\sum D$  - суммарное число дней временной нетрудоспособности, вызванных всеми несчастными случаями, определяется следующий количественный показатель уровня производственного травматизма - коэффициент ...

а) тяжести несчастных случаев

б) частоты несчастных случаев

в) частоты несчастных случаев со смертельным исходом

г) обобщенных трудовых потерь

9. Выражение  $I = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot N_{ij}$ , где  $m$  - число цехов (участков) на предприятии,  $n$  - число учитываемых опасных и вредных факторов в  $j$ -м цехе (участке),  $x_{ij}$  - балльная оценка профессионального риска для  $ij$ -го фактора рабочей среды, позволяет получить ...

а) риск

б) интенсивность воздействия опасных и вредных производственных факторов

в) коэффициент условий труда

г) определяемое количество несчастных случаев

10. Если класс условий труда определен как 3.2., то балл профессионального риска будет ...

- а) два
- б) три
- в) четыре
- г) пять

11. Первое обязательное событие, которое в сочетании с другими событиями, приводит к несчастному случаю.

- а) отказ средств защиты
- б) появление травмоопасной ситуации
- в) нахождение человека в опасной зоне
- г) попадание травмирующего фактора

12. Уровень риска  $R$  и коэффициент условий труда  $K$  связаны:  $R = \dots$

- а)  $1-K$
- б)  $K$
- в)  $1/K$
- г)  $\sqrt{K}$

13. Планирование контрольно-надзорной деятельности, контролирующего лица осуществляется, исходя из следующего годового бюджета рабочего времени: ... ч

- а) 2000
- б) 1000
- в) 4000
- г) 6000

14. Первый этап построения информационной модели, используемой при разработке распределения обязанностей должностных лиц организаций по безопасности труда - перечисление ...

а) всех лиц административно-управленческого персонала, имеющих отношение к управлению охраной труда

б) функций управления (обязанностей соответствующих лиц), обеспечивающих выполнение той или иной задачи

в) всех основных задач управления безопасностью (охраной) труда

г) перенос цифровых обозначений функций управления в нижнюю часть модели

15. Проблемы охраны труда в своей основе имеют следующие составляющие:

- а) социальную и экономическую
- б) моральную и экономическую
- в) социальную и моральную

г) социальную и политическую

### Вариант 3

1. Определению «формируется на языке математики и основывается на использовании различных математических методов» соответствует следующий термин ...

- а) физическая модель
- б) аналоговая модель
- в) математическая модель
- г) копия

2. Теоретический характер носит следующий процесс ...

- а) физическое моделирование
- б) аналоговое моделирование
- в) математическое моделирование
- г) копирование

3. Требование к математической модели, заключающееся в ее соответствии реальному процессу или объекту, называется ...

- а) адекватность
- б) функциональность
- в) стохастичность
- г) робастность

4. Модели, которые дают отдельные, например, целочисленные значения искомым неизвестных величин, называются ...

- а) функциональные
- б) структурные
- в) непрерывные
- г) дискретные

5. Модели, которые состоят из нелинейных функций, называются ...

- а) функциональные
- б) структурные
- в) нелинейные
- г) дискретные

6. Определению «система соотношений (равенств или неравенств), которые сужают область допустимых значений управляемых переменных, т.е. тех переменных, значения которых подлежат определению» соответствует следующий термин ...

- а) система ограничений

б) математическая модель

в) целевая функция

г) физическая модель

7. Определению «переменные, значения которых подлежат определению в ходе исследования модели» соответствует следующий термин

а) неуправляемые

б) простые

в) сложные

г) управляемые

8. По формуле  $K_{об} = K_{ч} \cdot K_{т} + K_{см} \cdot 6000$ , если  $K_{ч}$  - коэффициент частоты несчастных случаев,  $K_{т}$  - коэффициент тяжести несчастных случаев,  $K_{см}$  - коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом, 6000 - условные трудовые потери в днях, приходящихся на один несчастный случай со смертельным исходом, определяется следующий количественный показатель уровня производственного травматизма - коэффициент ...

а) тяжести несчастных случаев

б) частоты несчастных случаев

в) частоты несчастных случаев со смертельным исходом

г) обобщенных трудовых потерь

9. Для перевода классов условий труда в баллы профессионального риска? используется следующая балльная шкала

а) четырехбалльная

б) шестибалльная

в) девятибалльная

г) двенадцатибалльная

10. Если класс условий труда определен как 3.3., то балл профессионального риска будет

а) два

б) три

в) четыре

г) пять

11. Разрушение относится к следующему событию, ведущих к несчастному случаю

а) отказ средств защиты

б) появление травмоопасной ситуации

в) нахождение человека в опасной зоне

г) попадание травмирующего фактора

12. Целевой функцией математической модели задачи проектирования вентиляционной системы, является

а) общие затраты (на изготовление и функционирование системы вентиляции)

б) уровень шума

в) уровень вибрации

г) масса вентиляционной установки

13. планирование контрольно-надзорной деятельности основывается, исходя из учета следующих факторов

а) затрат времени  $t_{ij}$  на отдельные мероприятия контролирующего лица в течение определенного календарного периода времени

б) затрат времени  $t_{ij}$  на отдельные мероприятия и реального бюджета времени  $T$  контролирующего лица в течение определенного календарного периода времени

в) реального бюджета времени  $T$  контролирующего лица в течение определенного календарного периода времени

г) годового бюджета рабочего времени контролирующего лица

14. Всех лиц административно-управленческого персонала, имеющих отношение к управлению охраной труда, перечисляют в следующей части информационной модели, используемой при разработке распределения обязанностей должностных лиц организаций по безопасности труда

а) в центральной

б) в левой

в) в правой

г) в нижней

15. Простейшая модель эпидемий позволяет определить

а) число смертельных исходов в момент времени  $t$

б) скорость распространения эпидемии

в) число заболевших в момент времени  $t$

г) число выздоровевших в момент времени  $t$

Приложение № 2

Типовые задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

Лабораторная работа № 1: Расчет и анализ количественных показателей уровней профессиональных рисков.

Задание по лабораторной работе: Рассчитать и построить графики зависимостей вероятности  $k$  несчастных случаев  $P(k)$  в зависимости от исходных величин  $K_q$ ,  $N$  и  $t$ :  $K_q$  – коэффициент частоты несчастных случаев,  $N$  – число работников,  $t$  – продолжительность работы, лет. Повышающий коэффициент  $\beta$  принять равным единице. В расчетах принять  $t = 1; 5; 10; 15; 20; 25$  лет;  $K_q = 5,4$ ;  $N = 10; 50; 250$  чел. Выполнять вычисления и построить графики для  $k = 0$  (вероятность безопасной работы) и  $k = 1$ . Используйте следующую математическую модель

$$P(k) = \frac{\left(\frac{K_q}{1000} N t \beta\right)^k}{k!} e^{-\left(\frac{K_q}{1000} N t \beta\right)}.$$

Результаты расчетов сводятся в таблицы следующего вида

Таблица 1

Результаты расчетов для  $P(0)$

t, лет \ N	1	5	10	15	20	25
10						
50						
250						

Таблица 2

Результаты расчетов для  $P(1)$

t, лет	1	5	10	15	20	25
10						
50						
250						

По данным таблицы 1 и 2 постройте графики  $P(k) = f(t, N)$ , по которым необходимо сделать выводы, сформулировать практические рекомендации.

Контрольные вопросы:

1. Как влияет продолжительность работы  $t$  на вероятность несчастного случая?
2. В какой зависимости находится вероятность несчастного случая от количества работников  $N$  в организации? Какие выводы вытекают из этой зависимости?

3. Как влияют значения  $t$  и  $N$  на вероятность безопасной работы?
4. Каковы ваши рекомендации, исходя из выполненной работы, по обеспечению безопасности производственной деятельности?

Лабораторная работа № 2: Моделирование рисков профессионально обусловленных заболеваний.

Задание 1 по лабораторной работе: Определить уровень рисков  $r_t$  профессионально обусловленных заболеваний на рабочем месте, относящихся к одному году и к  $t$  годам на интервале (1;  $T=25$  лет) в зависимости от  $n$  – числа ОВПФ на рабочем месте, значений баллов риска  $X_i$  и продолжительности воздействия  $t$ . Использовать следующие модели:

$$r_t = 1 - \left[ \prod_{i=1}^n \frac{(X_{\max} + 1) - X_i}{X_{\max}} \right]^{t/T}, \quad (1)$$

$$r_t = 1 - \left[ \prod_{i=1}^n 0,2(X_{\max} - X_i) \right]^{t/T}, \quad (2)$$

Исходные данные

$n=3; X_1=4; X_2=2; X_3=3.$

$n=4; X_1=4; X_2=5; X_3=2; X_4=3.$

$t = 1; 5; 10; 15; 20; 25.$

Построить таблицы и графики по двум вариантам исходных данных с использованием (1) и (2).

Изложить выводы и предложения.

Задание 2 по лабораторной работе: Определить существующий риск профессионально обусловленных заболеваний работников в организации при следующих исходных данных:

$m = 5;$	$N_1 = 7;$	$N_2 = 4;$	$N_3 = 3;$	$N_4 = 10;$	$N_5 = 9$
$n_1 = 2;$	$n_2 = 3;$	$n_3 = 2;$	$n_4 = 5;$	$n_5 = 2;$	
$x_{11} = 2,5;$	$x_{12} = 4;$	$x_{13} = 3,5;$	$x_{14} = 4;$	$x_{15} = 2;$	
$x_{21} = 3;$	$x_{22} = 2;$	$x_{23} = 2;$	$x_{24} = 4,5;$	$x_{25} = 3;$	
	$x_{32} = 2,5;$		$x_{34} = 3;$		
			$x_{44} = 2,5;$		
			$x_{54} = 2.$		

Использовать следующую математическую модель (3)

$$K_6 = \frac{1}{1 - x_{\max}} \frac{\sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} \right) N_j}{\sum_{j=1}^m n_j N_j} - \frac{X_{\max}}{1 - X_{\max}}, \quad (3)$$

где  $K_6$  – обобщающий коэффициент безопасности;

$m$  - число рабочих мест в организации, на которых выявлены значимые физфакторы условий труда;

$n_i$  - число значимых факторов условий труда с оценками  $X_{ij}$  на  $j$ -м рабочем месте;

$N_j$  - число работников на  $j$ -м рабочем месте.

Для оценки риска использовать выражение

$$r = 1 - K_6 \quad (4)$$

При использовании модели (3) после упрощений получаем

$$r = \frac{1}{1 - X_{\max}} \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} \right) N_j}{\sum_{j=1}^m n_j N_j} \right), \quad (5)$$

Каково возможное число работников с отклонениями в состоянии здоровья при указанных характеристиках условий труда?

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под профессиональным риском?
2. Какие модели – (1) или (2) дают более объективные оценки риска и поэтому более предпочтительны?
3. Как влияет продолжительность работы  $t$  на уровень профессионально обусловленного риска?
4. Почему в расчетах риска используется установленная нормативная продолжительность трудового стажа  $T=25$  лет?
5. По каким основным направлениям может снижаться уровень профессионального риска в организации?

Лабораторная работа № 3: Моделирование риска возникновения несчастных случаев.

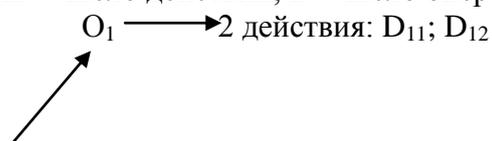
Техническое направление.

Задание по лабораторной работе: Определить риск возникновения несчастного случая, используя следующие модели и исходные данные

$$P_{ij}(D) = P_1 P_2 P_3 P_4;$$

$$P_1 = R(\text{ПТС}); P_2 = R(\text{НОЗ}); P_3 = R(\text{ПТФ}); P_4 = R(\text{ОСЗ});$$

$m$  – число действий;  $n$  – число операций.





$$P(O_1) = 1 - \prod_{i=1}^2 [1 - P_1(D_{ij})]; \quad P(ТП)_{ц} = 1 - \prod_{i=1}^4 [1 - P(O)];$$

$$P(O_2) = 1 - \prod_{i=1}^4 [1 - P_2(D_{ij})]; \quad P(ТП)_{г} = 1 - \prod [1 - P(ТП)_{ц}].$$

#### Исходные данные

Код операции	Код (номер) действия	Вероятность событий				P <sub>ij</sub> (D)
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	
1	D <sub>11</sub>	2·10 <sup>-5</sup>	0,15	0,045	2·10 <sup>-2</sup>	
	D <sub>12</sub>	0,5·10 <sup>-5</sup>				
2	D <sub>21</sub>	3·10 <sup>-5</sup>	0,20	0,017	2·10 <sup>-2</sup>	
	D <sub>22</sub>	0,15·10 <sup>-5</sup>				
	D <sub>23</sub>	4·10 <sup>-5</sup>				
	D <sub>24</sub>	1·10 <sup>-5</sup>				
3	D <sub>31</sub>	0,3·10 <sup>-5</sup>	0,12	0,035	1,5·10 <sup>-2</sup>	
	D <sub>32</sub>	2·10 <sup>-5</sup>				
	D <sub>33</sub>	0,12·10 <sup>-4</sup>				
4	D <sub>41</sub>	0,5·10 <sup>-4</sup>	0,08	0,012	1,5·10 <sup>-2</sup>	
	D <sub>42</sub>	2,2·10 <sup>-5</sup>				

#### ОБОЗНАЧЕНИЯ

P<sub>ij</sub>(D) – риск при выполнении j-го действия (D) на i-й операции (O); P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> – вероятности событий соответственно: появление травмоопасной ситуации (ПТС), нахождения в опасной зоне (НОЗ), показания травмирующего фактора (ПТФ), отказа средств защиты (ОТЗ); ТП – технологический процесс; P(ТП)<sub>г</sub> – риск возникновения несчастного случая, относящийся к одному году; P(ТП)<sub>ц</sub> – риск возникновения несчастного случая, относящийся к одному циклу реализации технологического процесса. Число циклов реализации технологического процесса в течение года N = 600.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется риск несчастного случая при выполнении ij-го элементарного действия в ходе реализации технологического процесса?
2. Какие значения уровней рисков, связанных с несчастными случаями, принимаются в качестве допустимых?

3. Как влияет число циклов реализации технологического процесса (интенсивность труда) на уровень риска несчастных случаев?

Лабораторная работа № 4: Оценка уровней безопасности и рисков.

Известны два подхода к оценке уровней безопасности  $K_6$  на рабочем месте

$$K_6^1 = \left[ \prod_{i=1}^n \frac{(X_{mas} + 1) - X_i}{X_{mas}} \right]^{t/T}, \quad (1)$$

$$K_6^2 = \left[ \prod_{i=1}^n 0.2(X_{mas} - X_i) \right]^{t/T}, \quad (2)$$

где  $n$  – число значимых факторов условий труда на рабочем месте;

$X_{mas} = 6$  – максимальная оценка риска по 6-балльной шкале - сверхэкстремальные условия труда;

$X_i$  – оценка риска в баллах для  $i$ -го фактора по фактическим данным о состоянии условий труда;

$t$  – продолжительной работы, лет;

$T = 25$  лет – трудовой стаж.

Отличие модели (1) состоит в том, что при всех  $X_i = 6$  значение

$$K_6^1 = \left( \frac{1}{X_{mas}} \right)^{n \frac{t}{T}}.$$

Согласно же модели (2) при всех  $X_i = 6$  получаем  $K_6^2 = 0$ , что более соответствует логике, которая заложена в основу 6-балльной шкалы.

Задание 1 по лабораторной работе: Используя модели (1) и (2) произвести расчеты и заполнить таблицу значений коэффициентов безопасности  $K_6$  для различных значений баллов риска  $X_i$  и для продолжительности работы  $t = 1$  год, 5 лет, 10 лет, 15 лет, 20 лет и 25 лет – см. таблицу.

Баллы риска $X_i$ . Учитываются три фактора			Значение $K_6$ при продолжительности работы $t$ лет					
$X_1$	$X_2$	$X_3$	1	5	10	15	20	25
2	2	3						
3	2	2						
4	2	3						
5	2	3						

Примечание: Результаты расчетов по моделям (1) и (2) привести в одной таблице, используя разделительную черту: в числителе – результаты рисков по модели (1), в знаменателе – по модели (2).

Задание 2 по лабораторной работе: По данным таблицы построить графики зависимостей коэффициентов безопасности и риска от продолжительности работы и состояния условий труда. Риск  $R$  определяется как  $R = 1 - K_6$ . Значения  $K_6$  и  $R$  откладывать по оси ординат слева и справа от графика.

По полученным зависимостям сделать выводы и предложения.

Контрольные вопросы:

1. Какая математическая модель (1) или (2) объективнее отражает оценку уровня безопасности?
2. Как связаны между собой уровень безопасности и риск?
3. Какова зависимость коэффициента безопасности от продолжительности работы?
4. Какова зависимость риска от продолжительности работы?

Лабораторная работа № 5: Исследование математической модели задачи проектирования съемного грузозахватного приспособления в виде грузового стропа.

Задание по лабораторной работе: Составить математическую модель зависимости силы тяжести многоветвевое канатного грузового стропа с учетом силы тяжести грузовых крюков. Исследовать зависимости силы тяжести стропа от угла между противоположными ветвями стропа. Определить длину ветвей, диаметр стального каната для изготовления стропа, требуемую допустимую нагрузку у крюков для подъема плиты с размерами 1,5 x 5 м. Сила тяжести плиты 80 кН. Расчеты произвести для оптимального угла между ветвями стропа.

Контрольные вопросы:

1. Как влияет угол  $\alpha$  на вес канатной части грузового стропа, вес крюков и общий вес этого приспособления для подъема грузов?
2. При каком угле  $\alpha$  общий вес стропа оказывается минимальным?
3. Почему важно знать оптимальный угол  $\alpha$ , при котором строп имеет минимальный вес и в то же время обеспечивает безопасный подъем и перемещение груза?
4. Каким образом, используя модель (9), можно аналитическим путем определить угол  $\alpha$ , при котором грузовой строп будет иметь минимальный общий вес?
5. Как изменяется доля веса крюков в общем весе грузового стропа в зависимости от угла  $\alpha$ ?