**Тема:** “Разработка интеллектуальной системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу химико-технологическими предприятиями”

**Проблема:** В настоящее время негативные влияния промышленных источников на атмосферный воздух привели к значительному ухудшению его качества, что отразилось и на здоровье человека, и на состоянии окружающей среды в целом.

**Цель**

Разработка интеллектуальной системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу химико-технологическими предприятиями, которая учитывает экологические факторы при выработке управляющих воздействий в режиме реального времени, направленных на снижение валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, и методики расчета оптимальных долей изменения режимов работы предприятий на базе технологий искусственного интеллекта в условиях неполной и нечеткой информации.

**Задачи:**

· провести анализ существующих систем управления производственной деятельностью;

· систематизировать многолетнюю информацию по метеоусловиям и выбросам предприятий г.Новомосковска для поддержки процесса моделирования распространения загрязнения в атмосферном воздухе;

· разработать структурную схему системы управления, базы данных (БД), базы знаний (БЗ), продукционные модели представления знаний подсистем интеллектуальной управляющей системы;

· разработать метод вычисления вклада каждого предприятия - источника загрязнения в суммарную концентрацию ЗВ;

· разработать метод вычисления долей изменения нагрузки предприятий в соответствии с их долями в валовых выбросах ЗВ в атмосферный воздух;

· обеспечить в защищенном режиме передачу управляющих воздействий для лиц, принимающих решения на предприятиях.

**Научная новизна:**

· предложен новый подход к представлению зависимостей между процедурами принятия решений по управлению производствами и процессом контроля загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона, направленных на снижение валового выбросов в атмосферу с учетом вклада каждого из предприятий-источников загрязнения в валовых выбросах;

· разработана интеллектуальная система снижения валового выброса, в которой применяются технологии искусственного интеллекта для вычисления долей изменения нагрузки предприятий в соответствии с их долями в валовых выбросах ЗВ в атмосферу в условиях неполной и нечеткой информации;

· разработан комбинированный метод вычислений с использованием математического аппарата нечеткой логики и компьютерного моделирования физических сред, позволяющий определить вклад каждого источника выброса вредных веществ в суммарный выброс в атмосферном воздухе;

· разработан метод вычисления оптимальных соотношений, в соответствии с которым происходит изменение режимов работы предприятий с учетом их вкладов в валовых выбросах ЗВ в атмосферу в режиме реального времени;

· разработана специальная методика создания системы управления предприятиями химического комплекса с организацией обратной связи через виртуальную частную сеть с защищенным удаленным доступом, которая может быть рекомендована в качестве типовой структуры системы управления в любом промышленном регионе РФ.

**План магистерской диссертации**

Введение

Глава 1. Анализ проблем управления сложными промышленными объектами с учетом экологических параметров

1.1 Влияние химико-технологических систем на экологическое состояние окружающей среды

1.2 Проблемы управления сложными системами

1.3 Использование методов оптимизации при решении задач автоматизированного управления

1.4 Обзор интеллектуальных систем, применяемых для целей управления сложными системами

Выводы по первой главе

Глава 2. Описание объекта исследования и управления

2.1 Общая характеристика промышленного кластера г. Новомосковска Тульской области

2.2 Структура и характеристики систем управления

2.3 Проблемы при создании канала управления, учитывающего выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Выводы по второй главе

Глава 3. Научно-методические основы построения интеллектуальной системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу химико-технологическими предприятиями

3.1 Функциональная структура интеллектуальной системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу

3.2 Применение нечеткой логики для вычисления вклада предприятий в суммарное загрязнение окружающей среды

3.3 Расчет рекомендуемых управляющих воздействий по изменению режимов работы предприятий на основе генетического алгоритма с целью снижения уровня загрязнения окружающей среды

3.4 Методы выбора оптимальных параметров и структуры системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу

3.5 Метод выбора оптимальных параметров нечеткой системы определения вкладов предприятий

3.6 Метод выбора оптимальной структуры системы управления

3.7 Разработка системы передачи информации о рассчитанных управляющих воздействиях для лиц, принимающих решения на предприятиях

Выводы по третьей главе

Глава 4. Практическое применение интеллектуальной системы снижения валового выброса в атмосферу химико-технологическими предприятиями промышленного кластера г.Новомосковска Тульской области

4.1 Разработка структуры интеллектуальной системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу химико-технологическими предприятиями

4.2 Подсистема вычисления вклада предприятий в суммарное загрязнения атмосферного воздуха

4.2.1 Блок моделирования

4.2.2 Блок нечеткого вычисления

4.3 Подсистема вычисления управляющих воздействий по изменению режимов работы предприятий

4.4 Выбор оптимальных параметров и структуры автоматизированной системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу

4.5 Подсистема передачи информации о рассчитанных управляющих воздействиях

4.5.1 Настройка серверной части

4.5.2 Настройка клиентской части

4.6 Обсуждение результатов и рекомендации

4.6.1 Общие рекомендации

4.6.2 Вспомогательные рекомендации предприятиям по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Выводы по четвертой главе

Заключение

**Ключевые источники**

Вильданов Р.Г., Капустин Г.В., Крючко Е.Ю. Статические методы управления в производстве // Современные проблемы науки и образования, выпуск № 3, 2014.

Бабкин В.В., Успенский Д.Д. Химические кластеры и припортовые заводы: Новый взгляд. М., 2013. 159 c.

Вент Д.П., Волков В.Ю., Луэ Ху Дык. О возможности использования интеллектуального регулятора в дополнительном контуре системы управления. Известия ТулГУ. Технические Науки. Тула, 2013, выпуск 2. С. 48-53.

Волков В.Ю., Луэ Ху Дык. Проблема защиты информации в

системах управления с удаленными доступом и вариант ее решения. Известия ТулГУ. Технические

Науки. Тула, 2013, выпуск 2. С. 65-71.

Луэ Ху Дык, Волков В.Ю. Метод определения степени влияния входных воздействий на выходные параметры многосвязного объекта управления. Известия ТулГУ. Технические Науки. Тула, 2013, выпуск 10. С. 277-282.

**Предварительный список литературы**

1. Об охране окружающей среды. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2012 (ред. от 12.03.2014 № 27-ФЗ).

2. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. СПБ., 1992.

3. Стандарты ИСО: ГОСТ Р ИСО 9001-96, 9002-96, 9003-96; ГОСТ Р ИСО 14000, 14001, 14004.

4. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. М.: КолосС, 2010. 526 с.

5. Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г. Промышленная экология. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 247с.

6. Макаров В. В., Сбоева Ю. В. Многокритериальная оптимизация ассортимента и качества химической продукции [Текст]: учебное пособие. Министерство образования и науки Российской Федерации, Российский химико-технологический ун-т им. Д.И. Менделеева. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. 99 с.

7. Макаров В.В. Оптимальная организация производств многономенклатурной химической продукции . Хим. Пром-сть, № 1 2008. с. 29-35.

8. Сбоева Ю.В. Многокритериальная оптимизация блочно-модульных химико-технологических систем (на примере производства азокрасителей): дис. канд. техн. наук., М., 1995. 139 с.

9. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи приниятия решений: Учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2008. 197 с.

10. Зайцев М.Г., Варюхин С.Е. Метод оптимизации управления и приниятия решений: примеры, задачи, кейсы: учебное пособие. 2-е изд., испр. М.: Издательство «Дело» АНХ, 2008. 664 с.

11. Мухленов И.П. Общая химическая технология, ч 1, 2. М.: Высшая школа, 1984. 255 и 263 с.

12. Гумеров Ас.М., Валеев Н.Н., Гумеров Аз.М., Емельянов В.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов. Учебное пособие. Казань, 2006. 216 с.

13. Гордеев Л.С., Кадосова Е.С., Макаров В.В., Сбоева Ю.В. Математическое моделирование химико-технологических систем. Часть 1. Методологические и теоретические основы. М.: РХТУ, 1999. 48 с.

14. Черномуров Ф.М., Ануфриев В.П., Теслюк Л.М. Энерго- и

ресурсосбережение в нефтегазохимическом комплексе. Учебное пособие. Экатеринбург, 2014. 252 с.

15. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. Учебник для вузов. М.: Химия, 1991. 432 с.

16. Бесков В.С., Фурмер И.Э., Давидханова М.Г. Химико-технологические системы. М.: РХТУ, 1984. 48 с.

17. Дементиенко А.В., Кузьмина Ю.А., Савицкая Т.В. Разработка баз данных информационно-моделирующей системы мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXVII, №1 (141). М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. С. 7-12.

18. Кузнецова, Харлампиди, Иванов: Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем. Издательство: Лань, 2014. 384 с.

19. Островский Г.М., Волин Ю.М., Зиятдинов Н.И. Методы оптимизации химико-технологических процессов. Учебное пособие. Издательство: Книжный дом "Университет" (КДУ), 2008. 424 с.

20. Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И., Островский Г.М. Новые подходы к проектированию химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях интервальной неопределенности. М.: Издательский дом «Спектр», 2012. 344 с.

21. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе распознавания образов. Краснодар: Техн. ун-т Кубан. гос. технол. ун-та, 1999. 318 с.

22. Афанасьева О.В., Голик Е.С., Первухин Д.А. Теория и практика моделирования сложных систем Д.А. СПБ: СЗТУ, 2005. 131с.

23. Гизатуллин Х.Н. Проблемы управления сложными системами. Вестник ОГУ, 2005. С. 17-21.

24. Гордеев Л.С., Бобров Д.А., Макаров В.В., Сбоева Ю.В. Оптимизация ассортимента многономенклатурной продукции и моделирование многопродуктовых химико-технологических систем: РХТУ им. Д.И. Менделеева. М., 2002. 56 с.

25. Герасименко М.В., Савицкая Т.В. Алгоритм управления безопасностью химико-технологических систем // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXVI , № 1 (130). М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. С. 34-37. 26. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий. М.: Химия, КолосС, 2004. 416 с.

26. Мешалкин В.П. Эксперные системы в химической технологии. Основы теории, опыт разработки и применения. М. : Химия, 1995. 368 с.

27. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Марков Е.П. Системный анализ процессов химической технологии. Применение метода нечетких множеств. М.: Наука, 1986. 359 с.

28. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Эдельштейн Ю.Д., Вент Д.П. Экологический мониторинг окружающей среды. Учебное пособие. М.: Химия, 2005. 403 с.

29. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, Гл. ред. фиэ-мат. лит., 1982. 320 с.

30. Бачкала О.В. Информационно-аналитическая система управления безопасным обращением химической продукции: дис. канд. тех. наук. М.: 2013. 191 с.

31. Кольцов Ю.В., Бобошко Е.В. Сравнительный анализ методов оптимизации для решения задачи интервальной оценки потерь электроэнергии. Журнал «Компьютерные исследования и моделирования», Т.5 №2, 2013. С. 231-239.

32. Минаков И.А. Сравнительные анализ некоторых методов случайного поиска и оптимизации. Известия Самарского научного центра РАН, №2, 1999. С. 286-293.

33. Газизов Т.Т. Классификация методов глобальной оптимизации для решения задач безопасности. Доклады ТУСУРа, №2 (18), часть 1, 2008. С. 130-131.

34. Мастяева И.Н., Семенихина О.Н. Методы оптимизации. Учебное пособие. М.: МЭСИ, 2003. 135 с.

35. Ларин Р.М., Плясунов А.В., Пяткин А.В. Методы оптимизации. Учебное пособие. Нвосиб. Ун-т Новосибирск, 2003. 115 с.

36. Рачков М.Ю. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системаи. Учебное пособие. М.: МГИУ, 2005. 136 с.

37. Клименко Е.Т. Гауссовская математическая модель рассеяния вредных веществ в атмосфере. М.: ООП ГАНГ, 1998. 26 с.

38. Ньюстадт и Ван Доп Х. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 351 с.

39. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. Серия: Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения. М.: Наука, 2006. 410 с.

40. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Вент Д.П, Эдельштейн Ю.Д, Дмитриева О.В. Разработка интегрированной автоматизированной системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха. Химическая промышленность, 1999. С. 387-398.

41. Смирнов В.Н. Принципы автоматизированного управления природопромышленными комплексами «химическое производство-окружающая среда»: дисс. д-ра. техн. Наук. М., 1998. 377 с.

42. Берлянд M. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 448 с.

43. Примак А. В., Кафаров В. В., Качиашвили К. И. Системный анализ контроля и управления качеством воздуха и воды. Киев: Наукова думка, 1991. 390 с.

44. Джарратано Джозеф, Райли Гари. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание.: Пер. с англ. М.: “И.Д. Вильямс”, 2007. 1152 с.

45. Вагин В.Н., Еремеев А.П. Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. № 6. С. 114-123.

46. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и системы управления, № 1, 2005. С. 97-109.

47. Машкин М.Н. Информационные технологии. Учебное пособие. М.: ВГНА, 2008. 200 с.

49. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект современный подход,2-е изд.: Пер. с англ. М.: издательский дом “Вильямс” , 2006. 1408 с. 50. Керов Л.А., Частиков А.П., Юдин Ю.В., Юхтенко В.А. Экспертные системы: Инструментальные средства разработки: Учебн. пособие. СПб.: Политехника, 1996. 220 с.

51. К. Дж. Дейт. Введение в системы баз данных. Восьмое издание. Издательство Вильямс, 2006. 1328 с.

52. Горшков М.В. Экологический мониторинг. Учеб. пособие. 2-е изд. испр. и доп. Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. 300 с.

53. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. Учебное пособие к курсу «Нейронные сети» для студентов 5 курса магистратуры к. электроники физического ф-та Воронежского Государственного университета, 1999. 74 с.

54. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. М.: Мир, 1992. 184 с.

55. Pankaj Mehra, Benjamin W. Wah. Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992. 667 p.

56. Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Бенамеур Л. Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе. Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2003. 208 с.

57. Жианчанг Мао, Энил Джейн. Введение в искусственные нейроные сети. Выпуск 29, номер 3, Мичиганский Государственный университет, США, 1996. С. 3-14.

58. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия-Телеком, 2002. 382 с.

59. Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы: Монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 142 с.

60. Липатова С.В. Сборник задач по курсу «Интеллектуальные информационные системы». Учебное пособие. - Ульяновск: УлГУ, 2010. 64 с.

61. Афоничкин А.И., Матвеев Л.А., Макаркин Н.П., Сажин Ю.В. Системы поддержки в теории и практике оценки управленческих решений. Учебное пособие. - Саранск: изд-во Мордов. Ун-та, 1995. 224 с.

62. Янкина И.А. Методическое пособие по Дисциплине «Интегрированные системы проектирования и управления». М.: МГУИЭ, 2011. 26 с.

63. Зырянов В.Г. Системы управления многосвязными объектами: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. 112 с.

64. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Интегрированные системы проектирования и управления. Структура и состав: Учеб. Пособие. М.: Издательство Машино-строение-1, 2006. 172 с.

65. Мамиконов А.Г. Методы разработки автоматизированных систем управления. М.: Энергия, 2009. 336 с.

66. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами, 2009. 550 с.

67. Шапиро Ю.З. АСУ химическими производствами. Унифицированные решения. - М.: Химия, 1983. 224 с.

68. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. Учебн. для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1985. 352 с.

69. Голованов О.В. Системы оперативного управления химических производств. М.: Химия, 1972. 200с.

70. Пиггот С.Г. Интегрированные АСУ химическими производствами. М.: Химия, 1985. 120 с.

71. Муравьева Е.А. Интегрированные системы проектирования и управления: Учебное пособие. Уфа: Издательство УГНТУ, 2008. 337 с.

72. Власов Б.В. Автоматизированная система управления предприятием. Уч. пособие. М.: «Высш. школа», 1977. 224 с.

73. Пляскин А.К. Основы автоматизированных систем управления предприятием. Учебное пособие: Часть 1. Хабаровск: ДВГУПС, 2005. 119 с.

74. Ицкович Э.Л. Оперативное управление непрерывным производством: задачи, методы, модели. Первозванский; АН СССР, Ин-т пробл. управления. М.: Недра, 1989. 154 с.

75. Пятковский О.И. Автоматизированная система управления производством предприятия: Учебное пособие. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. 95 с.

76. Зеленков А.В., Латкин М.А., Митрахович М.М. Автоматизированные системы управления предприятия. Учебное пособие. Харьков: Нац. аэрокосмический университет «Харьк. Авиац. Ин-т», 2002. 45 с.

77. Полоцкий Л.М., Лапшенков Г.И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. М.: Химия, 1982. 295 с.

78. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот М.Д. Статические и динамические экспертные системы: Учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 1996. 320 с.

79. Поллак Г.А. Инструментальные средства разработки экспертных систем:

Учебное пособие. Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. 65 с.

80. Герман О.В. Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний. М.: ДизайнПРО, 1995. 255 с.

81. Осуги С., Саэки Ю. Приобретение знаний: Перевод с япон. М.: Мир, 1990. 304 с.

82. Осуга С. Обработка знаний: Пер. с япон. М.: Мир, 1990. - 293 с.

83. Мохов В.А. Разработка алгоритмов прямого синтеза аппроксимирующих искусственных нейронных сетей: дис. канд. тех. наук. Ростов на Дону, 2005. 179 с.

84. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. - М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

85. Колесников А.В., Кириков И.А., Листопад С.В., Румовская С.Б., Доманицкий А.А. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. М.: ИПИ РАН, 2011. 295 с.

86. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технологии разработки. СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001. 710 с.

87. Kandel A. Fuzzy intelligent hybrid expert system and their application. IEEE, 1995. P. 2275-2280.

88. Кудинов Ю.И., Дохоров И.Н., Пащенко Ф.Ф. Нечеткие регуляторы и системы управления. Журнал «Проблемы управления», Выпуск № 3, Инсутитут проблемы управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2004, Москва. С. 2-14.

89. Дорохов И.Н., Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Экспертные системы для совершенствования промышленных процессов гетерогенного катализа. М.: Наука, 1989. 376 с.

90. Михайлова П.Г. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению безопасностью химических производств: дис. канд. тех. наук. М.: 2006. 194 с.

91. Лёвушкина С.А. Интеллектуальная система поддержки принятия решений по управлению качеством атмосферного воздуха на химических предприятиях: дис. канд. тех. наук. М.: 2010. 186 с.

92. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: Универсум, 2001. 756 с.

93. Конышева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств. Учебное пособие. Издательство: Питер, 2011. 192 с.

94. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. 201 с.

95. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. Издательство: Финансы и статистика, 2009. 320 с.

96. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. К.: Радиоаматор, 2008. 972 с.

97. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия - Телеком, 2007. 288 с.

98. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 736 с.

99. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритм. М.: ФизМатЛит, 2006. 320 с.

100. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы. Учебно-методическое пособие. Астрахань: АГУ, 2007. 87 с.

101. Стивен Браун. Виртуальные частные сети. Издательство: Лори, McGraw-Hill Companies, 2001. 503 с.

102. Олифер В.Г, Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. 3-е здание, издательство: Питер, 2007. - 960 с. 103. Запенчинков С.В., Милославская Н.Г., Толстой А.И. Основы построения виртуальных частных сетей: Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 249 с.

103. Гусев Д.М., Дударов С.П. Исследование и настройка генетического алгоритма вещественного кодирования с использования тестовой функции Швефеля // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXVII, № 1 (141). М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. С. 37-42.

104. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащих в выбросах предприятий. Ленинград: Изд-во Гидрометеоиздат, 1987. 94 с.

105. Методика расчета нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для групп источников загрязнения. МРН-87, 1995. 25 c.

106. ГОСТ 17.2.3.02-2014. Межгосударственный стандарт. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями. Приказом Росстандарта от 20.03.2014 N 208-ст.

108.СН 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий. Москва, 2003. 109. Рекомендациями по оформлению и содержанию проекта нормативов ПДВ в атмосферу для предприятий, 1987.

110. РД 52.04.253-90. Руководящий документ. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Ленинград: Изд-во Гидрометеоиздат, 1990. 24 c.

111. Положение об оценке воздействия на окружающую среду в Российской федерации, Министерство охраны природы и воспроизводства природных ресурсов РФ, приказ №222 от 18.07.94.

112. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/час. - Ленинград: Гидрометиздат, 1985.

113. РД 34.02.305-98. Методика определения валовых и удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций, 1998. 114. РД 52.04.52-85. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987.

114. Earth Science Module. User’s Guide. - Version: November 2008, COMSOL 3.5a, COMSOL Ltd, Hertfordshire, UK, p. 158.

115. Красников Г.Е., Нагорнов О.В., Старостин Н.В. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics. Учебное пособие. М.: МИФИ, 2012. 184 с.

116. Горбунов В.А. Моделирование теплообмена в конечно-элементном пакете FEMLAB. Учеб. пособие. Иваново, 2008. 216 с.

117. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. Изд-во 2-е. М.: Статистика, 1980. 263с.

118. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и Связь, 1982. 431 с.

119. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Дударов С.П. Использование искусственных нейронных сетей для прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха промышленными источниками выбросов опасных химических веществ // Химическая технология, № 1, 2004. С. 35-42.

120. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Дударов С.П. Использование искусственных нейронных сетей для идентификации промышленных источников загрязнения атмосферного воздуха. Часть 1. Идентификация аварийных источников загрязнения атмосферного воздуха // Химическая промышленность сегодня, 2004, №6. С. 39-45.

121. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Дударов С.П. Использование искусственных нейронных сетей для идентификации промышленных источников загрязнения атмосферного воздуха. Часть 2. Идентификация аварийных источников загрязнения атмосферного воздуха // Химическая промышленность сегодня, 2004, №8. С. 32-41.

122. Егоров А.Ф, Дударов С.П., Лёвушкин А.С. Информационная система нейросетевого моделирования загрязнения воздуха промышленными источниками на основе генетического алгоритма обучения. Химическая промышленность сегодня, 2009, № 12. С. 21-29.

123. Савицкая Т.В., Дударов С.П., Лёвушкина С.А., Егоров А.Ф., Лёвушкин А.С. Использование искусственных нейронных сетей для прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха аварийными источниками при изменяющихся метеоусловиях. Экологические системы и приборы, 2007, № 10. С. 45-50.

124. Гусев Д.М., Дударов С.П. Исследование и настройка генетического алгоритма вещественного кодирования с использованием тестовой функции Швефеля // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXVII, № 1 (141). М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. С. 37-42.

125. Иванов Д.Я. Использование принципов роевого интеллекта для управления целенаправленным поведением массово-применяемых микророботов в экстремальных условиях. «Известия высших учебных заведений.

Машиностроение», Выпуск № 9, МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. С. 70-78. 127.Земских Л.В., Самаров Е.К., Жданов А.А., Бабкова В.В. Применение генетических алгоритмов для оптимизации адаптивной системы управления мобильного робота на параллельном вычислительном комплексе. Труды Института системного программирования РАН, Том 7, 2004. С. 79-104.

128. Запасная Л.А. Интеллектуальная автоматизированная система подготовки химиков-технологов: дис. канд. тех. наук. М.: 2014. 227 с.

129. До Мань Хунг. Информационная система контроля и управления технологическими процессами первичной переработки нефти по показателям качества продукции: дис. канд. тех. наук. М.: 2013. 182 с.

130. Егоров А.Ф., Михайлова П.Г., До Мань Хунг. Нечеткая система управления показателями качества продукции первичной переработки нефти // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Том 19, № 4, 2013. С. 758-764

131. Дык Л.Х., Волков В.Ю., Самахар Башир, Харламов М.И. Обзор состояния автоматизированных систем экологического мониторинга в начале XXI века // Вестник МАСИ. Информатика, экология, экономика. Том 12 Часть II. М., 2010. С. 29-33.

132. Луэ Ху Дык, Волков В.Ю., Кузнецова К.С. Интеллектуальная система вычисления долей сокращения выбросов предприятий с целью обеспечения оптимального качества атмосферного воздуха // Вестник МАСИ. Информатика, экология, экономика. Том 14 Часть I. М., 2012. С. 172-179.

133. Луэ Ху Дык, Волков В.Ю. Проблема контроля за технологическими выбросами в атмосферу на вредных и опасных производствах // Вестник МАСИ. Информатика, экология, экономика. Том 13 Часть I. М., 2011. С. 175-178.

134. Волков В.Ю., Луэ Ху Дык. Интеллектуальная система выработки рекомендаций по снижению выбросов в атмосферу химико-технологическими предприятиями. Труды XIV Международной конференции: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Самара, 2012. С. 278-285.

135. Луэ Ху Дык, Волков В.Ю, Рогачев А.Ю. Комбинированный метод определения вклада каждого предприятия-источника загрязнения в валовой выброс ЗВ в атмосферу. ХIV научно-техническая конференции молодых ученых, студентов, аспирантов, Часть II, НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск, 2012. С. 69-70.

136. Луэ Ху Дык, Волков В.Ю. Разработка продукционных правил для представления знаний в ЭС определения базовых вкладов предприятий. ХIV научно-техническая конференции молодых ученых, студентов, аспирантов, Часть II, НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск, 2012. С. 70-71.

137. Волков В.Ю., Дык Л.Х. Моделирование распространения загрязненного воздуха по территории северной части МО г.Новомосковск. ХIII научнотехническая конференции молодых ученых, студентов, аспирантов, Часть II, НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск, 2011. С. 56-57.

138. Вент Д.П., Волков В.Ю., Луэ Ху Дык. Интеллектуальная система выработки рекомендаций по снижению выбросов в атмосферу. Известия ТулГУ. Технические Науки. Тула, 2012, выпуск 3 . С. 263 - 271.