Введение

Актуальность работы. На территории промышленных регионов располагается большое количество предприятий разных видов деятельности. Все эти промышленные предприятия во время своей работы выбрасывают в атмосферный воздух большое количество загрязняющих веществ (ЗВ). При этом может возникнуть ситуация, когда суммарная концентрация ЗВ в атмосферном воздухе превысит ПДК, однако концентрация этого ЗВ, выбрасываемого отдельными предприятиями в атмосферу, не превышает ПДК. Для повышения и обеспечения качества окружающей среды промышленного региона необходимо не только совершенствовать технологию и проводить модернизацию оборудования на каждом предприятии, но и систем контроля и управления степенью загрязнения атмосферного воздуха комплексом этих промышленных предприятий. 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. Поэтому, контроль и управление степенью загрязнения атмосферного воздуха от промышленных источников является весьма актуальной задачей.

На сегодняшний день управление предприятиями промышленного комплекса, особенно сложными химико-технологическими системами является нетривиальной задачей. Большое количество перекрестных связей и их взаимное влияние существенно усложняют процесс управления. Отсутствие аналитических зависимостей между выходами и входами объектов управления или их чрезмерная сложность делает невозможным реализацию автоматического управления традиционными методами. Это особенно заметно при попытке синтеза системы управления концентрацией загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере.

В настоящее время развитие различных научных, производственных и экологических отраслей невозможно без применения средств вычислительной техники и современных интеллектуальных информационных технологий. Это обусловлено тем, что многие современные задачи практически не могут быть решены классическим методами из-за очень большой сложности и размерности математических моделей, которые их описывают. Задачи определения управляющих воздействий по снижению выбросов (определения долей изменения нагрузки предприятий) в атмосферу являются комбинаторными задачами большой размерности и степени изменения условий.

Обеспечить экологическую безопасность людей невозможно без выполнения контроля источников загрязнения. Для остановки единых требований к организационным основам, информационному обеспечению, техническому оснащению и методологии контроля источников загрязнения атмосферы создано руководство ОНД-90 [2]. Руководство включает в себя перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю; категории опасности предприятий и периодичность их проверок; перечень подлежащих проверке сторон деятельности предприятий; решения, принимаемые по итогам проверок и т.п., однако срок действия этого руководства закончился в 1996 году.

На территории г.Новомосковска Тульской области располагаются более 100 промышленных предприятий. Основные источники загрязнения г.Новомосковска представлены в таблице 1. Большинство этих предприятий является постоянно действующими источниками загрязнения атмосферного воздуха.

Таблица 1 - Основные загрязнители и ЗВ в атмосферном воздухе в г. Новомосковске Тульской области

Основные предприятия г.Новомосковска Основные ЗВ

ОАО НАК «Азот» NO, NO2, NO3, HCl, Cl2, H2SO4, CH3OH, SO2, CO

«P&G - Новомосковск» Пыль, SO2, CO, NO, NO2

ООО «Аэрозоль-Новомосковск» Сольвентнафталин, SO2, CO, NO, NO2

ООО «Полипласт» Фафталин, SO2, CO, NO, NO2

ООО «Оргсинтез» Сажа, SO2, CO, NO, NO2

КНАУФ-ГИПС-Новомосковск Пыль, SO2, CO, NO, NO2

В рамках подпрограммы «Экология и природные ресурсы Тульской области на 2014 - 2020 годы» государственной программы «Охрана окружающей среды Тульской области» предусматриваются создание и оснащение системы контроля за состоянием атмосферного воздуха в области. В частности, в 2014 году для Новомосковска приобретен передвижной экологический пост, на что в консолидированном бюджете области предусмотрено 3,6 млн. рублей.

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в г.Новомосковске Тульской области проводится на 3 стационарных постах (таблица 2).

Таблица 2 - Перечень постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха на территории г.Новомосковска Тульской области

№ поста наблюдения Программа отбора проб воздуха

ПНЗ №1, ул. Мира, 54 неполная

ПНЗ №2, ул. Калинина, 14 неполная

ПНЗ №3, ул. Школьная, школа №8 неполная

Неполная программа - отбор проб в 07, 13, 19 часов ежедневно, кроме воскресенья. Средние результаты лабораторных исследований загрязнений представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень ЗВ г.Новомосковска с превышением ПДК и средние результаты лабораторных исследований загрязнений

Номер поста наблюдения Наименование вещества Исследовано проб

Всего В том числе

До 1 ПДКм.р. 1.1-5.0 ПДКм.р. 5.1-10.0 ПДКм.р. >10.0 ПДКм.р.

ПНЗ № 1 Взвешенные вещества 915 910 5 - -

Диоксид серы 915 913 2 - -

Оксид углерода 915 912 3 - -

Диоксид азота 915 914 1 - -

Оксид азота 915 915 - - -

Аммиак 915 909 3 - -

Формальдегид 915 899 20 - -

ПНЗ№ 2 Взвешенные вещества 915 915 - - -

Оксид углерода 915 911 - - -

Диоксид азота 915 909 6 - -

Фенол 915 910 5 - -

Формальдегид 915 900 15 - -

Бенз(а)пирен 12 8 4 - -

ПНЗ №3 Взвешенные вещества 915 915 - - -

Оксид углерода 915 914 1 - -

Диоксид азота 915 911 4 - -

Оксид азота 915 915 - - -

Аммиак 915 903 12 - -

Формальдегид 915 900 15 - -

Основным недостатком существующих систем мониторинга экологического состояния промышленных регионов, например, таких как муниципальное образование (МО) «город Новомосковск» Тульской области, является то, что полученные с их помощью данные не учитываются при управлении технологическими процессами химико-технологических предприятий. Это связано с отсутствием математических моделей, описывающих взаимосвязь между производственной нагрузкой предприятий (производительностью) и распределением концентрации ЗВ, выделяемых в атмосферу в результате функционирования этих предприятий, а также, с отсутствием диалоговых подсистем, включенных в состав автоматизированных систем экологического мониторинга, позволяющих на основе полученных данных о концентрации ЗВ и метеоусловиях обеспечить поддержку принятия решений по управлению выбросами в атмосферный воздух.

Особенности управления предприятиями производственного комплекса:

• реальные промышленные комплексы обычно являются сложными многосвязными объектами управления (ОУ), т.е. имеют несколько входов и несколько выходов. Процесс управления этими ОУ существенно усложняется присутствием большого количества перекрестных связей и их взаимного влияния;

• отсутствие аналитических зависимостей между выходами и входами объектов управления или их чрезмерная сложность делает невозможным реализацию автоматического управления традиционными методами;

• промышленные комплексы как сложные многосвязные объекты обладают неопределенностью поведения, нестационарностью параметров, большим энергоресурсом, большой динамической инерционностью. Поэтому, чтобы обеспечить поддержку принятия решений при управлении предприятиями промышленного комплекса с учетом экологических параметров, необходимо применить интеллектуальные методы, экспертные системы и новые информационные технологии;

• большинство существующих систем управления охраной окружающей среды под воздействием выбросов крупных производственных комплексов реализуют на практике только контроль загрязнений окружающей среды.

На сегодняшний день перспективным направлением решения экологических проблем является разработка и использование методов математического моделирования и математической модели искусственного интеллекта на базе компьютерной технологии, которые позволяют формализовать человеческие способности к неточным или приближенным рассуждениям.

Таким образом, разработка интеллектуальной системы управления предприятиями промышленного комплекса с целью снижения концентрации загрязняющих веществ в выбросах в атмосферу является актуальной задачей.

Цель диссертационной работы. Разработка интеллектуальной системы снижения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу химикотехнологическими 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.

Для достижения поставленной цели в работе были сформулированы следующие 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.

Практическая значимость. Получены научные обоснованные рекомендации по изменению режимов работы химико-технологических предприятий, позволяющие проводить химико-технологические процессы этих предприятий с учетом выбросов ЗВ в атмосферу без снижения прибыли.

Полученные научные и практические результаты имеют важное народнохозяйственное значение для автоматизации процессов управления экологической ситуацией на муниципальном уровне в регионах с сильно развитой химической и иной промышленностью, создания теоретической и методической основы для разработки систем информационной поддержки принятия эффективных решений по управлению экологической безопасностью.

На защиту выносятся:

• математическая модель расчета вклада каждого источника выброса вредных веществ в суммарный выброс в атмосферном воздухе;

• метод вычисления соотношения изменения нагрузки предприятий (производительности) в соответствии с их вкладами в валовых выбросах ЗВ в атмосферу;

• структура системы управления химико-технологическими предприятиями - источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Методика исследования. В диссертационной работе использованы методы системного анализа, теория искусственного интеллекта, математический аппарат генетических алгоритмов и нечетких множеств, методы оптимизации и математического моделирования.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается применением современных информационных технологий и методов искусственного интеллекта; использованием методов компьютерного, математического моделирования и оптимизации.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на XIV Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», г.Самара, 2012г.;

ХIII научно-технической конференции молодых ученых, студентов, аспирантов, НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева 2011г и 2012г.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю работы - к.т.н., доценту Волкову Владиславу Юрьевичу за ту профессиональную помощь, и заведующему кафедрой «АПП» НИ (ф) РХТУ им. Д.И. Менделеева - д.т.н., профессору Венту Дмитрию Павловичу за ценные консультации и поддержку при выполнении диссертации.