

0-787901

На правах рукописи



ХАБИБУЛЛИН ИЛЬДАР ИЛЬГИЗОВИЧ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА ТОКСИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ
ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ**

05.26.03. – Пожарная и промышленная безопасность
(в химической отрасли промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Казань – 2011

Работа выполнена на кафедре «Машины и аппараты химических производств» Казанского государственного технологического университета.

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Поникаров Сергей Иванович
Официальные оппоненты:	доктор технических наук, профессор Кирсанов Владимир Васильевич кандидат технических наук, старший научный сотрудник Сосунов Игорь Владимирович
Ведущая организация:	Уфимский государственный нефтяной технический университет

Защита диссертации состоится 1 июня 2011 года в 15 ч 30 мин на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.080.02 при Казанском государственном технологическом университете по адресу: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, зал заседаний Ученого Совета (А-330).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского государственного технологического университета.

Автореферат диссертации размещен на официальном сайте Казанского государственного технологического университета (www.kstu.ru).

Автореферат разослан 29.04 2011 года



Ученый секретарь
диссертационного совета



А.С. Сироткин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы:

Современные темпы развития химической промышленности сопровождаются увеличением масштабов производства. В настоящее время строятся новые заводы, расширяются уже имеющиеся производства, растут требования к количеству производимого продукта. Рост производства в области химии и нефтехимии, несомненно, влечет за собой возрастание риска возникновения аварий на этих производствах. Возрастание вероятности возникновения аварий так же обуславливается применением на многих производствах оборудования с истекшим нормативным сроком пользования. В связи с этим необходимо использовать научно-обоснованные подходы к обеспечению безопасности людей и расширять исследования в области снижения промышленной опасности объектов.

Наиболее сложной задачей при оценке степени риска промышленных объектов является определение риска от воздействия токсического вещества на человека при авариях.

Существуют различные методики оценки последствий таких аварий. На сегодняшний день существует несколько методик, позволяющих оценить токсическое поражение человека при аварии (ОНД-86, ТОКСИ, РД-03-26-2007 и т.д.). Однако, данные методики не рассматривают движение человека во время аварии, что противоречит реальной действительности. Поэтому создание методики, которая позволяла бы учитывать все значимые факторы, является на сегодняшний день актуальной задачей.

В настоящее время нет четкого подхода к определению поведения человека, находящегося в зоне поражения токсическим веществом, нет так же моделей движения человека в образовавшихся паровоздушных облаках. Изучением поведения человека в ситуациях, которые можно охарактеризовать, как экстремальные, занимается экстремальная психология. Однако данное направление психологии основывается на эмпирическом изучении психологии поведения человека в горах, на ледниках, то есть в стационарном стрессовом состоянии. Получившее на сегодняшний день широкое распространение инженерная психология изучает закономерности процессов информационного взаимодействия человека и техники с целью использования их в практике проектирования, создания и эксплуатации системы человек-машина. Вследствие чего весьма сомнительным является возможность применения таких исследований для моделирования поведения человека при авариях. Наиболее эффективным методом такого прогноза является построение модели движения человека, основанной на эмпирических данных, полученных при проведении натуральных экспериментов.

эвакуации применялись при разработке декларации промышленной безопасности и ПЛАСа ОАО «Казаньоргсинтез», ОАО «Татнефтегазпереработка» и ОАО «Казанский завод синтетического каучука».

Апробация работы.

Разделы данной работы обсуждались на Всероссийской студенческой научно-технической конференции «Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология» проводимой в 2005 году в КГТУ (г. Казань), на Международной научной конференции «Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием» проводимой в 2007 году в г. Иваново, на Второй всероссийской студенческой научно-технической конференции «Интенсификации тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология» в 2008 году в КГТУ (г. Казань), на ежегодных научных сессиях КГТУ (г. Казань).

По предьявляемой к обсуждению работе было опубликовано 6 статей, из них 3 в журналах, рекомендованных ВАК.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из 5 глав, заключения и приложения, изложена на 152 страницах машинописного текста, содержит 22 рисунка и 9 таблиц. Библиографический список использованной литературы содержит 122 наименования.

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава диссертационной работы посвящена анализу существующих методов оценки распространения токсических веществ и влияние их на человека.

Анализ литературы показал, что на сегодняшний день отсутствуют исследования поведения человека в аварийных ситуациях на производственных объектах для оценки токсических воздействий, проявляющихся в процессе развития аварий на химических и нефтехимических объектах, вследствие чего, применяя существующие методики, полученные значения риска поражения человека токсическими веществами, как правило, завышены, а также не учитываются пути эвакуации.

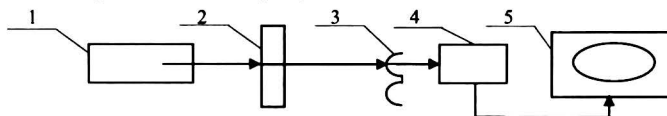
Вторая глава посвящена экспериментальному определению траектории движения человека.

Введем понятия «необученный» и «обученный» человек. Под «необученным» будем понимать человека, который не знает о характере опасности, зонах поражения и направлении эвакуации в случае опасности, такому человеку свойственен неправильный выбор направления движения для скорейшего удаления из облака вследствие незнания распространения облака ОХВ под влиянием ветра, а под «обученным» – человека (работника), хорошо знакомого с опасными

факторами на данном производстве, с методикой эвакуации при авариях с токсическим поражением, регулярно участвующего в учениях по ПЛАСам. Так, «обученный» человек минимально поддается панике при нештатных ситуациях и правильно выбирает свои действия для удаления с зоны поражения ОХВ как при нормальной, так и при ограниченной видимости, чем обеспечивается минимальная вероятность токсического поражения. Примером «необученного» человека могут быть командированные работники, работники соседних предприятий, жители близлежащих домов, поскольку облака токсических веществ могут распространяться и за территорию предприятия, на жилые районы.

Эксперимент заключался в определении траектории движения человека в условиях ограниченной видимости, времени реакции при осознании опасности и дальнейшего поведения, а так же для фиксации траектории движения при удалении человека с места гипотетической аварии. Местом проведения опыта был выбран участок с ровным рельефом местности размерами 100м × 120м. Количество участников эксперимента – 120 человек возрастом 20-25 лет. Ограниченная видимость в эксперименте имитировалась применением очков с заклеенными калькой темными стеклами. Эксперимент проводился в течении трех лет, несколькими этапами, в каждом из которых фиксировались отдельные данные. В диссертационной работе представлены обобщенные данные эксперимента.

Для имитации ограниченной видимости были выбраны темные очки и калька марки «Zabders» плотностью 100 г/м². Для оценки эффективности ограничения видимости проводились измерения ослабления света. Измерения проводились в Федеральном центре коллективного пользования научным оборудованием Казанского (Приволжского) федерального университета. Принципиальная схема установки для измерения коэффициента ослабления имитатора ограниченной видимости представлена на рисунке 1.



- 1 – лазер на YAG:Nd (2-я гармоника, $\lambda=532$ нм, P=5 мВт);
- 2 – механический модулятор светового потока;
- 3 – закрепленные темные очки, с заклеенными калькой стеклами;
- 4 – фотодиод ФД-24К;
- 5 – фотиллограф LeGroy 9450F.

Рисунок 2.1. Принципиальная схема лазерной установки для замера ослабления светового потока

Измерения коэффициента ослабления света проводились следующим образом. Очки, с заклеенными калькой стеклами, крепятся на расстоянии 1 см до

фотодиода ФД-24К, которое соответствует расстоянию от глазного зрачка человека, до стекла надетых на человека очков. Лазерный луч, длина волны которого ($\lambda = 532$ нм) близка к максимальной спектральной чувствительности человеческого глаза, модулируется на частоте 350 Гц, далее попадает на темное стекло очков, заклеенное калькой, и затем на входное окно фотодиода. Перед входным окном фотодиода устанавливалась диафрагма диаметром 3 мм, равная среднему диаметру зрачка человеческого глаза. Лазерное излучение модулировалось для повышения точности измерения и устранения влияния внешней засветки. Сигнал с фотодиода измерялся с помощью цифрового осциллографа. Измерения проводились 10 раз.

Измеренный по такой методике коэффициент ослабления света проходящего через очки с заклеенной калькой стеклами составил в среднем $k = 115$.

Целью этапа № 1 ставилось определение траектории движения человека в условиях ограниченной видимости. Данное условие имитировалось применением очков с заклеенными калькой темными стеклами. Предварительно участнику эксперимента ставилась задача придерживаться прямолинейного движения, при этом задавался ориентир на расстоянии 50 м, после чего он надевал очки и двигался к этому ориентиру. В ходе этапа фиксировались схематичная траектория движения и конечное отклонение от заданного ориентира.

В 120 случаях ни один участник эксперимента не дошел точно к заданному ориентиру. Расстояние по горизонтали, проходящей от заданного ориентира и составляющей с линией описывающей прямолинейное движение угол равный 90° , до пересечения этой горизонтали участниками эксперимента составило до 13,4 м., что составляет отклонение от прямолинейного движения на величину угла φ от 0° до 15° .

Этап проводился при разных скоростях движения человека (от ходьбы со средней скоростью $U_{\text{ср.ход.}} = 3,2$ км/ч до бега со средней скоростью $U_{\text{ср.бег.}} = 9,8$ км/ч), при этом не наблюдалось какой-либо зависимости между скоростью и отклонением от прямолинейного движения.

Этап № 2 проводился для определения времени реакции и выбора траектории движения «необученного» человека при осознании им опасности в условиях нормальной видимости. Участники эксперимента информировались о наличии разлившегося рядом с ним ОХВ и потенциальной опасности. При этом им предлагалось самостоятельно принять решение о дальнейших мерах. В ходе этапа фиксировались время реакции участников после осознания опасности, схематичная

траектория движения участников эксперимента и средняя скорость, которая используется для моделирования движения человека (рис. 2).

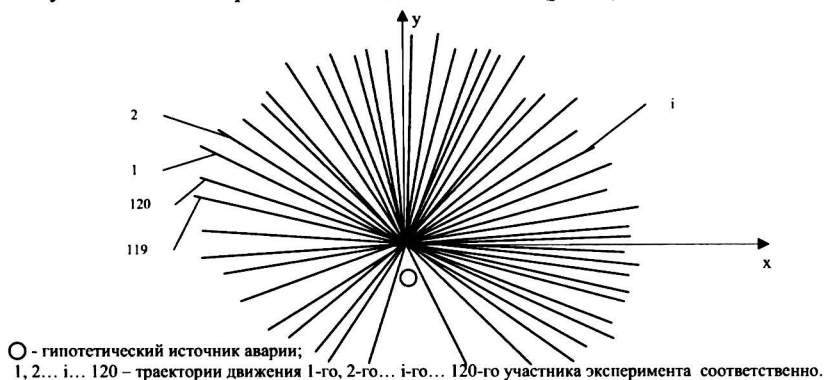


Рисунок 2. Удаление участников эксперимента от гипотетического источника аварии в условиях нормальной видимости.

Этап № 3 заключался в определении времени реакции и выбора траектории движения «необученного» человека при осознании им опасности в условиях ограниченной видимости. Участники эксперимента аналогично этапу № 2 информировались о наличии рядом с ними разлившегося ОХВ, но двигаться им приходилось в условиях ограниченной видимости. Ограниченная видимость имитировалась по аналогии с этапом № 1. При проведении эксперимента фиксировались время реакции участника эксперимента после осознания им опасности (в среднем 1-2 сек.), схематичная траектория движения человека и его средняя скорость (рис. 3).

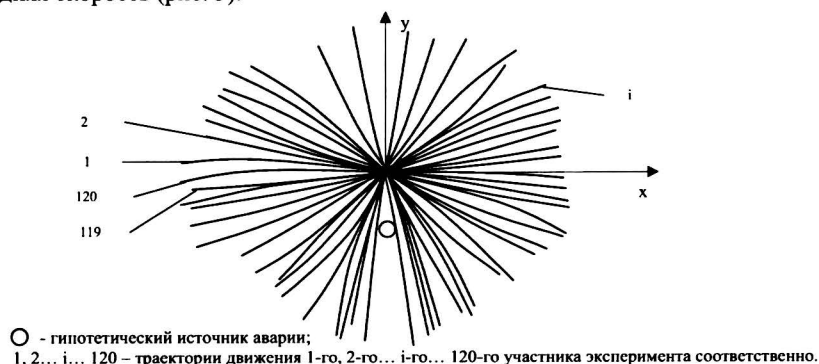


Рисунок 3. Удаление участников эксперимента от гипотетического источника аварии в условиях ограниченной видимости

Целью проведения этапа № 4 являлось определение времени реакции и выбора траектории движения «обученного» человека при осознании им опасности в

условиях нормальной видимости. Предварительно с участниками эксперимента проводилась беседа с целью разъяснения опасности химических веществ, влиянии ветра на рассеивание ОХВ, а так же объяснялась необходимость движения поперек направлению ветра, поскольку в рамках данного эксперимента принималось, что при указанном направлении движения человек получает минимальную токсическую дозу.

Результаты эксперимента представлены на рис. 4.

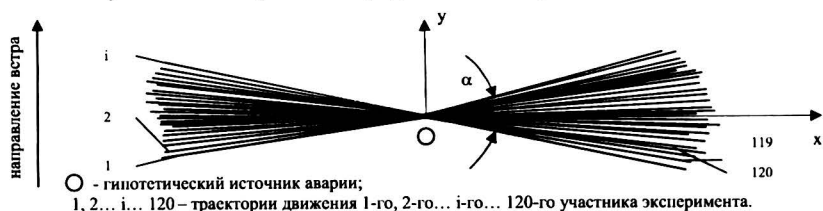


Рисунок 4. Удаление участников эксперимента от гипотетического источника аварии

Целью проведения этапа № 5 являлось определение времени реакции и выбора траектории движения «обученного» человека при осознании им опасности в условиях ограниченной видимости. Этап проводился в соответствии с этапом № 4, однако в данном случае проводилась имитация ограниченной видимости в соответствии с этапом № 1. Результаты эксперимента представлены на рис. 5.

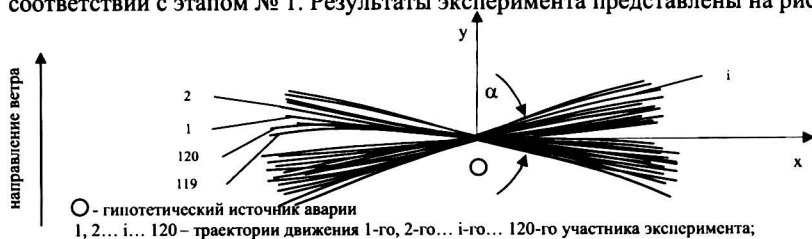


Рисунок 5. Удаление «обученных» участников эксперимента от гипотетического источника аварии

Выявлено, что траектории «обученного» человека и «необученного» в условиях ограниченной видимости отличаются только начальным выбором пути эвакуации.

В результате эксперимента получено, что при движении человека в условиях ограниченной видимости величина угла отклонения от прямолинейности составляет от $\pm 15^\circ$. Указанная величина необходима для моделирования траектории движения человека при эвакуации.

Третья глава посвящена разработке методики определения путей эвакуации из зон поражения опасными токсическими веществами.

Для описания движения человека воспользуемся методом Монте-Карло. В самом общем случае методом Монте-Карло можно назвать любой способ решения некоторой задачи, в котором используются случайные числа. Так, при расчете траектории движения после каждого шага направление движения задается в виде вероятностного числа в пределах от 0 до $\varphi=30^\circ$. При этом учитывается тот факт, что движение может проходить как влево, так и вправо после каждого шага. Если число выбирается до $\varphi/2$, то считается, что движение происходит налево, если больше $\varphi/2$ – направо. Расчет проводится до покидания человеком облака ОХВ.

Поэтапно расчет пути эвакуации можно представить следующим образом:

- 1) Составляются сценарии возможных аварий;
- 2) Выбираются аварии, при которых возможны токсические поражения (рассматриваем аварии на открытой местности);
- 3) Составляются 3D модель местности, на которой возникает авария;
- 4) Задаются направлением и скоростью ветра. Направление ветра выбирается из восьми вариантов – С, СЗ, З, ЮЗ, Ю, ЮВ, В, СВ. Скорость ветра задается $U_{ветр} = 1$ м/с;
- 5) Задаются температурой окружающего воздуха t , максимально возможной в заданном районе;
- 6) Проводится расчет нестационарного поля концентраций, получается массив значений концентраций в каждый момент времени (при $t_0, t_1, t_{i+1} \dots t_{1800}$);
- 7) Задаются начальным положением человека x_{0j} и y_{0j} (выбирается исходя из мест постоянного скопления людей);
- 8) Выбирается начальное направление движения человека (С, СЗ, З, ЮЗ, Ю, ЮВ, В, СВ). Начальное направление движение выбирается исходя их расположения проходных, убежищ и т.д.;
- 9) Принимается скорость движения человека $U_{чел} = 2$ м/с, величина двойного шага $L_{шаг} = 2$ м, угол изменения движения после каждого шага α до $\pm 15^\circ$;
- 10) Проводится расчет движения человека по методике представленной ранее, и определяется токсическая доза, получаемая человеком после каждого шага:

$$D=C(t_0+\Delta t) \Delta t, \quad (1)$$

где C – концентрация токсического вещества в воздухе, $\text{кг}/\text{м}^3$, Δt – время, затрачиваемое на двойной шаг, сек;

- 11) После каждого шага находится суммарная токсодоза:

$$D_{\text{сум}} = \sum_{i=0}^{1800} D_i ; \quad (2)$$

12) Расчет проводится до получения значения $D_{\text{сум}} \geq D_{\text{леталь}}$, либо $D_{i+1} - D_i = 0,0001D_i$;

13) Пункты 9-11 повторяются 500 раз. Получается 500 траекторий движения в одном направлении, различающихся направлением движения после каждого шага;

14) Находится средняя токсическая доза:

$$D_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=0}^{500} D_{\text{сум } i}}{500}; \quad (3)$$

15) Расчет по пунктам 8-14 проводится для всех возможных направлений;

16) Проводится сравнительный анализ, получается направление движения, соответствующее наименьшему токсическому поражению для выбранного направления ветра;

17) Проводятся аналогичные расчеты (пункты 4-16) для других направлений ветра.

В результате получен путь эвакуации, при котором человек получает минимальную вероятность токсического поражения при определенном сценарии аварии.

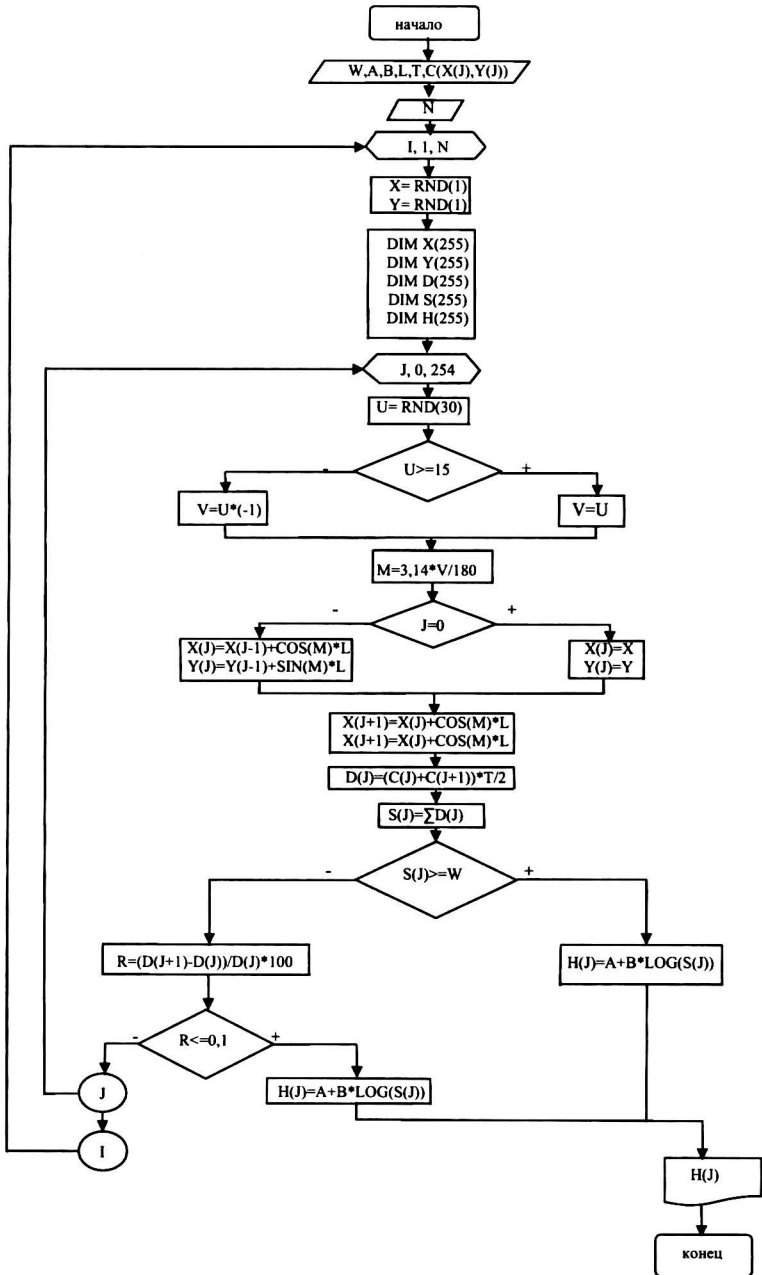
Четвертая глава посвящена разработке методики определения вероятности токсического поражения человека при эвакуации из зон поражения опасными веществами и методики эвакуации персонала в случае аварии с токсическими выбросами.

Поскольку методика определения вероятности токсического поражения представляет собой пошаговый расчет, то от интегрирования токсического поражения переходим к суммированию токсического поражения (токсической дозы). Так по пути движения человека, определенной по методике, находим концентрацию токсического вещества. По значениям концентрации вещества вычисляем токсическую дозу (далее по тексту - токсодоза) по формуле:

$$D(x, y, z) = \int_0^{t_0} c^n(x, y, z, t) dt \quad (4)$$

После каждого шага ищется суммарная токсодоза, определяемая как сумма всех токсодоз, полученных после каждого шага. Токсодоза суммируется, так как можно принять, что вещество обладает свойством кумулятивности, за счет относительно небольшого времени пребывания человека в облаке ОХВ и непрерывного нахождения в нем. Из значений токсодозы вычисляют пробит-функцию, затем находят вероятность поражения. Из численных значений вероятности поражения можно судить о величине токсического поражения.

Блок-схема решения:



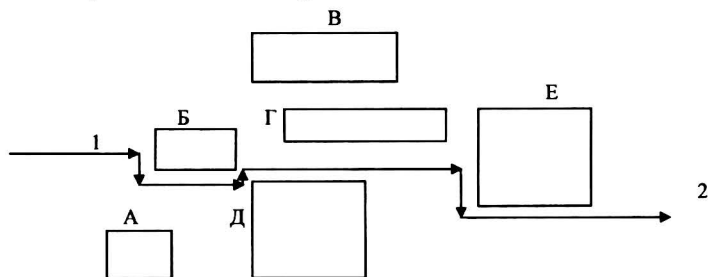
Принятые сокращения, представленные в блок-схеме:

W - смертельная токсодоза, $\text{кг}/\text{м}^3$; A, B - константы зависящие от природы вещества; L - величина, равная двойному шагу человека, м; T - время, затрачиваемое на один шаг, сек; N - количество людей находящихся в зоне аварии; C - концентрация вещества, $\text{кг}/\text{м}^3$; X, Y - координаты места положения человека, м; D - токсодоза, $\text{кг}\cdot\text{сек}/\text{м}^3$; S - суммарная токсодоза, $\text{кг}\cdot\text{сек}/\text{м}^3$; H - значение пробит-функции.

В существующих методиках расчеты проводятся при условии неподвижности человека находящегося в зоне распространения ОХВ. Применение значений токсодозы, полученной при условии движения человека, позволяют делать более объективные расчеты вероятности токсического поражения. Возможен так же учет наличия у человека средств индивидуальной защиты (противогазов, химзащитных костюмов и т.д.).

Представленная методика применима для расчета движения человека, покидающего территорию поражения без застройки. При покидании территории с застройками возникает необходимость обойти застройки, что описывается ломаной траекторией движения, несколькими прямыми траекториями, каждая из которых находится с применением представленной методики.

На рисунке 6 представлен пример построенного пути эвакуации с зоны токсического поражения в условиях застройки. Так, человек, находясь, вблизи источника аварии (в точке 1) стремиться к эвакуационному выходу (в точке 2). Согласно разработанной методике проводится расчет всех возможных планов эвакуации с учетом застройки при различных сценариях аварий. Полученные величины вероятности поражения при всех возможных вариантах эвакуации сравниваются, выбирается путь эвакуации, при котором человека вероятность токсического поражения человека будет меньшей.



1 - начальное местоположение человека;
2 - конечное местоположение человека;
А, Б, В, Г, Д, Е - условные обозначения зданий.

Рисунок 6. Пример эвакуации человека в условиях застройки

Так, человек, находясь в точке 1 (см. рисунок 6), информируется о необходимости движения к зданию А, обходу здания Б, со стороны здания А, движению вдоль здания Д, до здания Е с последующим обходом здания Е с правой (южной стороны).

При определении траектории движения «необученных» и «обученных» людей по представленной модели с учетом воздействия хлора получим картину представленную на рисунке 7.

Из значений пробит-функции по табличным данным получим вероятность поражения.

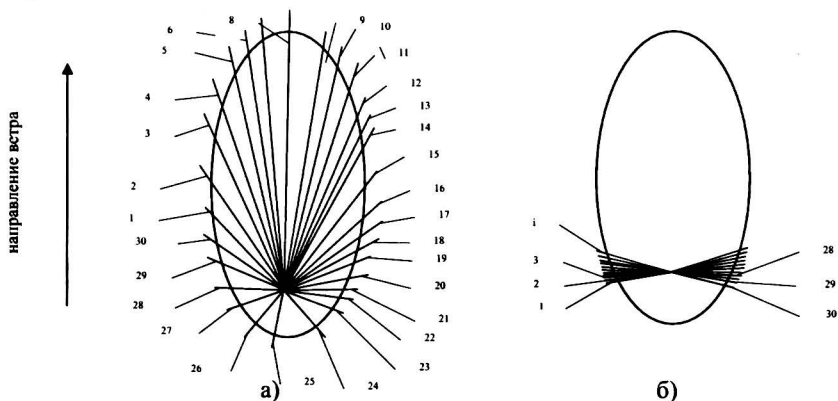


Рисунок 7. Траектории движения а) «необученных» и б) «обученных» людей при наложении на облако смеси хлора и воздуха

В таблице 1 представлены значения токсодоз, полученных: а) «необученным» и б) «обученным» персоналом после полного удаления из облака хлора при 30 вариантах траекторий движений.

Таблица 1.

для случая а)

№ траектории	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Токсодоза, гр°сек/м³	182,61	197,69	205,82	229,76	270,1	295,12	316,47	349,84	319,34	305,37	247,53	213,84	208,2	201,58	194,37
Вероятность поражения, %	73	79	82	92	100	100	100	100	100	100	99	85	83	81	78
Вероятность поражения, при применении фильтрующего противогаза типа А, %	71	77	80	92	100	100	100	100	100	100	97	83	81	79	76

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
184,81	179,14	171,39	157,6	142,42	110,82	142,27	175,97	241,82	377,48	235,03	167,25	113,97	159,56	168,41
74	72	69	63	57	44	57	70	97	100	94	67	46	64	67
72	70	67	61	55	42	55	68	95	100	92	65	44	62	65

Из таблицы видно, что при движении человека поперек направлению ветра (траектории движения №№ 20, 21, 22) вероятность его токсического поражения минимальна по-сравнению с другими траекториями.

для случая б)

№ траектории	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Токсодоза, гр*сек/м ³	138,25	135,67	127,37	115,86	110,38	113,97	119,46	128,01	134,27	144,57	152,39	156,03	159,36	162,79	168,07
Вероятность поражения, %	55	54	51	46	44	46	48	51	54	58	61	62	64	65	67
Вероятность поражения, при применении фильтрующего противогаза типа А, %	53	52	49	44	42	44	46	49	52	56	59	60	62	63	65

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
165,72	157,47	151,79	142,48	136,23	131,14	125,41	118,26	112,46	115,92	123,68	126,25	129,58	132,14	140,42
66	63	61	57	54	52	50	47	45	46	50	51	52	53	56
64	61	59	55	52	50	48	45	43	44	48	49	50	51	54

Видно, что вероятность токсического поражения при эвакуации из зоны поражения «обученных» людей намного меньше, чем «необученными», следовательно, и количество пострадавших среди «обученных» людей будет меньшим.

Пятая глава посвящена практическому применению разработанного комплекса моделей и программной системы при оценке последствий аварийных выбросов на различных предприятиях химической и нефтехимической промышленности (при разработке деклараций промышленной безопасности ПЛАСа ОАО «Казаньоргсинтез», ОАО «Татнефтегазпереработка» и ОАО «Казанский завод синтетического каучука»).

На рисунке 8 представлена фотография рассматриваемого участка ОАО «Казаньоргсинтез» полученная со спутника (Google), с расположенными зданиями.

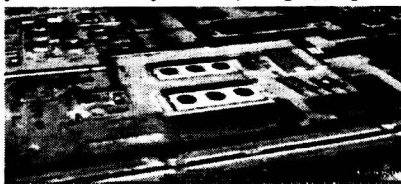
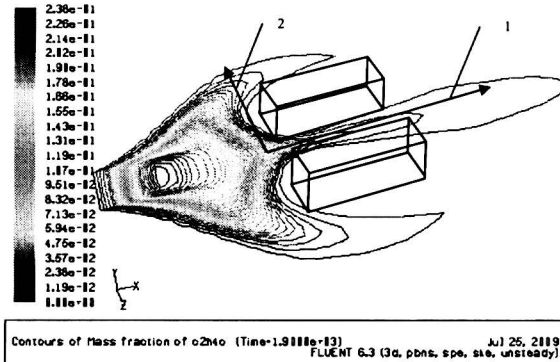


Рисунок 8. Фотография, полученная со спутника, расположения зданий участка ОАО «Казаньоргсинтез»

При моделировании аварийной ситуации заключающейся в разгерметизации трубопровода с разливом окиси этилена (C₂H₄O) на участке местности, с последующим образованием паровоздушного облака и распространением этого облака на некоторой территории произведен расчет токсической дозы полученной

персоналом при различных путях эвакуации. Расчет токсической дозы производился при существующих и рекомендуемых путях эвакуации.

Картина распространения окиси этилена полученная при помощи применения программного пакета Fluent представлена на рис. 9.



1, 2 – направления эвакуаций персонала

Рисунок 9. Схема расположения зданий и распространения облака окиси этилена.

На рисунке 9 показаны траектории движения персонала при эвакуации. 1 – существующая траектория и, 2 – предлагаемая траектория эвакуации персонала.

В таблице 2 представлены расчеты токсической дозы, получаемой персоналом при двух вариантах эвакуации.

Таблица 2.

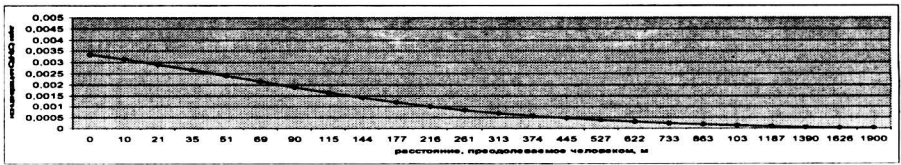
Существующий вариант траектории движения человека (траектория 1)

Пройденное расстояние, м	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Токсодоза, гр*сек/м ³	14	46	107	154	203	239	267	297	320	340

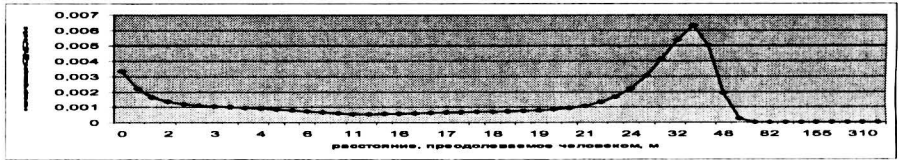
Предлагаемый вариант траектории движения человека (траектория 2)

Пройденное расстояние, м	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Токсодоза, гр*сек/м ³	14	34	39	46	75	108	113	114	115	115

В случае эвакуации по предлагаемой траектории (траектория 2) человек получает токсической дозы на 66 % меньше, чем в случае эвакуации по существующей траектории (траектории 1).



а)



б)

Рисунок 10. Изменения концентраций по пути движения человека: а) траектория «1», б) траектория «2»

Проводился численный анализ аварии и расчет токсического воздействия на персонал в резервуарном парке, входящего в состав ОАО «Татнефтегазпереработка».



1, 2 – направления эвакуации персонала

Рисунок 11. Схема расположения зданий и распространения облака бензина.

Расчет токсического поражения представлен в таблице 3.

Таблица 3.

Существующий вариант траектории движения человека (траектория 1)

Пройденное расстояние, м	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Токсодоза, гр*сек/м ³	4	15	25	34	42	50	56	60	63	62

Предлагаемый вариант траектории движения человека (траектория 2)

Пройденное расстояние, м	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Токсодоза, гр*сек/м ³	4	15	18	20	24	26	28	31	32	32

В случае эвакуации по предлагаемой траектории (траектория 2) человек получает токсическую дозу на 50 % меньше, чем в случае эвакуации по существующей траектории (траектория 1).

Проводился численный анализ аварии и расчет токсического воздействия на персонал на участке цеха ОАО «Казанский завод синтетического каучука». Определялась токсическая доза, полученная персоналом от воздействия сероводорода, в результате аварийного пролива при различных вариантах эвакуации.

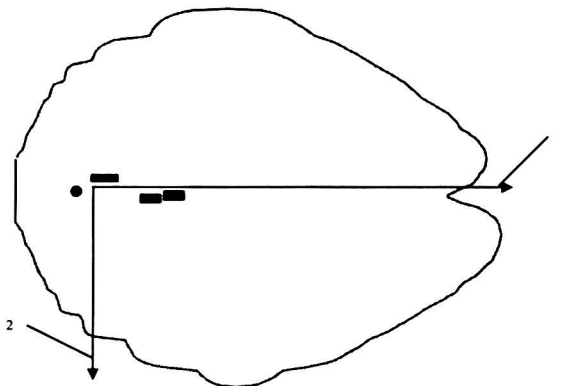


Рисунок 12. Изолинии концентрации сероводорода в момент времени $t=1000$ с

Расчет токсической дозы, проведенный по аналогии, представлен в таблице 4.

Таблица 4.

Существующий вариант траектории движения человека (траектория 1)

Пройденное расстояние, м	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Токсодоза, $\text{гр}\cdot\text{сек}/\text{м}^3$	6	17	23	36	52	63	74	85	93	95

Предлагаемый вариант траектории движения человека (траектория 2)

Пройденное расстояние, м	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Токсодоза, $\text{гр}\cdot\text{сек}/\text{м}^3$	6	17	22	28	32	34	35	36	37	38

В случае эвакуации по предлагаемой траектории (траектория 2) вероятность токсического поражения человека составляет 60 %, а в случае эвакуации по существующей траектории (траектории 1) вероятность токсического поражения составляет 100 %. Таким образом, вероятность токсического поражения человека покидающего зону поражения по предлагаемой траектории на 40 % меньше, чем в случае эвакуации по существующей траектории.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ:

1. Проведен натурный эксперимент по определению траектории движения человека в аварийных ситуациях в условиях нормальной и ограниченной видимости, что используется для построения траекторий движения человека. Проведены измерения коэффициента ослабления света имитатора ограниченной видимости.

2. Разработана и реализована методика расчета вероятности токсического поражения при авариях на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, с учетом перемещения человека. Методика позволяет определять токсические поражения при авариях с различным рельефом местности, при условии застройки, что служит методом оценки последствий токсических воздействий, проявляющихся в процессе развития аварий.

3. Разработана и реализована методика определения путей эвакуации персонала и населения попадающего под воздействие, при различных вариантах развития аварий в условиях ограниченной и нормальной видимости, что позволяет принимать технические решения на стадиях проектирования и реконструкции предприятий, при выборе расположения оборудования, эвакуационных выходов и проходных.

4. Определены наиболее благоприятные пути эвакуации персонала для участка завода органических продуктов ОАО «Казаньоргсинтез», резервуарного парка, входящего в состав ОАО «Татнефтегазпереработка», участка цеха ОАО «Казанский завод синтетического каучука» при авариях сопровождающихся распространением облака токсического вещества.

Основные публикации по теме диссертации:

1. Хабибуллин, И.И. Определение токсодозы при гипотетической аварии с выбросом опасных химических веществ / И.И. Хабибуллин, Е.В. Старовойтова, С.И. Поникаров [и др.] // Материалы Всероссийской студенческой научно-технической конференции «Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология». – 2005.– с. 237-240.

2. Хабибуллин, И.И. Определение токсодозы с учетом движения человека при авариях на химически опасных объектах / И.И. Хабибуллин, В.С. Гасилов, С.И. Поникаров // Вестник Казанского технологического университета. – 2006. – № 4. – с. 231-234.

3. Хабибуллин, И.И. Определение минимального индивидуального риска при удалении человека с зоны поражения опасным химическим веществом / И.И. Хабибуллин, В.С. Гасилов, С.И. Поникаров // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – № 7. – с. 39-43.

10-

4. Хабибуллин, И.И. Методика определения индивидуального риска при удалении человека с зоны поражения опасным химическим веществом с учетом траектории движения / И.И. Хабибуллин, В.С. Гасилов, С.И. Поникаров // Сборник трудов том II Международной научной конференции «Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием». – 2007. – с. 101-103.

5. Хабибуллин, И.И. Определение индивидуального риска при эвакуации человека с зоны поражения опасным химическим веществом при авариях на химически опасных объектах / И.И. Хабибуллин, В.С. Гасилов, С.И. Поникаров // Материалы второй всероссийской студенческой научно-технической конференции «Интенсификации тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология». – 2008. – с. 361-363.

6. Хабибуллин, И.И. Снижение затрат на обеспечение безопасности на опасных производственных объектах / И.И. Хабибуллин, В.С. Гасилов, С.И. Поникаров // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 9. – с. 56-58.

Соискатель



И.И. Хабибуллин