

Авторефер.  
534

проф. Гушаку М.Г.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

Для служебного пользования

Экз. № 000078

БАЯКИНА Татьяна Яковлевна

УДК 661.53-404.004.3/4

ИСПАРЕНИЕ И РАССЕИВАНИЕ АММИАКА ПРИ ЕГО РАЗЛИВАХ И ВЫБРОСАХ

Специальности 05.14.05 - Теоретические основы теплотехники

01.04.14 - Теплофизика и молекулярная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой

степени кандидата технических наук

XV 931 -

Институт холода  
ОНАХТ  
библиотека

Одесса - 1986

Работа выполнена в Одесском технологическом институте  
холодильной промышленности

Научный руководитель - доктор химических наук, профессор  
ЦЫКАЛО А.Л.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор  
ВАССЕРМАН А.А.

- кандидат химических наук, доцент  
ПЕТРОСЯН В.П.

Ведущая организация - Государственный научно-исследователь-  
ский и проектный институт азотной  
промышленности и продуктов органическо-  
го синтеза (ИИАП), г. Москва.

Защита состоится " 9 " февр. 1987 г. в 11 часов  
на заседании специализированного совета К.068.27.01 при  
Одесском технологическом институте холодильной промышленности  
по адресу: 270057, г. Одесса, ул. Петра Великого, 1/3, ОТИХП.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " 7 " февр. 1987 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат техн. наук, доцент

Р.К.Никольшин

Иск. № 45/48 Дсп

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Интенсификация химической промышлен-  
ности и сельского хозяйства, модернизация транспорта обуслов-  
ливают широкое использование в различных областях народного  
хозяйства жидких криогенных и низкотемпературных продуктов:  
жидкого аммиака, хлора, сжиженных углеводородов, природного  
газа. Подобные вещества широко используются в металлургии,  
энергетике, ракетной технике, пищевой промышленности. В свя-  
зи со строительством и эксплуатацией крупнотоннажных храни-  
лищ сжиженных газов и магистральных трубопроводов (примером  
является аммиакопровод Тольятти - Одесса) существует опас-  
ность возникновения аварийных ситуаций в результате разлигов  
или выбросов и распространения в атмосфере токсичных или вос-  
пламеняющихся газов. Поэтому является актуальным изучение  
особенностей процессов парообразования низкотемпературных  
жидкостей (НЖ) и рассеивания в атмосфере низкотемпературных  
газов (НГ), математическое описание этих процессов с целью  
прогнозирования последствий подобных разливов или выбросов,  
предсказания концентрационной обстановки и разработки мер по  
ликвидации опасности.

Вопросы охраны окружающей среды в настоящее время приоб-  
рели особую актуальность в связи с Решениями XXVII съезда  
КПСС, принятием на IV сессии Верховного Совета СССР восьмого  
созыва Закона СССР "Об охране атмосферного воздуха", Постано-  
влением Верховного Совета СССР "О соблюдении требований зако-  
нодательства об охране природы и рациональном использовании  
природных ресурсов" от 3 июля 1985г. Мероприятия по охране  
природы стали неотъемлемой частью Государственного плана.

Целью работы является исследование особенностей образо-  
вания и рассеивания в атмосфере аммиачно-паровоздушных дис-  
персных систем (аммиачных облаков) в результате кипения и  
испарения сжиженного аммиака в атмосферных условиях при его  
аварийных разливах на грунт; создание математической модели  
расчета полей концентрации НГ в атмосфере.

Научная новизна. Впервые проведено исследование процесса  
распространения в атмосфере аммиака в результате проливов и  
выбросов его из емкостей и хранилищ; изучен процесс образова-  
ния и рассеивания аммиачно-паровоздушных аэрозольных систем.

Получены данные, рекомендуемые для инженерных расчетов концентрационной обстановки промышленных предприятий и населенных пунктов в случае аварийных разливов сжиженного аммиака.

Научное положение, защищаемое в диссертации:

При определении концентрационных полей паров аммиака и других низкотемпературных и криогенных жидкостей в результате их разливов, выбросов и утечек необходим учет образования дисперсных аэрозольных систем (облаков), поведение которых не описывается теорией турбулентной диффузии атмосферных примесей, традиционно используемой на практике.

Научные результаты, полученные в диссертации:

1. Предложена модель процесса парообразования НЖ в атмосферных условиях при проливах, учитывающая периоды первоначального кипения, нестационарного и стационарного испарения.

2. Предложена и обоснована модель процесса образования и рассеивания в атмосфере аммиачно-воздушных смесей в результате проливов и выбросов из хранилищ жидкого аммиака.

3. Предложены эмпирические и аппроксимационные уравнения для определения скорости парообразования и температуры испаряющегося аммиака в нестационарном и стационарном режимах испарения.

4. Поставлена задача и разработана методика динамического машинного исследования аэрозольных систем.

5. Определено влияние неаддитивных сил межмолекулярного взаимодействия на коагуляцию аэрозольных систем.

Практическая ценность.

1. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и оптимальном размещении цехов, хранилищ, аппаратов, трубопроводов и другого оборудования, выбора наиболее надежных конструкций на основе прогноза концентрационной обстановки на случай аварийных разливов огнеопасных или токсичных сжиженных веществ.

2. Полученные результаты были использованы при разработке рекомендаций по предупреждению аварийных ситуаций во время внесения жидкого аммиака в почву в качестве удобрения и оказания своевременных мер по ликвидации последствий проливов его на грунт в связи с использованием жидких минеральных удобрений, других жидких химических веществ, на железнодорожных сливно-наливных пунктах и

раздаточных станциях Одесской области.

3. По предложенной модели рассеивания аммиака в атмосфере были выполнены расчеты концентраций примесей применительно к условиям Одесского припортового завода и порта Южный, при разработке "Методических указаний для определения полей концентрации аммиака в атмосфере", "Правил ликвидации аварий при проливах жидкого аммиака" и "Инструкции по эксплуатации хранилищ жидкого аммиака" (ИИАП, г. Москва), и при расчете градиентной системы оборотного водоснабжения промышленных предприятий (ОТИХП).

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- XIV Всесоюзной конференции "Актуальные вопросы физики аэродисперсных систем", г. Одесса, 29.09-02.10.86 г.;

- I Всесоюзной конференции "Катализ и каталитические процессы в производстве химико-фармацевтических препаратов", г. Ташкент, 15-20 апреля 1985 г.;

- Региональной конференции по химии и химической технологии Южного научного центра АН УССР, г. Одесса, 4-6 декабря 1985 г.;

- научно-технических семинарах по итогам научно-исследовательских работ ВНИИГАЗ, г. Видное Московской области (1984 и 1985 г.г.);

- научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИХП 1984, 1985 и 1986 г.г.

Публикации. По результатам исследований опубликованы 4 работы.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и приложения. Работа содержит 148 страниц основного текста, 18 рисунков, 20 таблиц. Список литературы включает 112 наименований.

В первой главе проведен обзор и анализ современных представлений о механизме распространения примесей в атмосфере, наблюдений за последствиями аварийных проливов аммиака и результатов экспериментов и натурных испытаний, а также существующих методов расчета полей концентрации примесей в атмосфере.

Во второй главе рассмотрены процессы тепло- и массо-обмена при кипении и испарении аммиака при его разливах, утечках и выбросах.

В третьей главе освещены исследования процессов образования и эволюции аэрозольных систем и распространения в атмосфере па-

ров НГ. Здесь также предложена методика динамического машинного изучения аэрозольных сред и изложены результаты учета влияния неаддитивных сил межмолекулярного взаимодействия на коагуляцию в таких системах.

В четвертой главе изложена инженерная методика определения полей концентрации аммиака в атмосфере в результате разливов и выбросов, учитывающая образование аэрозольных систем.

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Состояние вопроса.** Данные натурных испытаний, наблюдения за последствиями аварийных выбросов и результаты экспериментальных исследований распространения в атмосфере НГ, выделяющихся в результате кипения и испарения при проливах на грунт, свидетельствуют о сложном характере протекающих при этом процессов тепло- и массообмена. Эти данные позволяют получить представление о качественной (и в некоторых случаях - количественной) картине распространения в атмосфере НГ, проследить динамику образования и рассеивания газопаровоздушных аэрозольных систем (облаков примеси).

Выполнен анализ результатов выполненных ранее экспериментальных работ по изучению испарения и распространения паров аммиака в атмосфере, а также данных по проникновению и распространению аммиака в грунте и грунтовых водах (см. работы Х.У.Хуза и У.Л.Балкли (1962), А.Респланди (1969), Л.Болла (1970), Дж.М.Бланкена (1980), И.И.Стрижевского, А.И.Эльнатанова и сотр. (1978)). Кроме того, обсуждены и проанализированы данные наблюдений за последствиями аварий, связанных с проливами и выбросами низкотемпературных жидкостей из емкостей для хранения и транспорта. Характерными в этом отношении были аварии, произошедшие в г.Блэйр (штат Небраска, США, 1970г., утечка 160 т аммиака), в г.Хьюстоне (штат Техас, США, 1976г., выброс 19 т аммиака), в г.Потчфеструм (САР, 1973г., выброс 30 т аммиака), в г.Критг (штат Небраска, США, выброс 64 т аммиака) и некоторые другие. Рассмотрены также последствия выбросов сжиженного природного газа и жидких углеводородов, имевших место в США (Кливленд, Ньюарк, Нью-Йорк, Массачусетс, Луизиана, порт Гудзон, Теннесси), а также во Франции, ФРГ, Испании, Великобритании, Бразилии, Голландии, Бельгии и Италии.

Рассмотрены современные возможности расчетно-теоретического изучения кипения и испарения (на основе исследований С.С.Ку-

тателадзе, В.И.Толубинского, Г.Н.Кружилина, Д.А.Лабунцова, А.В.Нестеренко, Л.С.Клячко, Г.Т.Сергеева, В.Г.Мацака и др.) применительно к реальным процессам, протекающим при выбросах, разливах и утечках аммиака.

К настоящему времени достаточно хорошо разработана теория турбулентной диффузии примесей в атмосфере, используемая для изучения рассеивания газовых выбросов. Основной вклад в развитие этого направления внесли советские ученые, в первую очередь М.Б.Берлянд, А.С.Монин, Р.И.Сникул, Н.Л.Бызова и другие, а также зарубежные исследователи - О.Г.Сеттон, Дж.Ф.Паскуилл и т.д. Однако разработанные ранее методики для обычных газовых выбросов пригодны лишь в случае источников простого типа (мгновенный, непрерывно действующий, точечный, линейный) и зачастую приводят к существенно различающимся результатам.

На основе изучения состояния вопроса, опубликованных экспериментальных результатов и данных наблюдений сделан вывод о том, что для выбросов и утечек низкотемпературных жидкостей характерны следующие особенности: эти выбросы и утечки обычно сопровождаются образованием аэрозольных систем (облаков, тумана), которые характеризуются относительной устойчивостью (время существования от нескольких минут до десятков минут) и значительными размерами. Это может приводить к поражению больших площадей; при этом концентрация примеси в облаке существенно выше, чем вне его. В результате разливов больших количеств аммиака образуются озера (лужи) холодной жидкости, сохраняющиеся длительное время. Таким образом, имеет место источник примеси, производительность которого существенно изменяется с течением времени (от начального периода кипения и интенсивного парообразования и формирования аэрозольной системы (облака) до заключительного периода испарения холодной жидкости). Общая картина распространения паров примеси в общем случае существенно отличается от характера рассеивания обычного газового выброса.

Таким образом, задачи настоящей работы состояли в следующем: 1) изучение условий кипения и испарения аммиака при его разливах и утечках, получение количественных данных для практических важных условий (получение удобных аналитических выражений для быстрого определения скорости испарения и удобных при расчетах на ЭЕМ); 2) разработка методики расчета концентрационных полей примеси для источника переменной производительности;

3) изучение устойчивости аэрозольной системы (тумана) и коагуляции частиц в ней, получение уравнений для радиуса облака и времени его существования; 4) разработка инженерной методики расчета концентрационных полей примеси с учетом основных процессов, сопровождающих выброс аммиака и его рассеивание.

Парообразование при кипении и испарении изучено на основе существующих теоретических методов с использованием отдельных отрывочных данных, имеющихся для аммиака (Х.У.Хуза и У.Л.Балкли, 1962; Л.В.Болл, 1970). Установлено, что эти данные удовлетворительно описываются критериальными уравнениями тепло- и массопереноса. Определены наиболее надежные значения удельной скорости парообразования при кипении аммиака для различных типов подстилающей поверхности (средняя почва, песок, бутовая кладка). Получены уравнения, с приемлемой для практических целей точностью описывающие изменения температуры жидкого аммиака и скорости его парообразования в широких интервалах изменения условий (скорость ветра  $u = 1-10$  м/с, характерный размер бассейна  $L = 1-120$  м, температура окружающего воздуха  $5-30^\circ\text{C}$  и т.п.):

$$t = t_{ст} + \lambda \exp\left(-\frac{8.5t}{L}\right); \quad (1)$$

$$t_{ст} = -50 - 1.02u + 0.04L; \quad (2)$$

$$g = g_{ст} + \eta \exp\left(-\frac{8.5t}{L}\right); \quad (3)$$

$$g_{ст} = 0.2 \cdot 10^{-2} + 0.129 \cdot 10^{-3}u - 0.43 \cdot 10^{-5}L, \quad (4)$$

где  $\lambda = t_0 - t_{ст}$ ,

$\eta = g_0 - g_{ст}$ .

Рассчитаны значения скоростей парообразования для различных условий (рис. 1, 4), хорошо согласующиеся с известными данными. На основе полученных результатов установлено, что время существования озер холодной жидкости при больших разливах может быть весьма значительным (до нескольких недель и даже месяцев).

Образование и эволюция аэрозольных систем (тумана) в результате разливов и выбросов аммиака. На базе данных наблюдений и существующих теоретических представлений (А.Г.Амелин, В.Дж.Мейсон, Х.Грин и В.Лейн) проанализирована связь между вероятностью образования аэрозольных систем и условиями процесса утечки или выброса. На основе результатов выполненных расчетов показано, что для многих практически важных случаев образование аэрозольных систем вероятно (выброс из охлаждаемой емкости при отказе предо-

ранительного клапана, выброс из подохлаждаемой емкости вследствие разрушения оболочки, выброс в результате разрыва оболочки, рупных течей или дефектов при транспорте или хранении сжиженного аммиака при высоком давлении).

Значительный интерес при изучении устойчивости аэрозольных систем, образующихся вследствие рассеивания в атмосфере паров низкотемпературных жидкостей, представляет определение влияния межмолекулярных взаимодействий на коагуляцию частиц аэрозоля. Эти взаимодействия могут в несколько раз изменять константы скорости коагуляции, предсказываемые теорией М.Смолуховского. В настоящей работе выполнен учет этого эффекта как в предположении о парной аддитивности дисперсионных сил (соотношение Гамакера), так и с учетом неаддитивных межмолекулярных взаимодействий. Для частиц одинакового радиуса потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия находилась по выражению:

$$U = U^{(2)} \left[ 1 - \frac{\pi \lambda q I_3(\delta)}{I_2(\delta)} \right]. \quad (5)$$

Используя методику А.Г.Сутугина, значения константы коагуляции были рассчитаны для системы воздух - раствор аммиака (20%) в воде согласно выражению:

$$\frac{K_{ij}}{K_{тс}} = 2 \int_0^\infty Y(\delta) \exp(-\delta^2) \delta^2 d\delta, \quad (6)$$

Интегрирование осуществлялось по методу Симпсона с помощью аппроксимации

$$Y(\delta) = 1 + a\delta^b. \quad (7)$$

Типичная зависимость отношения  $K_{ij} / K_{тс}$ , характеризующего влияние межмолекулярного притяжения на коагуляцию, представлена на рис. 8 (кривая 1). Установлено, что неаддитивные межмолекулярные взаимодействия снижают величину  $K_{ij} / K_{тс}$  (кривая 2) по сравнению с результатами, найденными в парно-аддитивном приближении, что свидетельствует об уменьшении эффекта притяжения и об устойчивости облака, содержащего аммиак, по отношению к коагуляции и выпадению примеси. Такой вывод в целом отвечает данным экспериментов, результатам натурных испытаний и наблюдений за последствиями аварий, показывающим, что аммиак ведет себя преимущественно как невыпадающая примесь.

Для изучения аэрозольных систем предложено применение метода динамических машинных экспериментов, который обеспечивает учет конкретной природы вещества аэрозольных частиц, более точный учет межмолекулярных сил и получение надежных решений для всего диапазона  $\lambda / r$ , определение свойств и характеристик, связанных с динамикой индивидуальных частиц. Этот метод основан на численном интегрировании систем уравнений движения взаимодействующих между собой и с внешней средой частиц. В работе метод реализован для аэрозольной системы: капли водного раствора аммиака в воздушном потоке. При этом учитывались основные силы, действующие на частицы и определяющие их движение (сила тяжести, сопротивление дисперсионной среды, взаимное притяжение капель, обусловленное межмолекулярным взаимодействием). Результаты моделирования показали, что рассчитанные по этому методу константы коагуляции удовлетворительно согласуются с данными, полученными нами ранее традиционными методами, как для парно-аддитивного приближения, так и с учетом неаддитивных взаимодействий. Устойчивость аэрозолей - облаков, образующихся в результате разливов и выбросов аммиака, необходимо рассматривать по отношению к турбулентным процессам взаимодействия облака с окружающим воздухом (проникновение воздуха в облако, турбулентная диффузия).

С целью прогнозирования важнейших характеристик образующихся при разливах и выбросах аммиачных облаков установлена связь между начальным радиусом облака и количеством выброшенного (разлитого) аммиака, получены уравнения для определения радиуса аэрозольной системы и его изменения со временем

$$R = \left\{ \left[ 0,284 (\chi M_0)^{1/2} \right]^2 + 2c \left[ \frac{\gamma (p_c - p_a) V_0}{\pi p_c} \right]^{1/2} \right\}^{1/2}, \quad (8)$$

а также времени существования облака. Результаты определения размеров облака, его времени "жизни" и максимального пути облака (рис. 7,8) хорошо соответствуют данным наблюдений за последствиями аварий и результатам экспериментов и натурных испытаний.

Расчет концентраций аммиака внутри облака производился по выражению, полученному в приближении гауссовой модели распределения примеси в облаке. В дальнейшем характер рассеивания аммиака в атмосфере отвечает закономерностям теории турбулентной диффузии. Поскольку в реальном случае выброса или разлива аммиака обычно имеет место сложная динамика поступления примеси в атмо-

сферу, актуальным является определение полей концентрации примеси от источника переменной производительности. Получено выражение для расчета концентраций от источника при произвольном характере зависимости его производительности от времени. Выведенное соотношение в соответствующих предельных случаях переходит в известные выражения для точечного мгновенного источника, для источника непрерывного действия с постоянной производительностью и т.п. В связи с тем, что для наблюдателя, находящегося на некотором удалении от источника примеси, действующего краткое время, мгновенная концентрация существенно изменяется со временем (выраженный максимум, рис.7), для сравнения с данными измерений, характерное время которых составляет не менее нескольких минут, разработана надлежащая процедура осреднения концентраций.

Для определения полей концентрации аммиака в атмосфере в результате его выбросов, утечек и разливов разработана инженерная методика, учитывающая все важнейшие особенности реального рассеивания паров низкотемпературных жидкостей и все основные процессы (начальное парообразование при кипении, испарение в нестационарном и стационарном режиме, образование и эволюция аэрозольной системы (облака, тумана), рассеивание паров). С использованием предложенного алгоритма (рис.9) выполнены расчеты полей концентрации аммиака для ряда конкретных практически важных случаев с учетом соответствующих характерных метеорологических условий, особенностей местности, условий хранения и транспорта аммиака. Эта методика с некоторыми изменениями пригодна для определения концентраций примеси в атмосфере при разливах и выбросах других низкотемпературных жидкостей (хлора, сжиженного природного газа и т.п.).

Экспериментальная часть работы включала измерение концентраций аммиака при испарении его водных растворов для различных температурных условий и определение эффективности применения пен для уменьшения испаряемости аммиака.

На основе выполненных исследований даны рекомендации в связи с хранением, транспортом и использованием жидкого аммиака. Исходя из определяющего влияния на концентрационную обстановку периода первоначального кипения, рекомендовано надлежащим образом выбирать материал подстилающей поверхности - отдавать предпочтение сухим материалам с низким значением коэффициента теплопроводности (сухой песок, сухая почва), что снижает ско-

рость испарения в первоначальный период в 3-5 раз. Использование обваловки и котлованов способствует уменьшению поверхности испарения. Применение пен, пленок является рациональным способом снижения интенсивности испарения и опасности вследствие действия токсичных паров.

Определение полей концентрации паров аммиака было осуществлено для конкретных условий Одесского региона (побережье Одесского залива, зона расположения Одесского порта Южный и Одесского припортового завода). При этом принимались во внимание расположение хранилищ жидкого аммиака, зоны магистрального аммиакопровода, причала с коммуникациями, расположение цехов и т.п.

В качестве потенциальных источников примеси были рассмотрены: 1) постоянно действующий источник газа (течь); 2) разлив жидкости из охлаждаемой емкости, сопровождающийся образованием аэрозольного облака и озера жидкости; 3) выброс аммиака, находившегося под высоким давлением, из сосуда или трубопровода, сопровождающийся образованием облака.

Данные многолетних метеорологических наблюдений свидетельствуют о преобладании небольших и средних скоростей ветра (1-6 м/с) для Одесского региона, хотя возможны и значительно большие скорости. Что касается направлений ветра, то преобладающими являются направления ЮВ и СЗ (относительная частота 20-30%), хотя и другие направления могут иметь место (8-20%). В связи с этим в расчетах использованы значения  $u = 2 - 7$  м/с и рассматривались направления ветра ЮВ и СЗ.

Полученные результаты представлены графически линиями, ограничивающими зоны соответствующих концентраций, нанесенными на карты-схемы расположения Одесского припортового завода, порта Южный и побережья Одесского залива. Эти данные свидетельствуют о значительной роли аэрозольных систем (облаков), особенно на небольших расстояниях от мест выброса или разлива в период, следующий за моментом выброса или разлива.

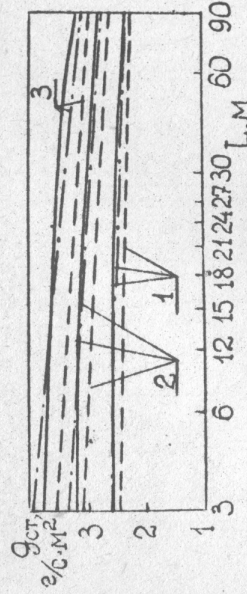


Рис. 1. Скорость испарения аммиака в стационарном режиме для различных скоростей ветра  $u$  и размеров бассейна  $L$  и температур окружающей среды  $t_в$ : 1- $u = 2, 2$  м/с,  $t_в = 26, 7$  м/с, 3-11, 2 м/с; -----  $t_в = 27$  °C; - - - - -  $t_в = 4, 4$  °C, — расчет по уравнению (4).

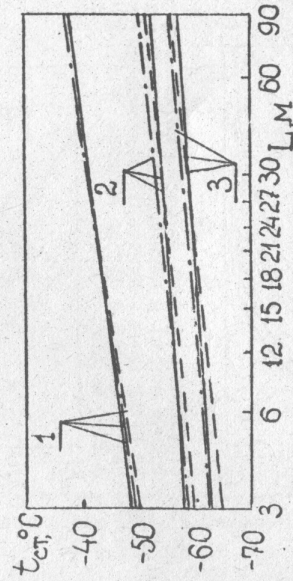


Рис. 2. Температура жидкого аммиака в стационарном режиме испарения для различных скоростей ветра  $u$ , размеров бассейна  $L$  и температур окружающей среды  $t_в$ : 1- $u = 2, 2$  м/с,  $t_в = 26, 7$  м/с, 3-11, 2 м/с; - - - - -  $t_в = 27$  °C, -----  $t_в = 4, 4$  °C, — расчет по уравнению (2).

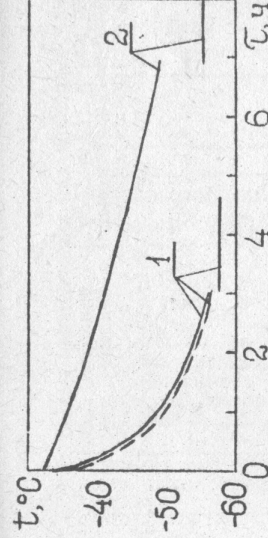


Рис. 3. Изменение температуры жидкого аммиака со временем после пролива при температуре окружающей среды  $26, 7$  °C и скорости ветра  $6, 7$  м/с: 1-бассейн  $6$  м x  $6$  м (10т); 2-бассейн  $60$  м x  $60$  м (1000т); пунктир-данные Волла, сплошная линия-расчет по уравнению (1), горизонтальные линии - температуры в стационарном периоде испарения.

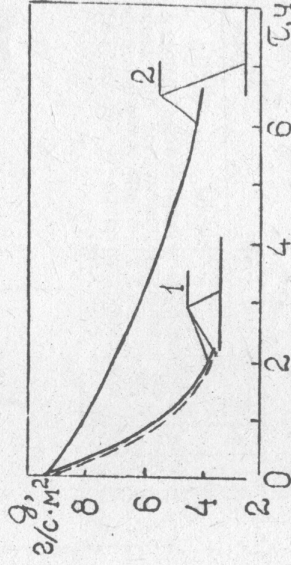


Рис. 4. Изменение удельной скорости испарения со временем после пролива жидкого аммиака при температуре окружающей среды  $26, 7$  °C и скорости ветра  $6, 7$  м/с: 1-бассейн  $6$  м x  $6$  м (10т), 2-бассейн  $60$  м x  $60$  м (1000т); пунктир-данные Волла, сплошная линия-расчет по уравнению (3), горизонтальные линии-удельные скорости испарения в стационарном режиме.

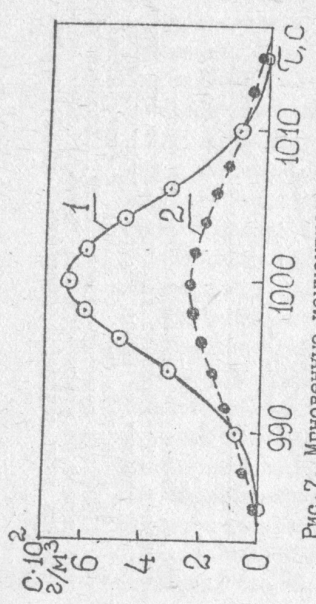


Рис. 7. Мгновенные концентрации примеси по ветру от источника постоянной производительности (20 кг/с) с конечным временем действия (10с) при скорости ветра  $u = 2$  м/с: 1 -  $x = 1000$  м, 2 -  $x = 2000$  м.

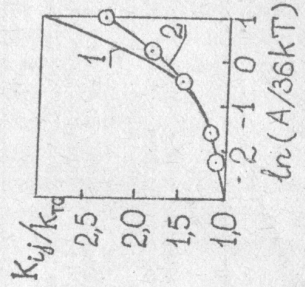


Рис. 8. Отношение констант коагуляции, оказывающее влияние на межмолекулярных взаимодействий: 1 - расчет в парно-аддитивном приближении (летогида А.Г. Сутугина), 2 - наш расчет с учетом неаддитивных сил взаимодействия.

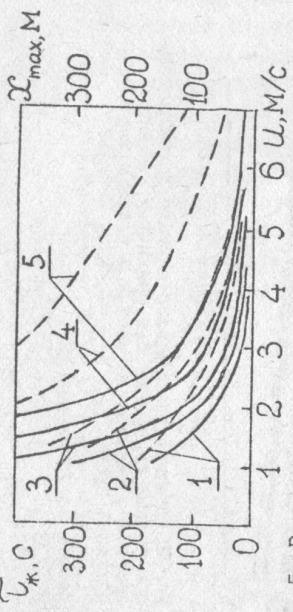


Рис. 5. Результаты расчета времени "жизни" облака ( $\tau_x$ , сплошные линии) и максимальный путь центра облака по ветру ( $x_{max}$ , пунктир) в зависимости от количества попавшего в облако аммиака  $W$ : 1-4 т, 2-12 т, 3-20 т, 4-100 т, 5-200 т.

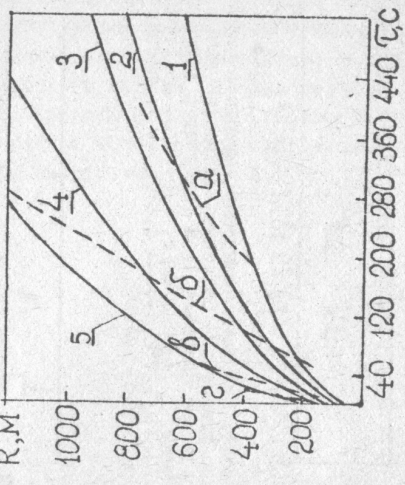


Рис. 6. Результаты расчета изменения радиуса облака со временем (сплошная) в зависимости от мощности выброса и скорости ветра: 1-4 т, 2-12 т, 3-20 т, 4-100 т, 5-200 т; а - 1 м/с, б - 2 м/с, в - 5 м/с, г - 7 м/с; ( $\tau_x$  - пунктир).

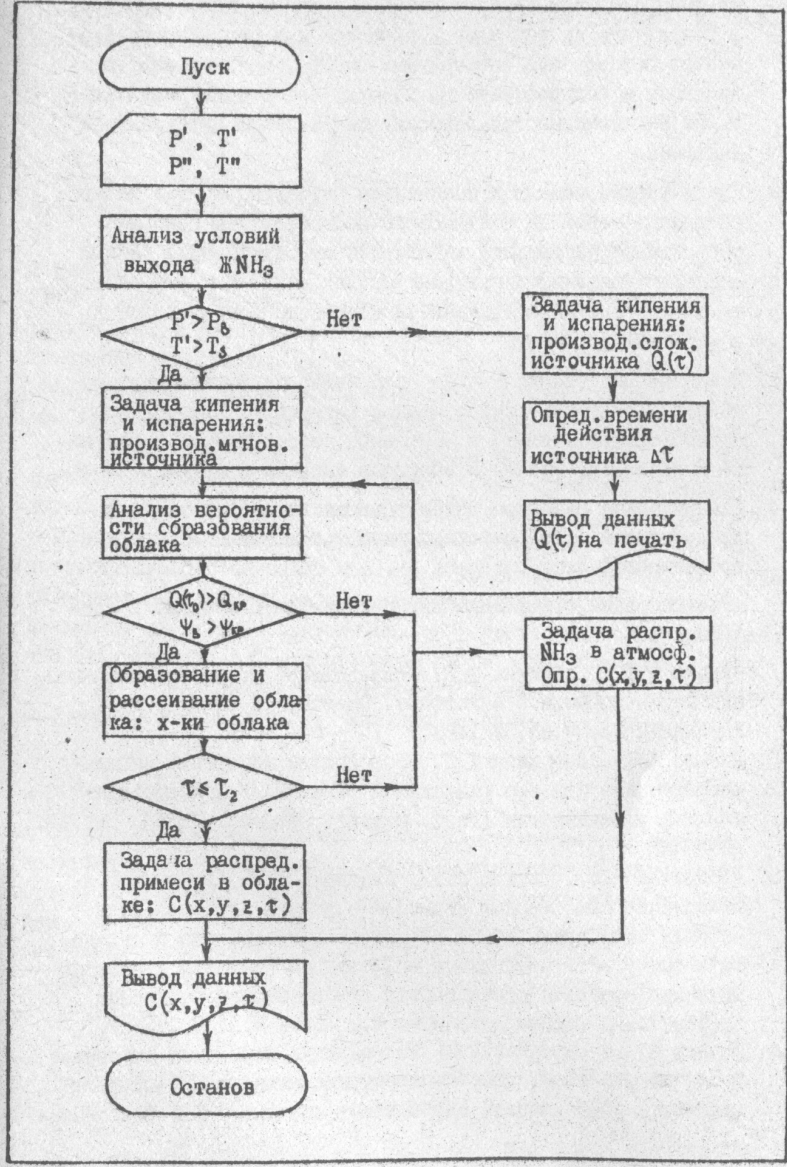


Рис. 9. Схема алгоритма расчета распространения  $NH_3$  в атмосфере.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На распространение паров аммиака и других НЖ в атмосфере в результате их разливов и выбросов большое влияние оказывает образование аэрозольных систем, закономерности эволюции и распространения которых существенно отличаются от закономерностей, описываемых теорией турбулентной диффузии.
2. Предложенная модель и инженерная методика расчета распространения паров НЖ в атмосфере соответствуют основным результатам наблюдений за аварийными ситуациями, данным экспериментальных и натурных исследований и могут быть использованы для предсказания концентрационных полей в конкретных условиях.
3. Неаддитивные трехчастичные силы межмолекулярного взаимодействия оказывают существенное влияние на коагуляцию в аэрозольных системах, в частности, образующихся в результате разливов, утечек и выбросов аммиака и других НЖ.
4. Динамическое машинное моделирование аэрозольных систем представляет собой перспективный метод изучения многих особенностей этих объектов.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Цыкало А.Л., Баянкина Т.Я. Исследование процессов рассеивания паров аммиака в атмосфере. Одесса. 14 с. Деп. в УкрНИИТИ 23.07.85, № 1487.
2. Цыкало А.Л., Баянкина Т.Я. Особенности испарения сжиженного аммиака при его разливах и утечках // Холодильная техника и технология (Респ. межвед. сборник). 1986. Вып.42, С. 46-50.
3. Дорошенко А.В., Цыкало А.Л., Баянкина Т.Я., Губанов В.А. Накопление атмосферных примесей в рециркулирующей воде, влияние этих примесей на состояние оборудования и окружающую среду // I Всесоюзная конференция "Катализ и каталитические процессы производства химико-фармацевтических препаратов". Тезисы докладов. М., 1985. Ч.1. С.275-277.
4. Цыкало А.Л., Баянкина Т.Я. Рассеивание примеси в атмосфере в случае разливов низкотемпературных жидкостей, сопровождающихся образованием аэрозольных систем // XIV Всесоюзная

конференция "Актуальные вопросы физики аэродисперсных систем". Тезисы докладов. Одесса, 1986.-Г.1.- С.87.

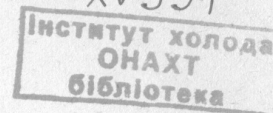
Условные обозначения:

$t$  - температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $q$  - скорость испарения ( $\text{г/с}\cdot\text{см}^2$ ),  $u$  - скорость ветра ( $\text{м/с}$ ),  $L^0$  - характерный размер бассейна ( $\text{м}$ ),  $\tau$  - время,  $K$  - константа коагуляции,  $x$  - координата по направлению ветра,  $R$  - радиус облака ( $\text{м}$ ),  $C$  - концентрация примеси ( $\text{г/м}^3$ ),  $W$  - количество попавшего в облако аммиака ( $\text{т}$ ),  $r$  - радиус частиц дисперсной системы,  $\lambda$  - средняя кажущаяся длина свободного пробега частиц,  $U$  - потенциальная энергия взаимодействия двух сферических частиц, найденная в парно-аддитивном приближении,  $q_p$  - число молекул в единице объема,  $\alpha$  - статическая поляризуемость,  $I(\delta)$  - функция переменной  $\delta = d/2r$ ,  $d$  - расстояние между поверхностями сферических частиц,  $Y(\vartheta)$  - функция, минимум которой определяет отношение критического прицельного параметра, соответствующего слипанию частиц, к сумме их радиусов,  $\vartheta$  - безразмерная переменная, характеризующая скорость относительного движения,  $a$  и  $b$  - постоянные,  $c$  - постоянная,  $\gamma$  - ускорение силы тяжести,  $\rho$  - плотность,  $V$  - объем "цилиндра" облака,  $f$  - доля аммиака, попавшего в облако,  $M$  - количество выброшенного (разлитого) жидкого аммиака.

Индексы:

$o$  - характеристика в начале процесса (температура, скорость испарения, объем "цилиндра" облака, количество выброшенного (разлитого) жидкого аммиака),  $st$  - характеристика в стационарном периоде,  $c$  - характеристика аэрозольной аммиачно-воздушной смеси (облака),  $\vartheta$  - характеристика воздуха,  $ij$  - для реальной системы,  $ts$  - для системы твердых сфер.

*В.В. Димид*



Ротапринт ОТИП г.Одесса зак.1020-86 тираж 120  
объем 1,063 физ. л.

ОТДЕЛ  
ОТДЕЛ  
ОТДЕЛ