

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОСТИ ЗАДАНИЯ

Ф.Т.Сериков

Атырауский институт нефти и газа, г.Атырау, Республика Казахстан

В настоящее время перспективным направлением решения проблем экологии и охраны окружающей среды является разработка и применение методов математического моделирования на базе современной компьютерной технологии. На рынке программных продуктов уже имеется достаточное количество пакетов программ для решения различных экологических задач. В настоящей работе на основе изучения имеющихся программных продуктов, корректируя их к нормативным требованиям, действующих в Республике Казахстан [1,2], а также модифицируя модели к условиям нечеткости исходной информации, предлагаются подходы к математическому моделированию и прогнозированию процесса распространения загрязняющих веществ в атмосфере. В качестве конкретной задачи и территории рассматривается задача моделирование процесса распространения вредных веществ в районе Атырауского НПЗ.

Расчеты и моделирование приземных концентраций загрязняющих веществ проводились по программному комплексу «ЭРА V1.7». Полученные результаты моделирования рассеивания приземных концентраций приводятся в виде таблиц [3].

Для нормирования и контроля качества атмосферного воздуха в ближайшей жилой зоне и на границе санитарно-защитной зоны предложены:

1. Расчеты и моделирование рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере;
2. Нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 2007 г.

Площадка Атырауского НПЗ расположена на юго-восточной окраине г.Атырау, в промышленной зоне. Водозабор НПЗ расположен на реке Урал, на расстоянии 2,2 км от завода в северо-западном направлении. К северо-востоку в 3,0 км от завода расположены поля испарения для сброса нормативно-очищенных сточных вод. На эти же поля испарения сбрасываются сточные воды предприятий и жилого массива всей левобережной части города Атырау.

Количественная характеристика, выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ (т/год) приводится по усредненным годовым значениям в зависимости от изменения режима работы предприятия, технологического процесса и оборудования, расхода и характеристик сырья, топлива, материалов и т.д [4].

При совместном присутствии в воздухе атмосферы веществ, выделяемых в процессе производства предприятий, увеличивается токсичность воздействия этих веществ на окружающую среду и на здоровье человека, т.е. проявляет эффект суммации. Токсичность воздействия этих веществ на организм человека и окружающую среду увеличивается при их совместном присутствии в воздухе атмосферы. Численный показатель категории опасности ТОО «АНПЗ» - определен по следующему принципу

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n (M_i / \text{ПДК}_i) \cdot a_i$$

где M_i - масса выброса i -го вещества, т/год; ПДК_i - среднесуточная предельно-допустимая концентрации i -го вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$; n - количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием; a_i - безразмерная константа, соотношения вредности i -го вещества с вредностью SO_2 .

Моделирование и анализ расчетных приземных концентраций загрязняющих веществ. Целью моделирования рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере является определение степени и дальности воздействия загрязняющих веществ на приземный слой воздуха на уровне 2 м высоты от поверхности земли на площадке АНПЗ и прилегающих к нему территориях. Моделирование рассеивания загрязняющих веществ от источников выбросов в настоящей работе выполняется с применением специально разработанной и утвержденной системы качественных и количественных критериев оценки на основе достоверных сведений: о качественных и количественных характеристиках источников загрязнения, о климатических условиях района места размещения, о «фоновом» состоянии и других определяющих параметров воздушного бассейна [5].

При выполнении моделирования рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере использованы следующие исходные данные:

- Данные параметров источников выбросов загрязняющих веществ;
- Данные параметров залповых и аварийных источников выбросов загрязняющих веществ;
- Данные по условиям рассеивания выбросов в атмосфере.

Исходные данные в расчетах рассеивания по источникам выбросов приняты с учетом требований РИД 211.2.01.01-97, на основе данных представленных ТОО «Атырауский НПЗ». Расчеты (моделирование) выполнены с учетом фоновых концентраций по программному комплексу «ЭРА V 1.7».

Указанная программа реализует Методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, РИД 211.2.01.10-97. Настоящая методика предназначена для расчета концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентраций. Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе «опасными» скоростью и направлением ветра, встречающимися примерно в (1-2) % случаев.

Критерием оценки качества атмосферного воздуха служат максимально-разовые предельно - допустимые концентрации (ПДКМ.Р.) веществ. ПДК рассчитываются в приземном слое атмосферного воздуха с усреднением за период не более 20 минут как отдельные элементы (ПДК_{мр}) или как суммация токсичного действия ряда загрязняющих веществ в определенном их сочетании, присутствующих в выбросах источников предприятия. Существуют два вида ПДК - одни для рабочих участков внутри СЗЗ, и другие более жесткие для населенных пунктов за пределами СЗЗ. Значения ПДК_{мр} и ПДК_{сс} для населенных районов, представленные в таблицах утверждены контролирующими организациями Республики Казахстан и приведены в «Перечне и кодах веществ, загрязняющих атмосферный воздух», дополненными в ПК «ЭРА V 1.7»

Расчеты и моделирование распространения выбросов загрязняющих веществ произведены при эксплуатации объектов АНПЗ на 2006-2007 годы по прямоугольнику размером сторон 6*5 км с шагом координатной сетки 100 м и выполнены для следующих вариантов. При выполнении расчетов учтены коэффициенты рельефа местности, стратификации, значения температур, скорости ветра.

Результаты моделирования приземных концентрации основных загрязняющих веществ по всем веществам и группам суммации для оценки уровня загрязнения атмосферы на АНПЗ и прилегающих территориях приведены в таблице 1. Расчеты рассеивания проведены по всем загрязняющим веществам, выбрасываемым источниками выделения АНПЗ произведены с учетом фоновых концентраций.

Таблица 1 - Перечень источников, дающих наибольшие вклады в уровень загрязнения атмосферы

Код вещества / группы суммации	Наименование вещества	Расчетная максимальная приземная концентрация (общая и без учета фона) доля ПДК / мг/м ³		Принадлежность источника (производство, цех, участок)
		в жилой зоне	на границе санитарно-защитной зоны	
1	2	3	4	5
<i>Загрязняющие вещества:</i>				
0301	Азота диоксид	0,29064(0,21381)/ 0,0247(0,018171) вклад предпр.=73,6%	0,30698(0,21752)/ 0,02609(0,018487) вклад предпр.=70,9%	ТЭЦ завода
				Установка ЭЛОУ АТ2
				Установка ЭЛОУ АВТ
0328	Сажа	0,02179/ 0,00327	0,03137/ 0,00471	ТЭЦ завода
				ЭЛОУ АТ2, ЭЛОУ АВТ
0330	Серы диоксид	0,51531(0,51431)/ 0,25766(0,25716) вклад предпр.=99,8%	0,56562(0,56446)/ 0,28281(0,28223) вклад предпр.=99,8%	Установка замедленного коксования (УЗК)
				Установка прокалики нефтяного кокса (УПНК)
				ТЭЦ завода
				ЭЛОУ АТ2, ЭЛОУ АВТ
0333	Сероводород	0,07176/ 0,00057	0,13894(0,10657)/ 0,00111(0,000851) вклад предпр.=76,7%	Система оборотного водоснабжения (СОВ)
				Установка каталитического риформинга ЛГ-35-П/300
0337	Углерод оксид	0,02433/ 0,12163	0,02433/ 0,12163	ТЭЦ завода
				Факельное хозяйство
				Установка ЭЛОУ АВТ
				УЗК
0416	Смесь углеводородов предельных С6-С11	0,10783/ 3,23481	0,10193/ 3,05786	Товарно-сырьевые резервуарные парки (ТСРП), ЛГ-35-П/300
0417	Смесь углеводородов предельных С12-С19	1,26771/ 1,26771	1,18551/ 1,18551	ТСРП
				ЖДЭ
				УЗК
1071	Фенол	0,02561/ 0,00026	0,04476/ 0,00045	СОВ
2704	Бензин (нефтяной, малосернист.)	0,50469/2,52343	0,63105/ 3,15526	ТСРП, ЖДЭ, ТСРПР
				УКР ЛГ-35-1 1/300
<i>Группы суммации:</i>				
300330 0333	Серы диоксид Сероводород	0,56367(0,55017) вклад предпр.=97,6%	0,59802(0,58452) вклад предпр.=97,7%	УЗК, УПНК
				ТЭЦ завода, СОВ
				Установка ЭЛОУ АТ2

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
31 0301 0330	Азота диоксид Серы диоксид	0,68292 (0,64945) вклад предпр.=95,1%	0,77981(0,74924) вклад предпр.=96,1%	УЗК, УПНК
				ТЭЦ завода
				Установка ЭЛОУ АТ2
				Факельное хозяйство
330301 0330 0337 1071	Азота диоксид Серы диоксид Углерод оксид Фенол	0,69862(0,66821) вклад предпр.=95,6%	0,78568(0,75511) вклад предпр.=96,1%	УЗК, УПНК
				ТЭЦ завода
				Установка ЭЛОУ АТ2
				УКР ЛГ-35-1 1/300
34 0330 1071	Серы диоксид Фенол	0,52791(0,52691) вклад предпр.=99,8%	0,5625(0,5615) вклад предпр.=99,8%	УЗК, УПНК
				ТЭЦ завода
				ЭЛОУ АТ2, ЭЛОУ АВТ
				Факельное хозяйство
350330 0342	Серы диоксид Гидрофторид	0,51531(0,51431) вклад предпр.<=99,8%	0,55551(0,55451) вклад предпр.=99,8%	УЗК, УПНК
				ТЭЦ завода
				ЭЛОУ АТ2, ЭЛОУ АВТ
				Факельное хозяйство
<i>Пыли:</i>				
2936	Пыль древесная	0,0565	0,07278	Деревообрабатывающий участок
2981	Пыль ферросплавов (Fe - 51%, Si -47%)			Ремонтно-механический цех
0143	Mg и его соединения			Ремонтно-механический цех
0328	Сажа			УПНК
				ЭЛОУ АВТ, ЭЛОУ АВТ

Веществами, формирующими основное загрязнение воздушной среды в районе завода, являются: углеводороды, азота и серы диоксиды, углерода оксид, сероводород, а также их группы суммации [6].

Из всех углеводородов, наиболее значимый вклад в загрязнение атмосферы приносят углеводороды по бензину (2704). Результаты моделирования распространения вредных веществ на существующее положение показывают, что на территории Атырауского НПЗ максимальная концентрация по углеводородам составит 13.282 ПДК_{мр}, и достигается в точке $x=300$ м, $y=400$ м при опасном направлении ветра 41° и опасной скорости ветра 0,5 м/с на высоте 2 м. Радиус изолинии 1 ПДК_{мр} составляет около 800 м.

На границе С33 максимально возможные приземные концентрации углеводородов по бензину (2704) составляют 0,631 ПДК_{мр}. А в ближайшей жилой зоне - п. Мирный, максимально возможные приземные концентрации углеводородов по бензину не превышают 0,505 ПДК_{мр}.

Результаты моделирования и расчета рассеивания при регламентной работе оборудования на существующее положение, показывают, что на территории АНПЗ максимальная приземная концентрация по группе суммации 33 «NO₂+SO₂+ CO + Фенол» составит 1,028 ПДК ($x=200$ м, $y=200$ м) при опасном направлении ветра 27° и опасной скорости ветра 0,8 м/с. В жилой зоне на северо-востоке от АНПЗ возможные максимальные приземные концентрации группе суммации 33 не превысят 0.699 ПДК, а на границе С33 составят не более 0.786 ПДК.

Результаты моделирования распространения при регламентной работе оборудования на существующее положение показывают, что на территории АНПЗ максимальная приземная концентрация по группе суммации 31 «NO₂+SO₂» составляет 0.856 ПДК (x = -200 м, y=800 м) при опасном направлении ветра 63° и опасной скорости ветра 2,6 м/с. В жилой зоне на северо-востоке от АНПЗ возможные максимальные приземные концентрации группы суммации азота и серы диоксидов не превышают 0.683 ПДК, а на границе СЗЗ составляют не более 0,78 ПДК.

Данная ситуация говорит о том, что при соблюдении технологических норм эксплуатации и поддержании состояния оборудования на высоком техническом уровне влияние на качество воздушной среды объектов предприятия будет находиться в пределах нормативных требований.

Следует отметить, что влияние объектов АНПЗ на качественное состояние воздушного бассейна на границе СЗЗ предприятия и за её пределами по всем загрязняющим веществам практически не изменится, несмотря на увеличение объемов переработки нефти в 2004-2008 годах в 1,65 раза по сравнению с существующим положением, при условии соблюдения технологического регламента и внедрения природоохранных мероприятий.

Моделирование максимальных концентраций от объектов Атырауского НПЗ при регламентной работе оборудования показало следующие результаты:

По группе суммации 31 азота и серы диоксидов:

- на границе СЗЗ максимальная расчетная концентрация составит 0.95 ПДК;
- в ближайшей жилой зоне - поселке Мирный максимальная расчетная концентрация не превысит 0.914 ПДК.

По группе суммации 33 «NO₂ + SO₂ + CO + Фенол»:

- на границе СЗЗ максимальная расчетная концентрация составит 0.92 ПДК;
- в жилой зоне - на северо-востоке от АНПЗ максимальная расчетная концентрация не превысит 0.846 ПДК.

На основании проведенных расчетов выбросов в атмосферу, анализа проведенного моделирования максимальных приземных концентраций выяснилось, что:

- в 2005-2006 гг. при регламентных работах на Атырауском НПЗ по всем веществам расчетная приземная концентрация на границах СЗЗ, меньше ПДК_{мр}.
- в ближайшей жилой зоне – п. Мирный - максимальные возможные приземные концентрации по всем загрязняющим веществам и группам суммации не превышают 0,7 ПДК.

Предприятие выбрасывает в атмосферу загрязняющие вещества 27 наименований и 7 групп суммации от 58 стационарных источников выбросов, 13 из которых организованные. Компактно расположенные и технологически связанные блоки образуют 45 неорганизованных источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Анализ результатов показал, что технологический комплекс АНПЗ является предприятием второй категории опасности с суммарным коэффициентом опасности 212157.2.

Анализ результатов моделирования показывает, что при регламентном режиме работы предприятия и одновременно работающих источников выброса экологические характеристики атмосферного воздуха в районе расположения ОАО «Атырауский НПЗ» по всем загрязняющим ингредиентам находятся в пределах нормативных величин.

Необходимо отметить, что на практике при разработке математических моделей процесса распространения загрязняющих веществ в окружающую среду часто возникают проблемы дефицита и нечеткости исходной информации [7]. Автором работы совместно с коллегами и учениками разработаны методы синтеза моделей математиче-

ских моделей в нечеткой среде [8-10], которые адаптируются к условиям разработки математических моделей распространения вредных веществ в атмосфере на основе опыта и знаний специалистов-экспертов, опытных экологов промышленных предприятий. Подходы основываются на применении идеи методов теорий нечетких множеств, экспертных оценок и возможностей [11,12].

Литература

1. Закон Республики Казахстан от 11 марта 2002 года N 302-III Об охране атмосферного воздуха (с изменениями, внесенными Законом РК от 20.12.04 г. N 13-III)
2. Методика определения платежей за загрязнение атмосферного воздуха передвижными источниками (утверждена Министром экологии и биоресурсов Республики Казахстан 15 мая 1996 г.)
3. Рекомендации по оформлению и содержанию проекта нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятия. -Л.: Госкомприрода, 1989г. -41с.
4. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. -СПб., НИИ Атмосфера, изд. "Петербург-XXI век", 2000. -320с.
5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ", СПб, НИИ Атмосфера, 2002. - 127с.
6. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Часть 1 и 2. СПб., НИИ Атмосфера, 1992.
7. Рыков А.С., Оразбаев Б.Б. Системный анализ и исследование операций: Методы исследования систем разработки математических моделей в нечеткой среде –М. МИ-СиС, 1995-112с.
8. Оразбаева К.Н., Сериков Ф.Т. Оразбаев Б.Б. Математическое моделирование производственных объектов (нефтегазовой отрасли). Алматы: Эверо, 2005. ISBN 9965-7690-03-6
9. Жумагулов Б.Т., Оразбаев Б.Б., Сериков Ф.Т. Новые методы моделирования и оптимизации производственных объектов в нечеткой среде и компьютерные системы их реализации// Научно-технический журнал «Нефть и газ», №5, 2005, -С.129-136.
10. Оразбаев Б.Б. Сериков Ф.Т., Моделирование и оптимизация экономико-экологических систем. –Алматы, Гылым, 2003.
11. Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации М.: Энергоатомиздат,1991.
12. Ларичев О.И., Мечитов А.И., Мошкович Г.М., Дуремс Г.М. Выявление экспертных знаний (процедуры и рекомендации) –М.:Наука,1989.