УДК *502/504*

Е.А.Пряхина [1]***, А.В.Чумакова***[1]***, С.В. Миндеева*** [1]

[1] *Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В НОКСОЛОГИИ

Аннотация. *Статья посвящена вопросу применения математических методов в дисциплине «Ноксология». Кратко представлен понятийный аппарат ноксологии как науки об опасностях материального мира Вселенной. Рассмотрены две задачи, которые носят характер техногенной и экологической опасности.*

Ключевые слова: *ноксология, техносфера, аксиомы, принципы, математика, метод интерполяции, опасность.*

E.A. Pryachina [1]***, A.V. Chumakova*** [1]***, S.V. Mindeeva*** [1]

[1] *Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia*

APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN NOXOLOGY

Abstract. *The article is devoted to the application of mathematical methods in the discipline "Noxology". The conceptual framework of noxology as a science of the dangers of the material world of the universe is briefly presented. Two tasks are considered, which are of the nature of man-made and environmental hazards.*

Keywords: *noxology, technosphere, axioms, principles, mathematics, interpolation method, danger.*

Введение

Математические методы являются универсальным инструментом во многих дисциплинах. Не исключением стала и достаточно новая дисциплина «Ноксология», которая входит в обязательную часть учебного плана направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность. Дисциплина «Ноксология» является последующей дисциплине «Высшая математика», которая изучается первый год в количестве 540 часов по учебному плану. Рабочая программа дисциплины Б1.Б.04 Высшая математика содержит 14 основных разделов, в которых достаточно подробно рассматриваются математические методы.

В настоящее время к математическим методам прибегают многие области знания, исключением не стала и ноксология. В нашей статье мы рассмотрим метод численного решения и метод интерполяции применительно к задачам, которые носят характер техногенной и экологической опасности. Математические методы являются универсальным инструментом для решения многих задач [8], [9]. Прежде чем предметно говорить о применении математических методов в ноксологии, рассмотрим кратко терминологический аппарат: определение, аксиомы, задачи, принципы.

Теоретическая часть

Ноксология – наука об опасностях материального мира Вселенной. «Ноксология изучает происхождение и совокупное действие опасностей, описывает опасные зоны и показатели их влияния на материальный мир, оценивает ущерб, наносимый опасностями человеку и природе, а также рассматривает принципы минимизации опасностей в источниках и основы защиты от них в пределах опасных зон» [2, с.6]. Дисциплина «Ноксология» отражает и систематизирует научно-практические достижения в области человеко- и природозащитной деятельности, основывается на теоретических разработках отечественных: Акимов В.А., Богачев В.Я., Владимирский В.К., Новиков В.Д., Бекман И.Н. и многих других ученых.

Ученые исследователи выделяют 4 основных аксиомы и 5 задач ноксологии, представленных на рисунке 1.

Аксиомы ноксологии:	
1	Всякая деятельность потенциально опасна.
2	Все объекты деятельности обладают склонностью к спонтанной потере устойчивости.
3	Безопасность реальна, если негативные факторы не превышают предельно допустимых значений.
4	Для каждого вида деятельности существуют условия как безопасные, так и комфортные.
Задачи ноксологии:	
1	Дать представления об опасностях современного мира и их негативном влиянии на человека и природу.
2	Описать источники и зоны влияния опасностей.
3	Сформировать представления об особенностях взаимодействия в системах «человек-среда обитания», «природа-техносфера».
4	Сформировать критерии и методы оценки опасностей.
5	Дать основы анализа источников опасности и представления о путях и способах защиты человека и природы от опасностей.

Рис. 1. Основные аксиомы и задачи ноксологии

Обратившись более подробно к вопросу задач ноксологии ученых-исследователей [1], [3], [4], [6], [7], мы выявили, что главная задача ноксологии – это защита человека и окружающей среды от губительного виляния возникающих в техносфере опасностей.

Согласно современным представлениям научного знания в ноксологии опираются на 7 основных принципов, которые подробно описаны в статье авторов Р.В.Осикиной и А.С.Теблоевой [5]. Здесь мы лишь перечислим их:

I принцип – существование внешних негативных воздействий;

II принцип – антроцентризм;

III принцип – природоцентризм;

IV принцип – возможность создания качественной техносферы;

V принцип – выбор путей реализации безопасного техносферного пространства;

VI принцип – отрицание абсолютной безопасности;

VII принцип – соответствует принципу Ле-Шателье.

Приведенный терминологический аппарат составляет фундаментальные положения ноксологии, которые помогут улучшить условия труда человека и его пребывания на производстве, особенно если речь идет об особо опасном.

Опасность – центральное понятие ноксологии. Современный мир опасностей обширен – в производственных, в бытовых, в городских условиях – человек подвержен опасности. Опасности классифицируются по происхождению, по характеру воздействия на человека, по локализации, по времени проявления, по вызываемым последствиям, по структуре, по степени угрозы для объекта. Рассмотрим задачи, которые носят характер экологической опасности и техногенной опасности, которые на сегодняшний день особо актуальны.

Практическая часть.

Задача 1. Пусть имеется магистральная улица с многоэтажной застройкой с двух сторон, движение управляется светофором, продольный уклон 6°, скорость ветра 2 м/сек., относительная влажность воздуха – 80%, температура 20°С. Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях – 600 автомашин в час *(N)*. Состав автотранспорта: 5% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 7% - со средней грузоподъемностью, 5% - с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 35% автобусов и 48% легковых автомобилей. Требуется оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью водорода.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м^3. Для оценки по концентрации угарного газа используется следующая эмпирическая формула:

$$K_{co} = (0,5 + 0,01N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_У \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_П,$$

где 0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м^3

N – суммарная интенсивность движения, автомобилей на городской дороге, автом./час;

K_T – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

$K_У$ – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

K_C – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

K_B – ко же в зависимости от относительной влажности воздуха;

$K_П$ – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Рассмотрим математические расчеты задачи. Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot K_n = 0,05 \cdot 2,3 + 0,07 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,35 \cdot 3,7 + 0,48 \cdot 1 = 2,103$$

где P_i – состав автотранспорта в долях единицы (5%, 7%, 5%, 35%, 48% соответственно), K_n – определяется по табл.1.

Таблица 1.

Значение коэффициента K_T в зависимости от типа автомобиля

Тип автомобиля	Коэффициент K_T,
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Таблица 2.

Значение коэффициента K_A в зависимости от типа местности

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_A
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента K_A, учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 2. Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой $K_A=f$. Значение коэффициента $K_У$, учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по табл. 3. Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра K_C определяется по табл. 4.

Таблица 3.

Значение коэффициента K_y в зависимости от продольного уклона

Продольный уклон, °	Коэффициент K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблица 4.

Значение коэффициента K_c в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_c
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значение коэффициента K_B , определяющего изменение концентраций окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл. 5. Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода $K_П$ у пересечений приведен в табл. 6.

Таблица 5.

Значение коэффициента $K_в$ в зависимости от влажности

Относительная влажность	Коэффициент K_B
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Таблица 6.

Значение коэффициента $K_п$ в зависимости от типа пересечений

Тип пересечения	Коэффициент $K_п$
Регулируемое пересечение:	
– со светофорами обычное	1,8
– со светофорами управляемое	2,1
– саморегулируемое	2,0
Нерегулируемое:	
– со снижением скорости	1.9
– кольцевое	2,2
– с обязательной остановкой	3,0

Подставим значения коэффициентов, оценим уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода: $K_{co} = (0,5 + 0,01 \cdot 600 \cdot 2,103) \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot 2,1 = 74,76 мг / м^3$.

Согласно норме ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода допустимо $5 мг / м^3$.
Расчетные данные превышают ПДК выбросов транспорта по окиси углерода в 15 раза. Согласно расчетам выявлена опасность проживания в данном районе. Следовательно, срочно нужны мероприятия по снижению уровня выбросов от автотранспорта в этой зоне.

Рассмотрим задачу, имеющую характер техногенной опасности.

Задача 2. Через 3 часа после аварии реакторы типа РБМК произошло радиоактивное загрязнение территории объекта. Мощность дозы радиации (поглощенная доза) за это время составила P_t = 0,16 рад/ч. Заданная на первые сутки доза облучения $D_з$ = 0,15 рад. Нужно найти через сколько дней при данном уровне загрязнения можно будет работать всю рабочую смену продолжительностью 6 часов на открытой местности? С момента возникновения радиационной аварии уровень радиации со временем снижается, поэтому принято характеризовать зоны радиоактивного загрязнения дозами радиации от момента выпадения радиоактивных веществ до их полного распада.

Для того чтобы ответить на вопрос задачи необходимо применить метод интерполяции, но сначала нужно провести дополнительные расчеты. В частности, допустимое время начала облучения определяется через коэффициент доз облучения ($K_{доз}$), который равен коэффициенту доз допустимое $K_{доп}$: $K_{доз} = K_{доп} = \dfrac{D_з \cdot K_{осл}}{P_1}$.

По условию задачи заданная на первые сутки доза облучения $D_з$ = 0,15 рад.

$K_{осл}$ - коэффициент ослабления, зависящий от природы ослабляющего устройства, для открытой местности $K_{осл}$ = 1.

P_1 - приведенный уровень радиации на 2 час после аварии:

$P_1 = P_t \cdot K_П = 0,16 \cdot 1,33 = 0,21 рад / час$, где P_t – уровень радиации на время t (из условия задачи); $K_П$ – коэффициент пересчета (табл. 7).

Подставляя все найденные значения, получим: $K_{доз} = \dfrac{0,15 \cdot 1}{0,21} = 0,71$.

Таблица 7. Значение коэффициента $K_п$ для пересчета мощности дозы радиации на 1 час после аварии для реактора типа РБМК

Время после аварии	$K_п$	Время после аварии	$K_п$
1 час	1,00	7	1,71
2	1,19	9	1,86
3	**1,33**	12	2,05
5	1,54	15	2,22
6	1,63	18	2,37

По значению $K_{доп}$ по табл. 8 необходимо определить через сколько дней при заданной дозе облучения $K_{доп}$ = 0,71 можно будет работать на открытой местности в течение рабочей смены 6 часов.

Ответить на данный вопрос задачи нам поможет метод интерполяции – это метод нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений. В нашем случае линейная интерполяция – часто используемый вид локальной интерполяции. Он заключается в том, что узловые точки соединяются отрезками прямых, то есть через каждые две точки проводится прямая. Необходимо составить полином 1 степени вида: $f(x) = a_0 + a_1 \cdot x, x_{i-1} \le x \le x_i$. Коэффициенты a_0 и a_1 находим по формуле: $a_0 = f(x_{i-1}) - a_1 \cdot x_{i-1}, a_1 = \frac{f(x_i) - f(x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}}$. При использовании линейной интерполяции сначала нужно определить интервал, в который попадает значение x, а затем подставить его в выражение, используя коэффициенты для данного интервала.

По табл.8 известно определим диапазон предполагаемого количества дней. $K_{доп}$ = 0,71 за 6 часов пребывания находится между: 0,83 (10 суток) и 0,68 (15 суток). Подставляя в формулы, получим: $y = 15 + \frac{15-10}{0,68-0,83}(0,71-0,68) = 14 суток$

Таблица 8. Коэффициент для определения доз облучения $К_{доз}$ по значению лозы на 1 час после аварии реактора типа РБМК

Время начала облучения	Продолжительность пребывания в зоне загрязнения, часы								
часы	1	3	5	6	7	9	12	15	18
1	0,90	2,42	3,71	4,31	4,88	5,95	7,43	8,79	10,0
2	0,79	2,17	3,40	3,97	4,51	5,55	6,99	8,32	9,57
3	0,71	2,01	3,17	3,72	4,25	5,25	6,65	7,95	9,18
5	0,62	1,79	2,85	3,37	3,66	4,81	6,14	7,39	8,57
6	0,59	1,71	2,74	3,23	3,71	4,63	5,94	7,16	8,33
7	0,56	1,64	2,64	3,12	3,58	4,48	5,76	6,96	8,11
9	0,52	1,52	2,47	2,92	3,37	4,23	5,45	6,82	7,73
Сутки									
1	0,37	1,10	1,82	2,17	2,51	3,19	4,18	5,13	6,06
2	0,28	0,85	1,41	1,68	1,95	2,50	3,29	4,07	4,83
3	0,24	0,72	1,19	1,43	1,66	2,13	2,81	3,49	4,19
5	0,19	0,57	0,96	1,15	1,33	1,71	2,27	2,83	3,37
10	0,13	0,41	0,69	**0,83**	0,97	1,24	1,65	2,06	2,47
15	0,11	0,34	0,56	**0,68**	0,79	1,02	1,35	1,69	2,03

Ответ на поставленную задачу: через 14 дней при данном уровне загрязнения можно будет работать всю рабочую смену продолжительностью 6 часов на открытой местности.

Заключение

Ноксологические знания разнообразны и многослойны, безусловно, они нужны будущему инженеру по охране труда. Опираются эти знания на математические методы, которые обогащают и усиливают ноксологию, как дисциплину. Математические методы позволяют решить задачи разного уровня и разной специфики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдилмуратов Ж.С. Основные принципы и аксиомы ноксологии / Ж.С. Абдилмуратов, С.Ж. Акматова // Инженер: научное и периодическое издание Инженерной академии Кыргызской Республики. 2015. С.196-200.

2. Барышев Е.Е. Ноксология: учебник / Е.Е.Барышев, А.А.Волкова, Г.В.Тягунов, В.Г.Шишкунов; под общ. ред. Е.Е.Барышева. Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2014. 160 с.
3. Дорохин Ю.С. Ноксология: учеб. пособие / Ю.С.Дорохин, А.Н. Сергеев, П.Н.Медведев и др. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. 134 с.
4. Драпей К.И. Ноксология – теоретическая основа формирования культуры безопасности жизнедеятельности в образовательной среде / К.И.Драпей, С.Г. Нестеренко // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2019. №4 (42). С.9-17.
5. Осикина Р.В. Принципы ноксологии в защите окружающей среды и человека / Р.В.Осикина, А.С.Теблоева // В сборнике: химия и химическое образование. XXI век. 2014. С.197-201
6. Сулименко В.А. Ноксология: учеб. пособие / Сулименко В.А., Грушева Т.Г.: – М.: Академия ГПС МСЧ России, 2015. 152 с.
7. Тимофеева С.С. Ноксология : практикум – Иркутск : Изд-во ИрГТУ. 2013. 140 с.
8. Толстых О.Д. Специальные разделы высшей математики: учеб. пособие / О.Д.Толстых, С.В Миндеева. – Иркутск: ИрГУПС, 2016. 156 с.
9. Толстых О.Д. Специальные разделы высшей математики: практикум / О.Д.Толстых, С.В Миндеева. – Иркутск: ИрГУПС, 2016. 72 с.

REFERENCES

1. Abdilmuratov ZH.S. Osnovnye principy i aksiomy noksologii [Basic principles and axioms of noxology]: Inzhener: nauchnoe i periodicheskoe izdanie Inzhenernoj akademii Kyrgyzskoj Respubliki. 2015. pp.196-200.
2. Baryshev E.E. Noksologiya: uchebnik / E.E.Baryshev, A.A.Volkova, G.V.Tyagunov, V.G.SHishkunov; pod obshch. red. E.E.Barysheva. Ekaterinburg : Izd-vo Ural. Un-ta, 2014. 160 p.
3. Dorohin YU.S. Noksologiya: ucheb. posobie / YU.S.Dorohin, A.N. Sergeev, P.N.Medvedev i dr. Tula: Izd-vo TulGU, 2017. 134 p.
4. Drapej K.I. Noksologiya – teoreticheskaya osnova formirovaniya kul'tury bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti v obrazovatel'noj srede [Noxology – the theoretical basis for the formation of a culture of life safety in the educational environment]: Psihologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obshchestva. 2019. №4 (42). pp.9-17.
5. Osikina R.V. Principy noksologii v zashchite okruzhayushchej sredy i cheloveka [Principles of noxology in environmental and human protection] : V sbornike: himiya i himicheskoe obrazovanie. XXI vek. 2014. pp.197-201
6. Sulimenko V.A. Noksologiya: ucheb. posobie / Sulimenko V.A., Grusheva T.G.: – M.: Akademiya GPS MSCH Rossii, 2015. 152 p.
7. Timofeeva S.S. Noksologiya : praktikum – Irkutsk : Izd-vo IrGTU. 2013. 140 p.
8. Tolstyh O.D. Special'nye razdely vysshej matematiki: ucheb. posobie / O.D.Tolstyh, S.V Mindeeva. – Irkutsk: IrGUPS, 2016.156 p.
9. Tolstyh O.D. Special'nye razdely vysshej matematiki: praktikum / O.D.Tolstyh, S.V Mindeeva. – Irkutsk: IrGUPS, 2016.72 p.

Информация об авторах

Пряхина Елизавета Александровна – студентка 1-го курса факультета «Строительство железных дорог», направление подготовки «Техносферная безопасность», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: *eliz.pryahina@yandex.ru*

Чумакова Анна Васильевна – студентка 1-го курса факультета «Строительство железных дорог», направление подготовки «Техносферная безопасность», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: *anna19.chumakova@yandex.ru*

Миндеева Светлана Вильсуровна – старший преподаватель кафедры «Математика», Иркутский государственный университет путей и сообщения, г. Иркутск, e-mail: *pasha15032007@yandex.ru*

Authors

Pryachina Elisaveta Alexandrovna – student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: *eliz.pryahina@yandex.ru*

Chumakova Anna Vasilyevna – student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: *anna19.chumakova@yandex.ru*

Mindeeva Svetlana Vilsurovna – senior lecturer Subdepartment of Mathematics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: *pasha15032007@yandex.ru*

Для цитирования

Пряхина Е.А. Применение математических методов в ноксологии [Электронный ресурс] / Е. А. Пряхина, А. В. Чумакова, С. В. Миндеева // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №12. — Режим доступа: http://mnv.irgups.ru/toma/121-2021, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 07.06.2021)

For citation

Pryachina E.A., Chumakova A.V., Mindeeva S.V. *Application of mathematical methods in noxology*. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 12. [Accessed 07/06/21]