

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

**Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей
среды»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

И

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

по курсу

«Системный анализ технологических систем»

для студентов направления «Техносферная безопасность»

профиль «Безопасность технологических процессов и

производств»

заочной формы обучения

**Ростов- на – Дону
2017 год**

Основы расчета мер вероятности и возможности возникновения происшествий

1. Правила определения вероятности и возможности по логической модели происшествия

Преобразование логической (булевой) функции происшествия (ЛМП), $y = f(x_1, x_2, \dots, x_l)$, в вероятностную и возможность (нечёткую) формы происшествия (которые представим, соответственно, аббревиатурами – ВФП и НФП) выполним следующим образом.

Вероятностную форму функции происшествия (как выполнение логического условия, $y = 1$) представим в виде

$$\text{Pro}(y = 1) = F_B(p_1, p_2, \dots, p_l), \quad (1)$$

где $\text{Pro}(\cdot)$ – оператор вероятности (probability);

функция $F_B(\cdot)$ есть алгебраическая форма функции вероятности, заданная на множестве $\{p_i\}$ вещественных переменных – вероятностей исходов $\text{Pro}(x_i = 1) = p_i$, получаемая как результат применения **элементарных правил** преобразования от ЛМ в ВМ.

Возможностную (нечеткую) форму функции происшествия, которое также представим как выполнение условия, $y = 1$, запишем в виде

$$\text{Pos}(y = 1) = F_H(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_l), \quad (2)$$

где $\text{Pos}(\cdot)$ – оператор вероятности (possibility);

$F_H(\cdot)$ – заданная на «нечеткой» сигнатуре нечеткая форма функция от множества $\{\pi_i\}$ вещественных переменных – возможностных (нечётких) мер исходов $\text{Pos}(x_i = 1) = \pi_i$, которая есть результат применения **элементарных правил** преобразования от ЛМ в НМ.

1.1. Элементарные правила преобразования от логической (булевой) модели в вероятностную модель

1) Булевы переменные y и x_i , принимающие значения: 0 (или) 1, заменяют переменными P и p_i , которые заданы на интервале $[0, 1]$ вещественных чисел. Причем отметим, что значение $p_i = 0$ означает, что выполнение условия $x_i = 1$ не возможно или невыполнимо. Тогда как условие $p_i = 1$ означает, что условие $x_i = 1$ достоверно.

2) Операцию логического сложения (дизъюнкцию) двух переменных $x_1 \vee x_2$ заменяют на основе преобразования вида:

$$y = x_1 \vee x_2 \rightarrow P = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2). \quad (3)$$

3) Операцию логического умножения (конъюнкцию) двух переменных $x_1 \wedge x_2$ заменяют операцией вида:

$$y = x_1 \wedge x_2 \rightarrow P = p_1 \cdot p_2. \quad (4)$$

4) Операцию отрицания «не x_1 » (причем $x_1 \vee$ «не x_1 » = 1) заменяют преобразованием вида:

$$y = \text{не } x_1 \rightarrow P = 1 - p_1. \quad (5)$$

1.2. Элементарные правила преобразования от логической (булевой) модели в нечёткую (возможностную) модель

1) Булевы переменные y и x_i , принимающие значения: $0 \vee$ (или) 1 , заменяют переменными, далее называемыми возможностными (нечёткими) мерами, Π и π_i , которые заданы на интервале $[0, 1]$ вещественных чисел. Причем значение $\pi_i = 0$ означает, что выполнение условия $x_i = 1$ не возможно с уверенностью $1 - \alpha$, где α – уровень различимости нечетких параметров, с помощью которых описывают условие $x_i = 1$. Физический смысл этому поясняется при определении возможностной меры на основе параметрической модели происхождения «воздействие – восприимчивость» (см. п.3)

2) Преобразование логической функции происхождения в её возможностную форму основано на использовании следующих элементарных операций – замещений:

2.1. булева переменная x_i замещается соответствующей возможностной мерой π_i :

$$x_i \rightarrow \pi_i; \quad (6)$$

2.2. операция «логическое и» (\wedge) замещается операцией (\min) из сигнатуры четких и нечетких множеств:

$$\wedge \rightarrow \min; \quad (7)$$

2.3. операция «логическое или» (\vee) замещается операцией (\max) из сигнатуры четких и нечетких множеств:

$$\vee \rightarrow \max. \quad (8)$$

2. Типовые примеры построения вероятностной функции происхождения

Рассмотрим следующие элементарные типовые логические функции, с помощью которых можно анализировать и учитывать бесповторные предпосылки происхождения.

$$1) y = x_1 \vee x_2; \rightarrow \text{Pro}(y = 1) = P = 1 - q_1 \cdot q_2 = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) = p_1 + p_2 - p_1 \cdot p_2. \quad (9)$$

$$2) y = x_1 \wedge x_2; \rightarrow \text{Pro}(y = 1) = P = p_1 \cdot p_2. \quad (10)$$

$$3) y = x_1 \vee x_2 \cdot x_3 = x_1 \vee z_1; \rightarrow P = p_1 + p_2 \cdot p_3 - p_1 \cdot p_2 \cdot p_3. \quad (11)$$

$$4) y = (x_1 \vee x_2) \cdot x_3 = z_1 \cdot x_3. \rightarrow P = p_1 \cdot p_3 + p_2 \cdot p_3 - p_1 \cdot p_2 \cdot p_3. \quad (12)$$

Вероятности p_i предпосылок происхождения находят статистически, что наиболее достоверно, но, как правило, в рискологии не достижимо. Вследствие того, что рассматриваемые системы являются уникальными или нетиповыми.

Если это не удастся, то на основании построения и применения следующих моделей.

1) Гипотетических моделей о распределении случайных параметров воздействия и восприимчивости (с использованием модели превышения воздействия и восприимчивостью).

2) Теоретических моделей с рассмотрением интенсивностей предпосылок происхождения, простейшей и часто применяемой из которых является экспоненциальная зависимость вероятности возникновения предпосылки (аналог «экспоненциального закона» надежности).

3. Типовые примеры построения возможностной функции происшествия

Для элементарных логических функций, п.2, на основании правил п.1.2 построим следующие их возможностные формы функции происшествия.

$$1) y = x_1 \vee x_2; \rightarrow \text{Pos}(y = 1) = \Pi = \max(\pi_1, \pi_2). \quad (13)$$

$$2) y = x_1 \wedge x_2; \rightarrow \text{Pos}(y = 1) = \Pi = \min(\pi_1, \pi_2). \quad (14)$$

$$3) y = x_1 \vee x_2 \wedge x_3 \rightarrow \text{Pos}(y = 1) = \Pi = \max(\pi_1, \min(\pi_2, \pi_3)). \quad (15)$$

$$4) y = (x_1 \vee x_2) \wedge x_3 \rightarrow \text{Pos}(y = 1) = \Pi = \min(\pi_3, \max(\pi_1, \pi_2)). \quad (16)$$

Возможностные меры π_i предпосылок происшествия найдем на основании представления параметров воздействия s и восприимчивости r , как нечеткие величины. Например, для условия (13) получим

$$\pi_1 = \text{Pos}(x_1 = 1) = \text{Pos}(s \geq r). \quad (17)$$

4. Построение факторного параметрического базиса конкретной технической системы

Виды материальных факторов:

- 1 – механический (гравитационный);
- 2 – тепловой (термодинамический);
- 3 – электрический (электромагнитный);
- 4 – радиоактивный (ионизационно-корпускулярный);
- 5 – фооновый (рентгеновское и гамма-излучения);
- 6 – оптический (волны инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучения);
- 7 – химический (реакции горения, восстановления и др.);
- 8 – биологический (бактериологические, физиологические реакции и др.);
- 9 – факторы других видов

Описание каждого **фактора** совокупностью параметров

В физике принята стандартная система единиц измерения физических величин (система СИ), с помощью которой выражают основные и производные виды параметров.

Так, в частности, механический фактор ($t = 1$) описывается следующими основными видами параметров (единицами СИ): **длина**, которую обозначим номером $n = 1$; **масса**, обозначим номером $n = 2$; **время**, номер $n = 3$.

Основные величины (параметры) СИ

1. Длина, l , метр, м
2. Масса, m , килограмм, кг
3. Время, t , секунда, с
4. Сила электрического тока, I , ампер, А
5. Термодинамическая температура, T , Кельвин, $K = T - 273,15$
6. Количество вещества, n , моль
7. Сила света, I , кандела

Дополнительные величины (параметры)

1. Плоский угол, α , рад
2. Телесный угол, Ω , стерадиан

Использование системы СИ позволяет выражать любые (**производные**) параметры любого фактора через основные виды физических величин.

Такие параметры как **энергия, мощность и плотность мощности**, являющие собой параметры любого фактора, представляются следующими размерностями:

$$\text{Дж} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}; \text{Вт} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}; \text{Вт/м}^2 = \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$$

Условно говоря, в описании энергии и мощности любого фактора участвуют виды **базовых** параметров с **номерами** 1, 2 и 3. Значит, по сочетанию и количественному выражению (размерности) номеров параметров можно формально судить о содержательности любого фактора.

Аналогично можно формализовать **любой** другой производный параметр **любого** фактора.

Универсальный и производный факторный параметрический базис (ФПБ) системы

Введенные множества и операции над ними представляют собой выраженные в **универсальной** форме **факторный параметрический базис** системы “ПОО – СМЗ – ОВФ”:

$$\text{УФПБ} = \langle V, F, R, M, T, L, K, SM \rangle, \quad (18)$$

где SM – совокупность операций алгебры множеств и операций

$$\text{ПФПБ} = \langle V^I, F^I, R^I, M_I, T, L, K, SM \rangle \quad (19)$$

5. Определение вероятности и возможности (нечеткой меры) на основе параметрической модели «воздействие – восприимчивость»

5.1. Вероятностная модель "воздействие s - восприимчивость r"

Нормальное распределение, также называемое распределением Гаусса —распределение вероятностей, которое в одномерном случае задается функцией плотности вероятности, совпадающей с функцией Гаусса:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (20)$$

где параметр μ — математическое ожидание(среднее значение), медиана и мода распределения,

а параметр σ — стандартное отклонение (σ^2 — дисперсия) распределения.

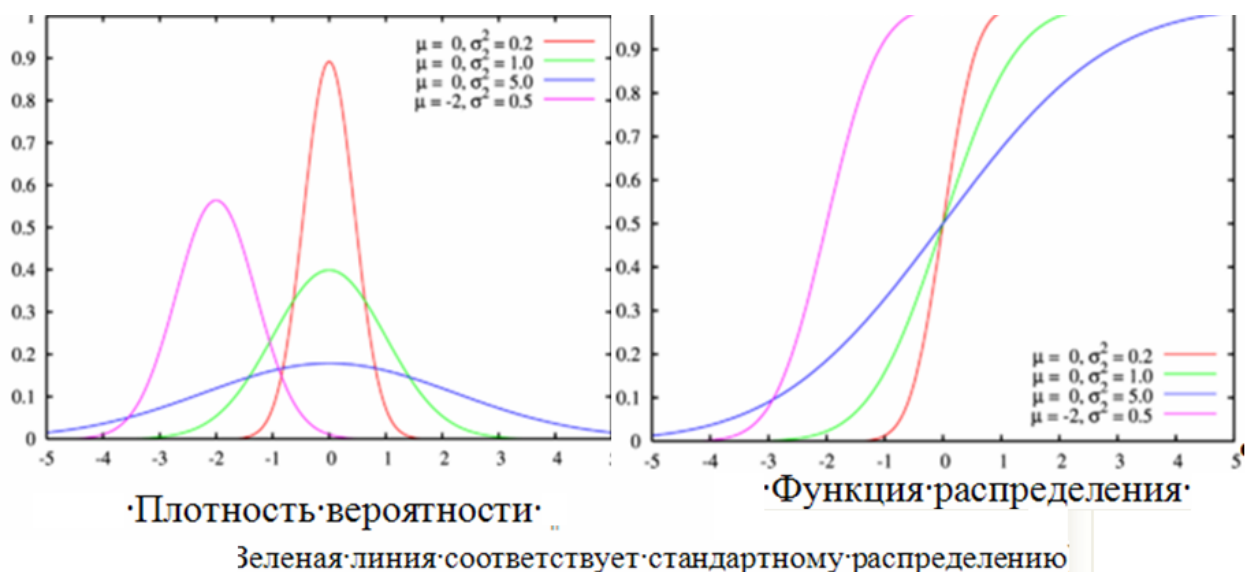


Рисунок 1. График плотности и функции нормального распределения вероятности случайной величины

Вероятность выполнения элементарной предпосылки ($x = 1$) определяется на основе вероятности выполнения условия **превышения** воздействия s над восприимчивостью r

$$\text{Pro}(x = 1) = \text{Pro}(s \geq r) = 1 - \Phi(u) = 0.5 \operatorname{erfc}(u) \quad (21)$$

$$u = (\mu_r - \mu_s) / (\sigma_r^2 + \sigma_s^2)^{0.5} \quad (22)$$

Дополнительная функция ошибок, обозначаемая $\operatorname{erfc}(u)$

(Далее предполагается замена переменных: x на u).

$$\operatorname{erfc} x = 1 - \operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt \quad (23)$$

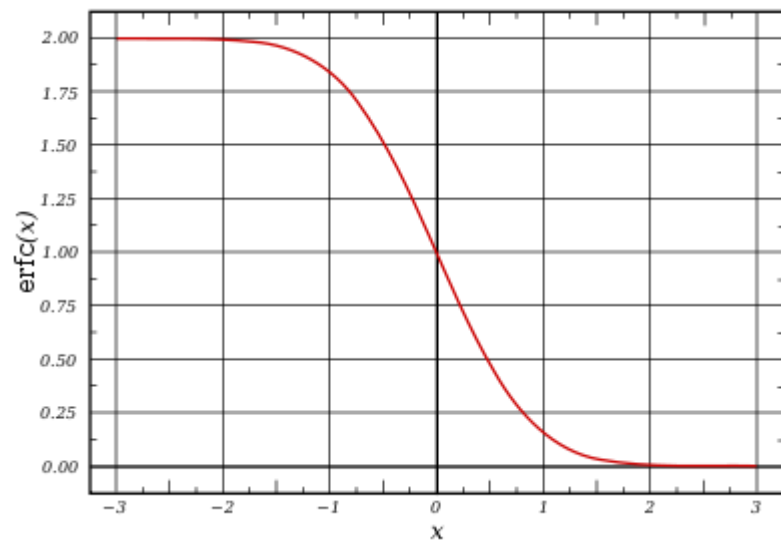


Рисунок 2. График дополнительной функции ошибок $\operatorname{erfc}(u)$

5.2. Возможностная (нечеткая) модель "воздействие s - восприимчивость r "

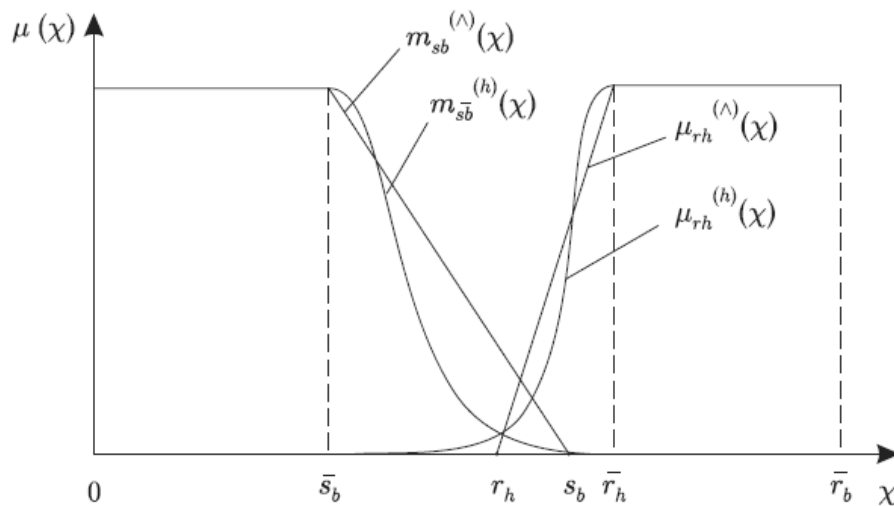


Рисунок 3. Линейная (л) и нормальная (н) аппроксимации нечеткой параметрической модели "воздействие s - восприимчивость r "

области для ядер нечетких величин s , r , обозначаемых в виде:

$$\bar{s} \in [0, \bar{s}_h], \quad \bar{r} \in [r_b, \bar{r}_h];$$

области для носителей этих величин на уровне их α -среза [11], рис. 3.8:

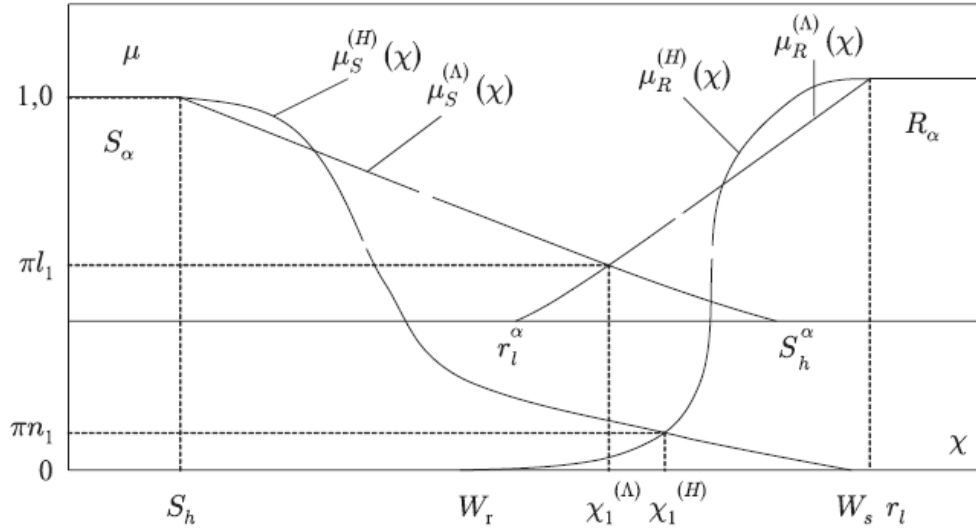


Рисунок 4. К выводу ВМ для линейной и нормальной аппроксимаций "воздействие s - восприимчивость r "

Возможностные меры (ВМ) π_i предпосылок происхождения найдем на основании представления параметров воздействия s и восприимчивости r , как нечеткие величины. Например, для условия $(x_l = 1)$ получим

$$\pi_l = \text{Pos}(x_l = 1) = \text{Pos}(s \geq r). \quad (24)$$

На основании [Есипов, Самсонов, Черемисин], принимая допущение о линейной аппроксимации нечетких параметров (в **наименее** информативном варианте их получения) запишем

$$\pi^L_i = 1 - \bar{z}b, \quad (25)$$

где $\bar{z}b$ – называемый «приведенный запас» безопасности

$$\bar{z}b = (\bar{r} - \bar{s}) / (\Delta_r + \Delta_s), \quad (26)$$

в котором \bar{r} и \bar{s} – соответственно, «ядра» нечетких параметров восприимчивости r и воздействия s ; а Δ_r и Δ_s – «интервалы размытости» нечетких параметров восприимчивости r и воздействия s .

При гауссовой аппроксимации нечетких параметров ВМ происхождения можно найти по формуле

$$\pi^N_i = \exp(-k_e \cdot \bar{z}b^2), \quad (27)$$

где k_e коэффициент «нормальной» размытости, со значениями 4,5; 8; 12,5, которым соответствует уровень (квантиль) доверия $1 - v$: 0,9968; 0,999968; 0,9999997.

Кроме того, значение π^N можно получить по графику, рисунок 5.

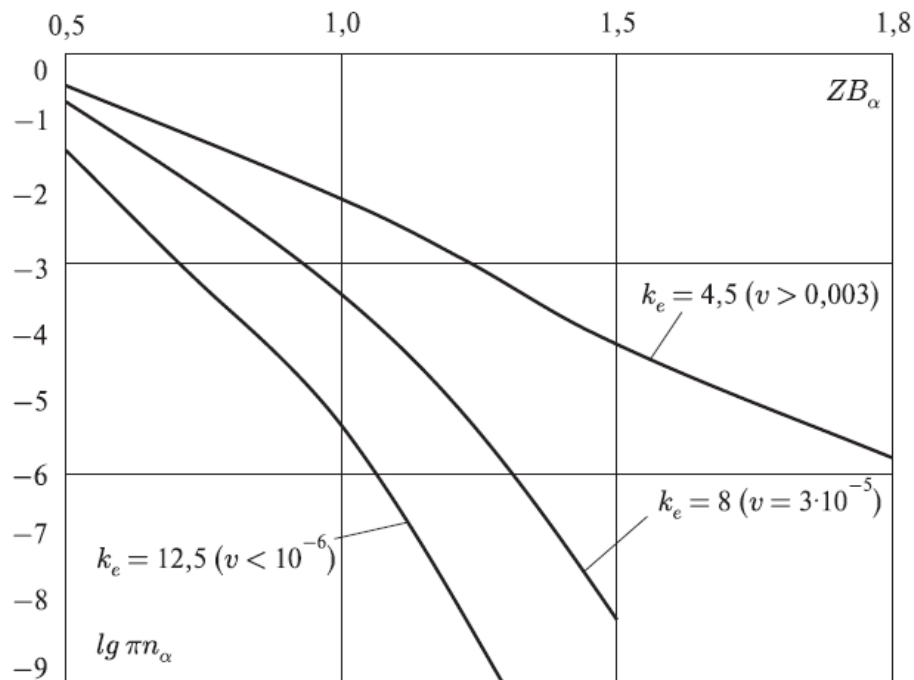


Рисунок.5 Расчетные зависимости возможностной меры π^N в функции от приведенного запаса безопасности $\bar{z}b$ и уровня различимости при гауссовой аппроксимации нечетких параметров

6. Приложение рассмотренных правил и моделей к задачам установления количественных показателей безопасности и риска технических систем

6.1. Алгоритм определения показателей безопасности технической системы

Для конкретной технической системы «объект – защита – среда – человек» выбрать вершинный исход, установить его предпосылки, построить лингвистическую модель реализации вершинного исхода, построить логическую модель с учетом, по возможности, полного набора связей предпосылок, для каждой предпосылки построить параметрическую модель её реализации на основе модели «воздействие – ослабление – восприимчивость» и на основе выбора (обоснования) для неё производных параметров, с учетом проведения инженерной экспертизы взятой технической системы ТС1 в рамках (терминах) модели «воздействие – ослабление – восприимчивость» составить таблицы значений «ядер» и интервалов «размытости», рассчитать возможные меры реализации элементарных предпосылок, построить возможностную форму функции реализации вершинного исхода (функцию связности элементарных предпосылок), подставить в неё возможные меры реализации элементарных предпосылок и получить итоговый результат в виде значения ВМ возникновения вершинного исхода в конкретно рассматриваемой ТС1.

6.2. Рассмотрение задачи на конкретном примере.

Пример.

1. Комплексный анализ условий труда в сепараторно–роликовом цехе (СРЦ)

Сепараторно – роликовый цех (СРЦ) представляет собой помещение с бетонным покрытием, естественным и искусственным освещением, рисунок 1.

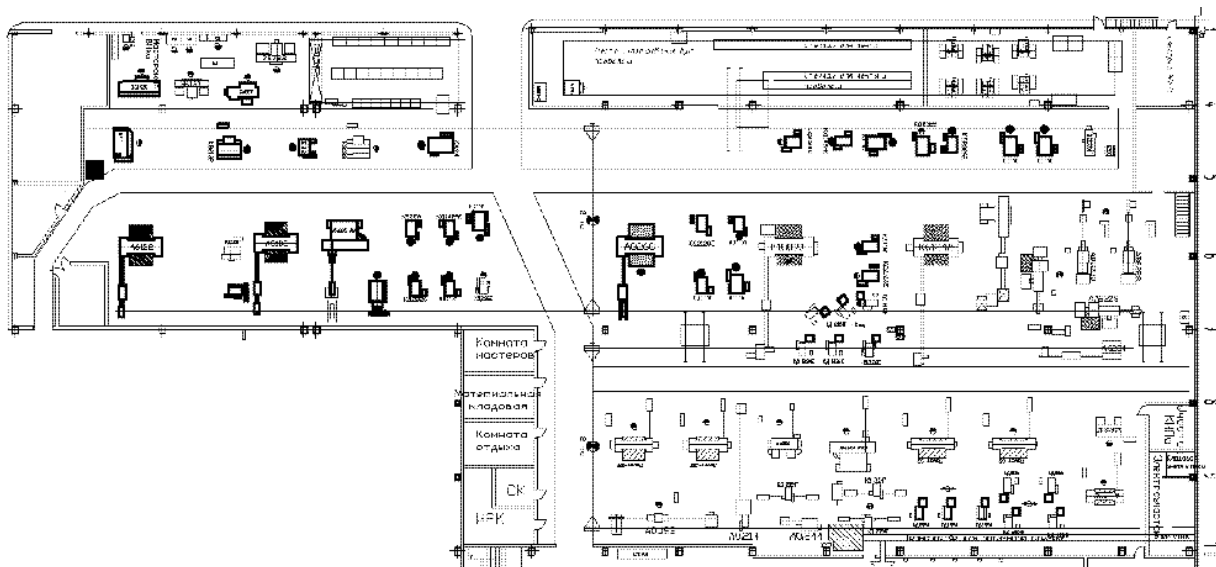


Рисунок 1. Участок изготовления сепараторов

Из анализа карт аттестации данные для комплексной оценки фактического состояния условий труда на рабочих местах цеха, рисунок 1, сведен в Таблицу 1. На участке изготовления сепараторов фактором повышения работоспособности является соблюдение обоснованного режима труда и отдыха, сокращенный рабочий день, дополнительные перерывы.

Таблица 1

Параметры производственных факторов участка изготовления сепараторов

Наименование производственного фактора	ПДУ, допустимый уровень	Фактический уровень	Относит. уровень
Температура, $T^{\circ}C$	15-21	15.4	< 1
Относительная влажность, $\varphi\%$	15-75	68	< 1
Скорость воздуха, v , м/с	0.4	0.15	< 1
Освещенность, E , лк	200	34	3.5
Уровень шума, I , дБ	60	75	1.25
Плотность мощности ЭМИ, $P_{ЭМИ}$, Вт/м ²	1	3	3
Доза ИИ, D , мкЗв	15	12	< 1
Производственная пыль, $N_{П}$, мг/м ³	1	1.6	1.6
Концентрация оксида углерода N_{CO} , мг-моль/м ³	5	6	1.2
Концентрация диоксида азота N_{NO} , мг-моль/м ³	0.2	0.4	2
Тепловое излучение, $P_{ти}$, Вт/м ²	140	300	2.1

Таблица 2 Результаты измерения и расчета интенсивности шума на участке СРЦ

	1000 Гц	2000 Гц
L_1 , дБ	85	82
L_2 , дБ	88	84
L_3 , дБ	86	82
$L_{сум}$, дБ	92	87
$L_{доп}$, дБ	80	78
ΔL , дБ	12	9

Как следует из Таблицы 2, значения уровня шума превышают допустимые на 30 – 40 дБ.

2. Расчет показателя эффекта суммации

Из таблицы 1 «Параметры производственных факторов участка изготовления сепараторов» выберем те номера i факторов, относительный уровень $(n / ОБУВ)_i$ которых больше единицы. В результате сформируем таблицу 3, позволяющую дифференцированно провести расчет слагаемых и результирующее значение показателя эффекта суммации для участка изготовления сепараторов.

Таблица 3 Исходные данные для комплексной оценки условий труда на участке сепараторно-роликового цеха

№ фактора	Наименование производственного фактора	ПДУ, допустимый уровень	Фактический уровень	Относительный уровень или ПЭС ₁
1	Освещенность, Е, лк	200	34	3.5
2	Уровень шума, I, дБ	60	75	1.25
3	Плотность мощности ЭМИ, $P_{ЭМИ}$, Вт/м ²	1	3	3
4	Производственная пыль, $N_{П}$, мг/м ³	1	1.6	1.6
5	Концентрация оксида углерода $N_{СО}$, мг-моль/м ³	5	6	1.2
6	Концентрация диоксида азота N_{NO} , мг-моль/м ³	0.2	0.4	2
7	Тепловое излучение, $P_{ти}$, Вт/м ²	140	300	2.1
I	Комплекс факторов $I = \{1...7\}$	1	> 1	ПЭС _{изл} + ПЭС _{МК} = 7.75+6.9 = 14.6

Как следует из Таблицы 3, при расчете результирующего значения показателя эффекта суммации выявлены две группы вредных факторов, а именно факторы излучений и микроклимата. Раздельный расчет показателей эффекта суммации для этих групп дал следующий результат:

ПЭС_{изл} = 7.75, ПЭС_{МК} = 6.9, ПЭС₁ = 14.6.

3. Пример комплексной оценки заболеваний работников на участке СРЦ на основе возможностной мер предпосылок

Достоверный прогноз заболеваний работников основан на 1) применении эффективных способов и средств защиты (коллективных и индивидуальных) и 2) на статистических данных о пропусках рабочих дней по болезни.

При этом имеется следующее противоречие.

Каждый работник перед заболеванием находился в комплексе факторов рабочих и вредных условий.

Врач ставит диагноз о заболевании по интегральному показателю: ОРЗ, профессиональная болезнь и т. д.

Санитарно-гигиенические нормы и ПДУ (выраженные значениями параметров факторов) заданы на основе исследований и дифференцированных оценок параметров восприимчивости людей к действию отдельных факторов рабочей среды.

Как следствие, имеют место ошибки в принятии решений об обосновании организационно-технических мер безопасности и о выборе способов и средств защиты работников конкретно взятых производственных участков.

Здесь предлагается следующий вариант учета влияния комплекса факторов на здоровье работников.

1) Построение факторных дифференциальных и интегральных критериев предпосылок заболеваний на основе параметрической модели «воздействие - восприимчивость».

2) Построение логической функции связности предпосылок заболеваний.

3) Расчет как дифференциальных, так и интегральных возможностных мер предпосылок заболеваний.

4) Расчет ВМ типовых заболеваний (ОРЗ, профессиональная болезнь и т. д.) по расчетным дифференциальным или интегральным ВМ предпосылок заболеваний.

5) Сравнительный анализ полученных оценок и формирование плана предупредительных мероприятий.

Таблица 4. Данные расчета возможностной меры дифференциальной предпосылки заболеваний работников на участке

№ фактора	Наименование производственного фактора	ПДУ, допустимый уровень параметр восприимчивости	Фактический уровень или параметр воздействия	Запас безопасности/ ВМ в линейной аппроксимации
1	Освещенность, Е, лк	200-350, $\Delta=150$	130, $\Delta=100$	0.28/0.72
2	Уровень шума, I, дБ	60, $\Delta=10$	75, $\Delta=20$	0.5/0.5
3	Плотность мощности ЭМИ, $P_{ЭМИ}$, кВт/м ²	1, $\Delta=3$	3, $\Delta=1$	0.5/0.5
4	Производственная пыль, $N_{П}$, мг/м ³	1, $\Delta=5$	1.6, $\Delta=3$	0.075/0.925
5	Концентрация оксида углерода $N_{СО}$, мг-моль/м ³	5, $\Delta=5$	6, $\Delta=5$	0.1/0.9
6	Концентрация диоксида азота N_{NO} , мг-моль/м ³	0.2, $\Delta=0.2$	0.4, $\Delta=0.2$	0.5/0.5
7	Тепловое излучение, $P_{ти}$, Вт/м ²	140, $\Delta=100$	180, $\Delta=10$	0.36/0.64

I Комплекс факторов

$$I = \{1 \dots 7\}$$

С точки зрения организационно-технических мер безопасности и при выборе способов и средств защиты такой дифференцированный подход оказался экономически эффективным. Раздельно может быть произведен расчет и могут быть модифицированы следующие системы защиты, к которым относятся системы: 1) освещения; 2) экранирования шума и вибрации; 3) вентилирования; 4) теплоизоляции.

4. Описание и количественная интервальная оценка параметров условий труда, как параметров воздействия на работников

Таблица 5

i	булево условие	параметрическое условие	приведенный запас, $\bar{z}b = (\bar{r} - \bar{s})/(\Delta_r + \Delta_s)$	возможностная мера, $\pi^{L_i} = 1 - \bar{z}b$; $\pi^{G_i} = \exp(-k_e \cdot \bar{z}b^2)$
1	$z_1 = 1$	$n_{\text{III}} \geq \text{ПДК}_{\text{III}}$		
2	$z_2 = 1$	$n_{\text{O}_2} \geq 15\%$		
3	$z_3 = 1$	$q \geq 1 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$		
4	$z_4 = 1$	$T \geq 70^\circ \text{C}$		

4.1. Установление и количественная интервальная оценка параметров заболевания дыхательных органов работника с исходами: удушье; воспаление органов дыхания

4.2. Построение структурно-логической модели вершинного исхода (функции связности предпосылок) с учетом двух предпосылок заболевания

$$y = y_1 \vee y_2; \quad y_1 = z_1 \vee z_2; \quad y_2 = z_3 \wedge z_4 \Rightarrow \quad y = z_1 \vee z_2 \vee z_3 \cdot z_4$$

$$\pi_C = \text{Pos}(y=1) = \max(\pi_{y_1}, \pi_{y_2}) = \max(\pi_{z_1}, \pi_{z_2}, \min(\pi_{z_3}, \pi_{z_4}))$$

4.3. Расчет возможностных мер предпосылок отравления и длительности пребывания на основании нечеткой параметрической модели «воздействие – восприимчивость».

$$\begin{aligned} y_1 &= z_1 \vee z_2 \vee 1 \\ y_2 &= z_3 \cdot z_4 \cdot 0 \\ y_3 &= z_1 \vee z_2 \vee (z_1 \cdot z_3 \cdot z_4 \vee z_2) \\ y &= z_1 \vee z_2 \vee z_3 \cdot z_4 \end{aligned}$$

Комплексное задание заочникам по дисциплине СА БТС

Каждая контрольная работа состоит из 3-х заданий.

Вопросы, на которые нужно ответить, определяются студентом по варианту задания.

Вариант выбирается из приведенных ниже таблиц по одной последней цифре номера зачетной книжки.

Пример

Номер зачетной книжки 991064. Последняя цифра есть число 4. Находим номер варианта: 4 в каждом из 3-х заданий.

Задание 1

При анализе условий труда работников эксперт определил четыре раздельного действия опасных и вредных фактора: механический – 1; тепловой – 2; химический – 3, физический – 4 и оптический – 5, а также комплексный производственный фактор, выражаемый Показателем Эффекта Суммации (ПЭС), см. Таблицу 1.

Таблица 1. Сводная таблица исходных данных и промежуточных результатов оценки показателей (для расчета ВМ элементарных предпосылок π^{L_i})

№ п/п (x_i)	Производный фактор	Параметр восприимчивости (пороговое значение)	Запас безопасности $\bar{z}b$	Возможностная мера π^{L_i}
1	Освещенность, Е, лк		1.5	
2	Уровень шума, I, дБ		1.3	
3	Динамический удар осколков от механического оборудования, энергия А, Дж.		2	
4	Плотность мощности ЭМИ, $P_{\text{эми}}$, Вт/м ²		2.1	
5	Производственная пыль, $N_{\text{п}}$, мг/м ³		1.7	
6	Концентрация оксида углерода $N_{\text{со}}$, мг·моль/м ³		1.4	
7	Концентрация диоксида азота $N_{\text{но}}$, мг·моль/м ³		1.9	
8	Тепловое излучение, $P_{\text{ти}}$, Вт/ м ²		2	
9	Комплексный производный фактор ПЭС	≤ 3	1.5	
10	Скорость воздуха, v , м/с		3	

Учебные варианты 1 ... 10 составленных экспертом логических моделей { y_1 , y_{10} } заболевания (происшествия) от выявленных им предпосылок x_i , первая колонка таблицы 1 имеют следующий вид:

$$y_1 = x_1 \vee x_2 \wedge x_3; y_2 = (x_4 \vee x_5) \wedge x_6; y_3 = x_7 \vee x_8 \wedge x_9; y_4 = (x_3 \vee x_5) \wedge x_{10};$$

$$y_5 = (x_1 \vee x_2) \wedge x_4; y_6 = x_4 \vee x_7 \wedge x_6; y_7 = (x_9 \vee x_7) \wedge x_{10}; y_8 = x_1 \vee (x_2 \wedge x_3) \wedge x_4;$$

$$y_9 = (x_5 \vee x_6) \wedge (x_7 \wedge x_8); y_{10} = (x_9 \vee x_2) \wedge x_{10}$$

Требуется для заданного варианта по значению **возможностной меры заболевания работника** оценить фактический уровень безопасности или вредности (опасности) условий труда и разработать предложения по созданию условий труда, соответствующим 2 классу.

Задание 2

1 Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС1), в которой эксперт выявил 3 предпосылки к возникновению происшествия, которые эксперт предположил независимыми. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: 0.7; 0.3; 0.9.

2

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС2), в которой эксперт выявил 3 предпосылки к возникновению происшествия, которые эксперт предположил зависимыми. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: 0.5; 0.2; 0.6.

3

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС3), в которой эксперт выявил 3 предпосылки к возникновению происшествия, которые эксперт предположил логически аддитивными. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: 0.5; 0.2; 0.6.

4

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС4), в которой эксперт выявил 3 предпосылки к возникновению происшествия, которые эксперт предположил логически мультипликативными. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: 0.5; 0.2; 0.6.

5

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС5), в которой эксперт выявил 4 предпосылки к возникновению происшествия, из которых эксперт предположил попарно логически мультипликативными, тогда как в парах они логически аддитивны. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: пара 1 – (0.3; 0.1); пара 2 – (0.9, 0.2).

6

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС6), в которой эксперт выявил 4 предпосылки к возникновению происшествия, из которых эксперт предположил попарно логически аддитивны, тогда как в парах они логически мультипликативным. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: пара 1 – (0.3; 0.1); пара 2 – (0.9, 0.2).

7

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС7), в которой эксперт выявил 4 предпосылки к возникновению происшествия, из которых эксперт предположил попарно логически аддитивны, тогда как в парах они логически мультипликативным. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: пара 1 – (0; 1); пара 2 – (0.9, 1)

8

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС8), в которой эксперт выявил 4 предпосылки к возникновению происшествия, из которых эксперт предположил попарно логически мультипликативными, тогда как в парах они логически аддитивны. Оценить асимптотическое значение вероятности

этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: пара 1 – (0.3; 0.1); пара 2 – (1, 0.2).

9

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС9), в которой эксперт выявил 4 предпосылки к возникновению происшествия, из которых эксперт предположил попарно логически аддитивны, тогда как в парах они логически мультипликативным. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: пара 1 – (0; 1); пара 2 – (1, 0).

10

Рассматривается конкретная техническая система «защита – объект – субъект - среда» (ТС10), в которой эксперт выявил 4 предпосылки к возникновению происшествия, из которых эксперт предположил попарно логически мультипликативными, тогда как в парах они логически аддитивны. Оценить асимптотическое значение вероятности этого происшествия на основании следующих величин приведенного запаса безопасности этих предпосылок: пара 1 – (0; 1); пара 2 – (1, 0).

Задание 3

Экспертом составлены логические модели $\{y_1, y_{10}\}$ заболевания (происшествия) от выявленных им предпосылок x_i , которые имеют следующий вид:

$$y_1 = x_1 \vee x_2 \wedge x_3;$$

$$y_2 = (x_4 \vee x_5) \wedge x_6;$$

$$y_3 = x_7 \vee x_8 \wedge x_9;$$

$$y_4 = (x_3 \vee x_5) \wedge x_{10};$$

$$y_5 = (x_1 \vee x_2) \wedge x_4;$$

$$y_6 = x_4 \vee x_7 \wedge x_6;$$

$$y_7 = (x_9 \vee x_7) \wedge x_{10};$$

$$y_8 = x_1 \vee (x_2 \wedge x_3) \wedge x_4;$$

$$y_9 = (x_5 \vee x_6) \wedge (x_7 \wedge x_8);$$

$$y_{10} = (x_9 \vee x_2) \wedge x_{10}$$

По правилам преобразования от ЛМ к 1) вероятностной и 2) возможностной функции происшествия установить вид этих функций Pro ($y = 1$) и Pos ($y = 1$) (см. п.1 – 3 **Научно-методического материала Методика расчета показателей безопасности**)