



Использование программного комплекса ТОКСИ+Risk для оценки последствий аварий и расчета показателей риска

Агапов Александр Анатольевич

к.т.н., директор по информационным технологиям ЗАО
ИТЦ ПБ

(495) 620-47-52, inform@safety.ru

Линейка программных продуктов ТОКСИ+

- Программный комплекс ТОКСИ+ (верс. 3.3.20)



- Аппаратно-программный комплекс ТОКСИ+Метео (ТОКСИ+ (верс. 3.3.20) + цифровая метеостанция RST MeteoScan Pro)



- Программный комплекс ТОКСИ+Risk (верс. 4.1)



- ТОКСИ+Risk. Стартовая редакция **(бесплатно!)** (расчет величин пожарного риска для производственных и непроизводственных зданий с выводом протоколов в MS Word)

Структура программного комплекса ТОКСИ+

Управляющая оболочка –
контейнер для визуализации
результатов расчетов
последствий воздействия
различных поражающих
факторов на ситуационном
плане

**Набор подключаемых
расчетных методик** для
моделирования :

- рассеяния опасных веществ в атмосфере;
- токсического воздействия;
- ударно-волнового воздействия;
- термического воздействия



**Общая пополняемая база
данных** со свойствами
опасных веществ,
используемых в расчетах

**Оценка числа
пострадавших,
определение расчетных
величин риска и
построение поля риска***



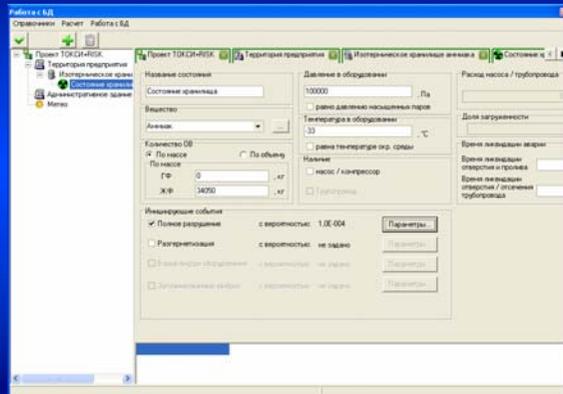
(* – реализовано в ТОКСИ+^{RISK})

Схема взаимодействия компонентов комплекса ТОКСИ+

Управляющая оболочка



Работа с БД проекта



Расчетные методики

О программе

Оценка последствий аварийных выбросов опасных веществ (методики ТОКСИ 2.2 и РД-03-26-2007)



Версия 3.3.20,
редакция от
12.2009

ЗАО НТЦ ПБ, 2001-2010гг.



Оценка последствий
аварийных взрывов
топливно-воздушных
смесей
(с изменениями и дополнениями)

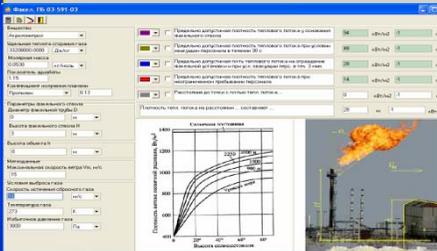
(с) НТЦ "Промышленная безопасность"
1997-2006

Пожарная безопасность технологических процессов



Версия 3.2,
редакция от 02.04.2008

www.safety.ru



БД свойств веществ

БД опасных веществ

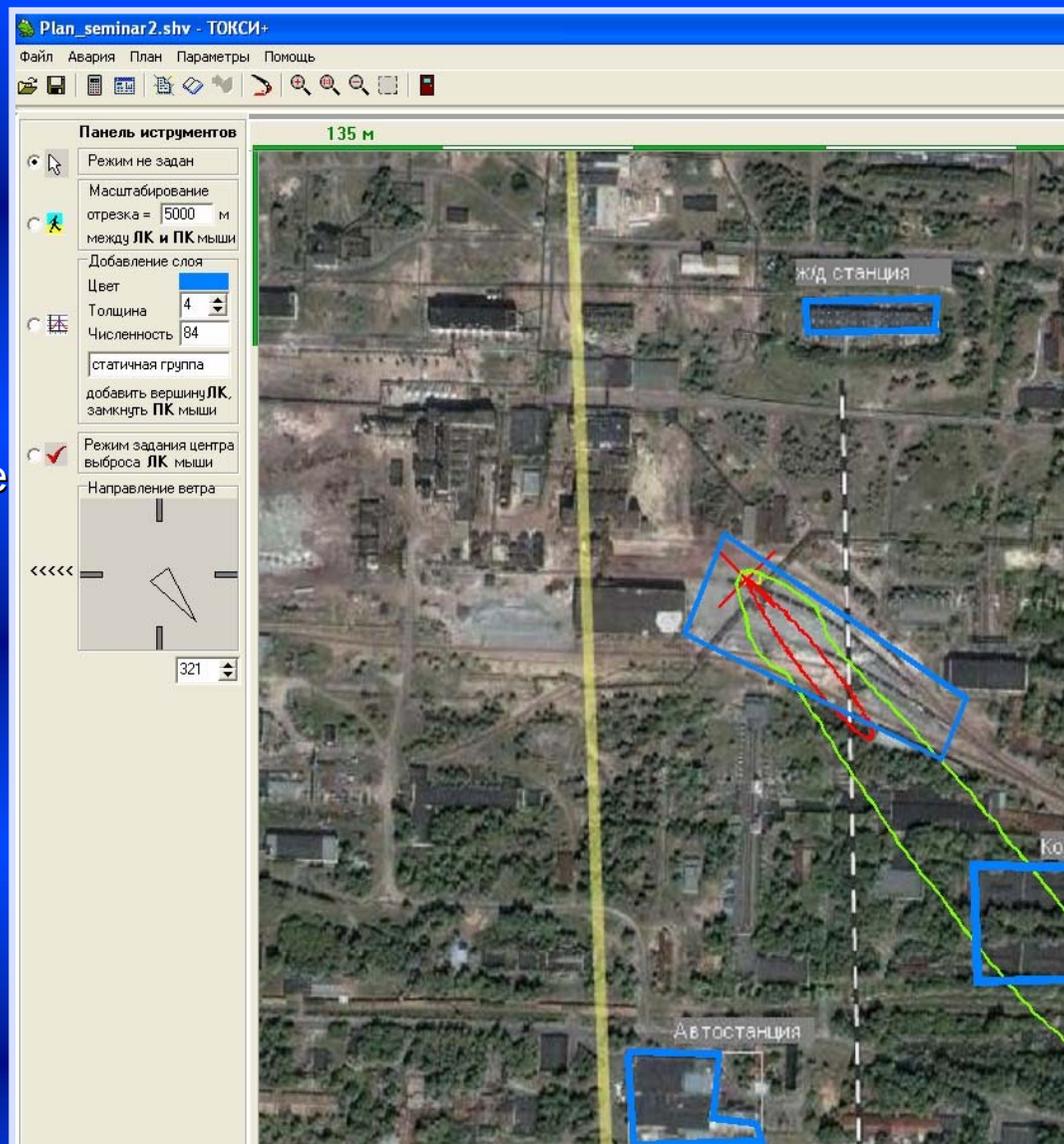
Добавить вещество | Удалить вещество

№	Название	Формула	Примеч.	Сортировать по:
31	Акрилонитрил	CH ₂ CHCN	Г	№ вещества ↑ возрастанию ↓ убыванию
32	Акролеин	CH ₂ CHCHO	ГТ	
6	Аммиак	NH ₃	ГТ	
9	Бензол	-	Г	
28	Бензол	-	Г	
22	Бронзовый водород	NH ₂	Т	Сортировать

№	Название свойства	Обозначение	Значение	Размерность
1	Молярная масса	M	115	г/моль
2	Плотность газа	P ₀	4,96	кг/м ³
3	Температура кипения	T _{кр}	333	К
4	Удельная теплота сгорания газа или пара	Q _{сг}	1	Дж/кг
5	Удельная теплота сгорания жидкой фазы	C _л	2	Дж/кг
6	Удельная теплота сгорания газовой фазы	C _г	3	Дж/кг
7	Теплота испарения	Q _{исп}	37000	Дж/кг
8	Давление насыщенных паров при нормальных условиях	P _н	0	Па
9	Нижний концентрационный предел распространения	C _{ниж}	1	% об.
10	Плотность жидкости	P _{0,л}	740	кг/м ³
11	Стекиметрическая концентрация	C _{ст}	0	% об.
12	Максимальное давление взрыва	P _{макс}	0	Па
13	Теплоемкость	Q _с	2190	Дж/(кг*К)
14	Коэффициент Ср/Cv (газ)	gpc	1,07	ед.
15	Пороговая токсодоза	PC50	0	мг*мин/л

Управляющая оболочка

- Ситуационный план: поддержка форматов графических файлов (точечные: bmp, jpg; векторные: wmf, формат *Autocad*)
- Задание «слоев» - участков нахождения населения и персонала на ситуационном плане
- Вызов расчетных методик
- Отображение изолиний с результатами расчета
- Расчет числа пострадавших
- Построение поля риска (*верс.4*)
- Оценка риска для наружных установок
- Оценка пожарного риска в производственных зданиях



Расчетные модули ТОКСИ+

Поражающий фактор:
Токсическое воздействие

✓ РД-03-26–2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ - Методика ТОКСИ-3 (утв. Приказом Ростехнадзора № 859 от 14.12.07)

✓ Методика оценки последствий химических аварий (Методика Токси. Редакция 2.2) (утв. НТЦ «Промышленная безопасность», 1999)



Расчетные модули ТОКСИ+

Поражающий фактор:

***Ударная волна при
взрывах ТВС***

✓ РД-03-409-01. Методика оценки последствий аварий взрывов топливно-воздушных смесей // (утв. Постановлением Госгортехнадзора России №25 от 26.06.2001)

✓ ГОСТ Р 12.3.047-98. Метод расчета параметров волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей в открытом пространстве



Поражающий фактор:
***Термическое воздействие
при пожарах пролива ЛВЖ***

✓ ГОСТ Р 12.3.047-98. Метод
расчета интенсивности
теплового излучения при
пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ

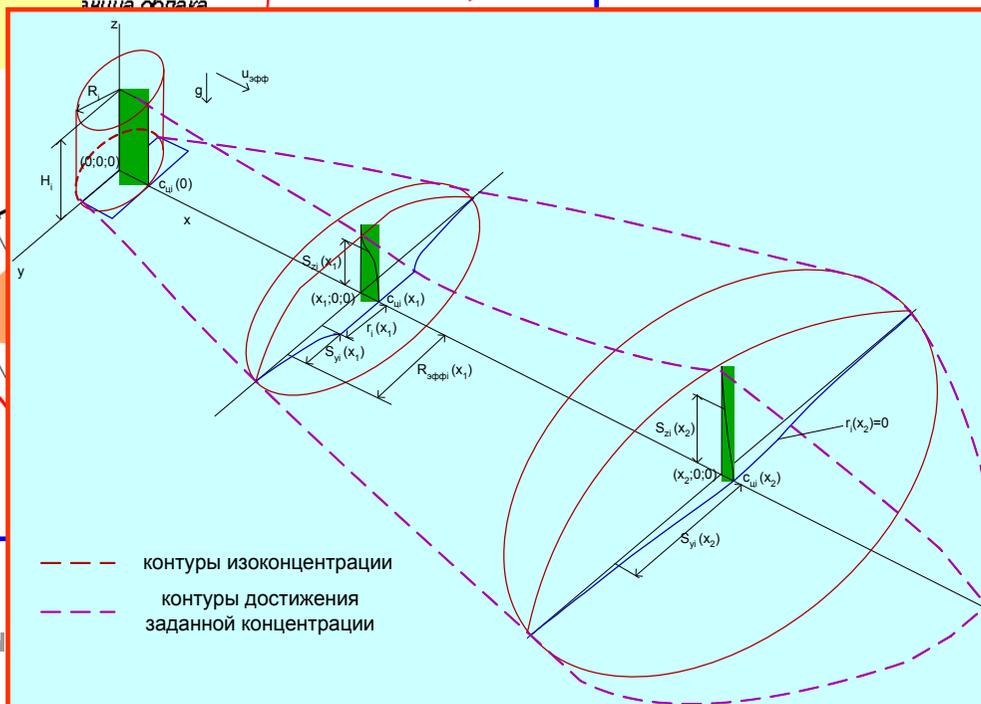
✓ ГОСТ Р 12.3.047-98. Метод
расчета интенсивности
теплового излучения и времени
существования «огненного
шара»



Математическая модель рассеяния ТОКСИ-3

Первичное
облако

Контур достижения
заданной
концентрации

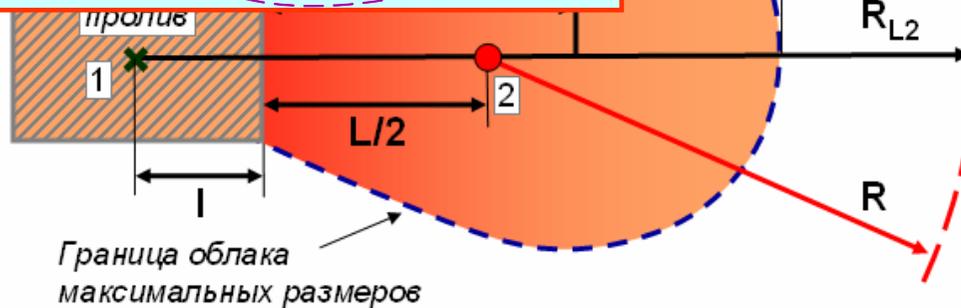


--- контуры изоконцентрации
- - - контуры достижения
заданной концентрации

$$2 \cdot \pi \cdot R_{эфф}$$

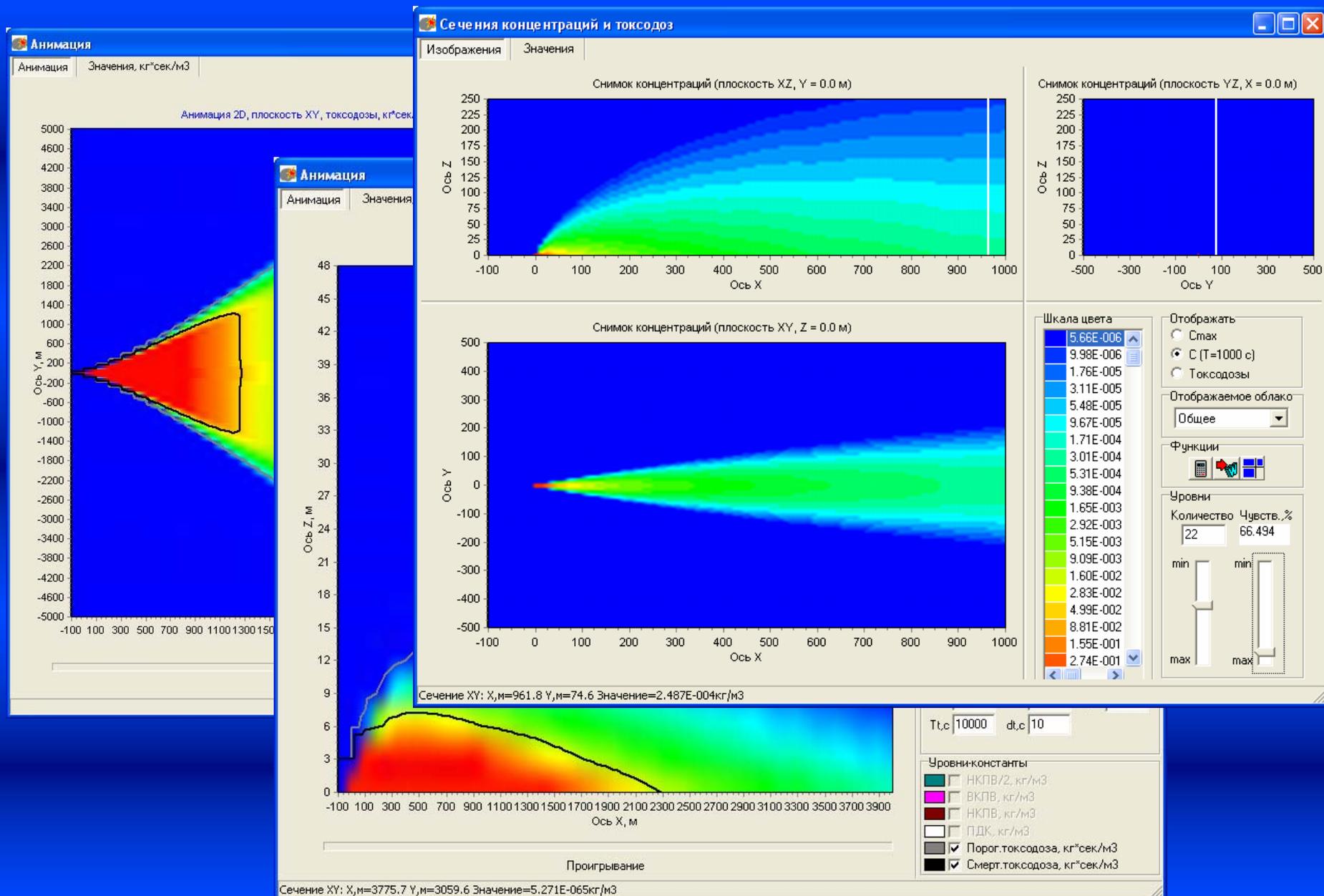
$$\frac{d}{dt} [x_{эфф}] = u_{эфф}$$

+ 3 м/д соотношения для опред
жидкости

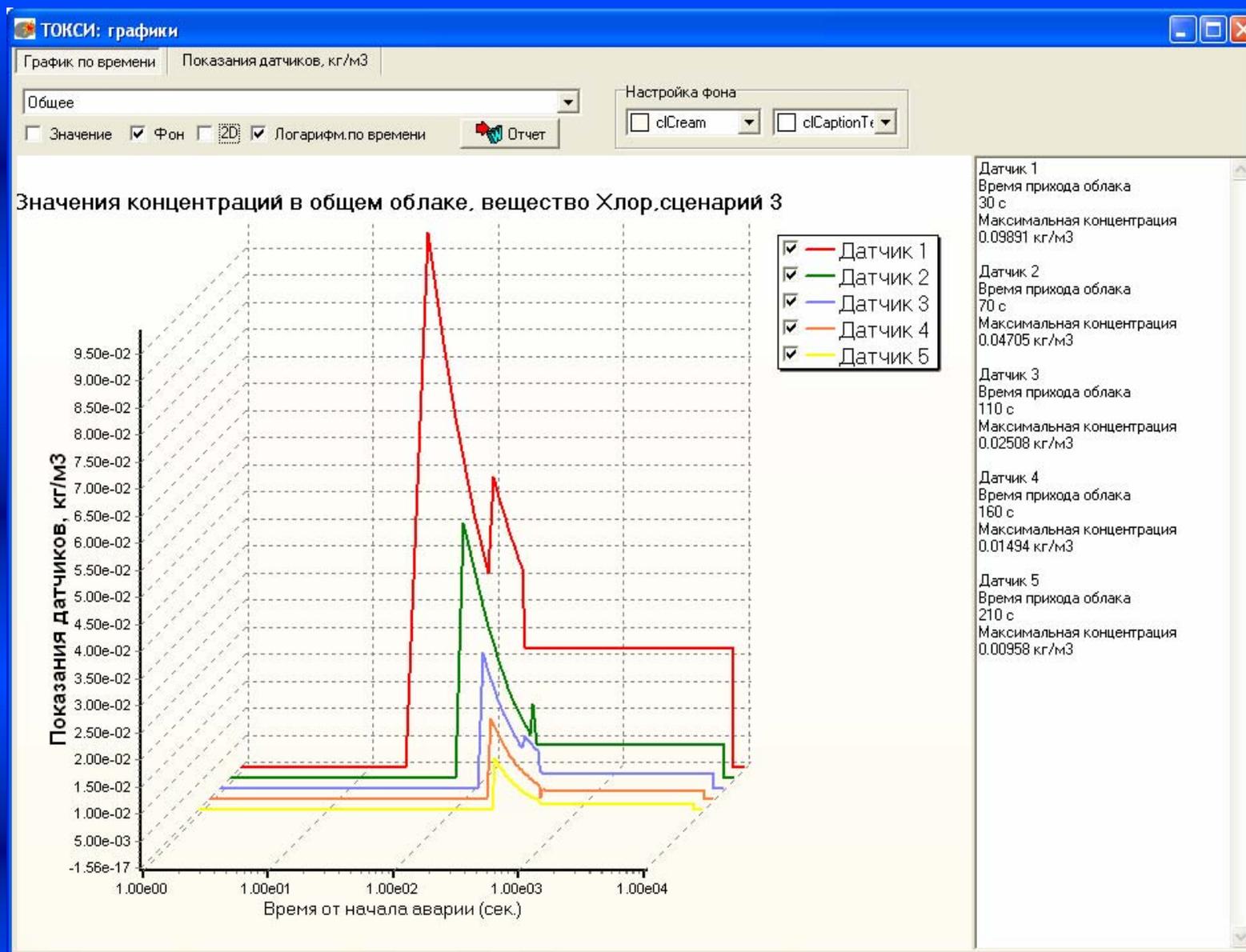


Граница облака
максимальных размеров

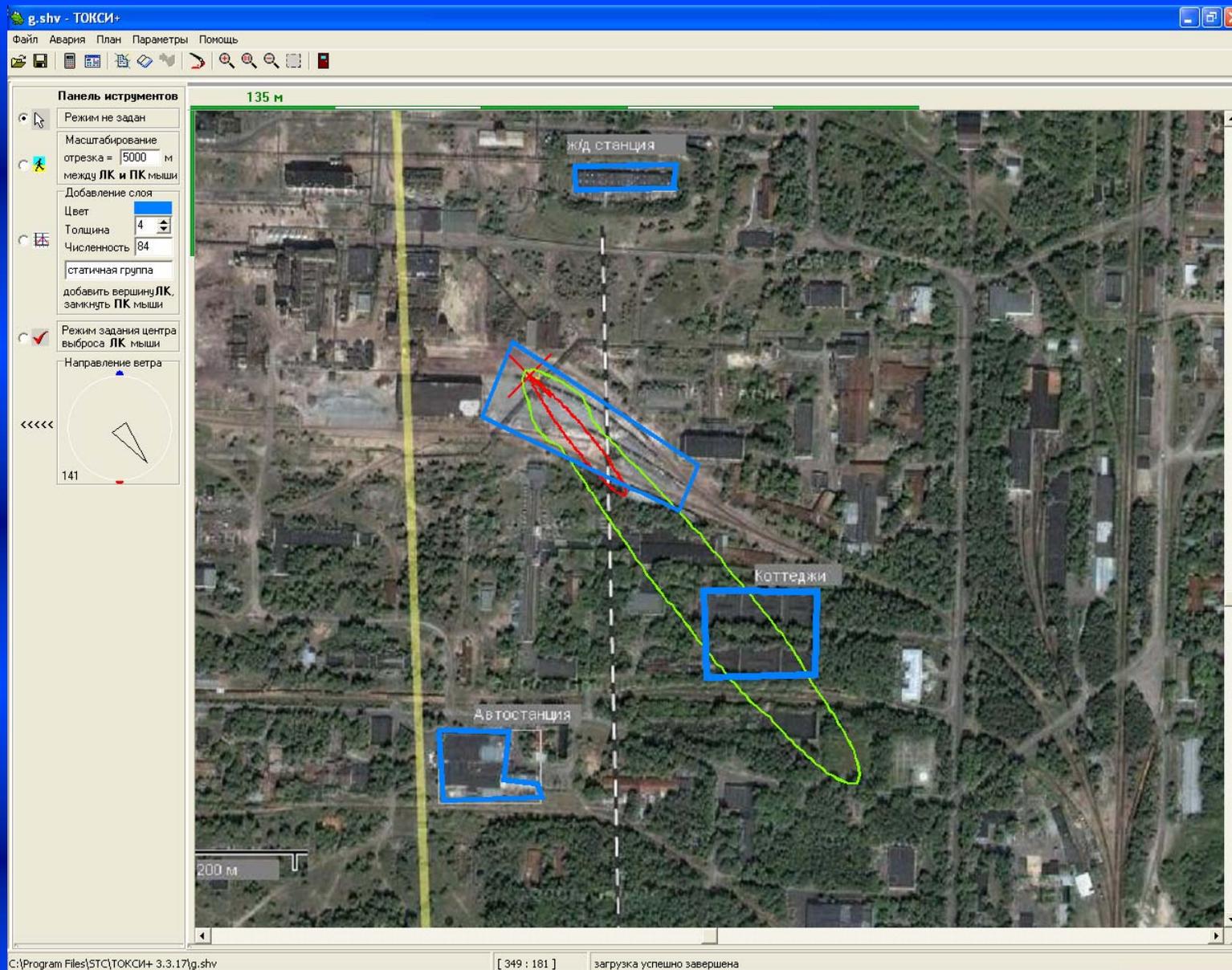
Расчитанные поля концентраций и токсодоз



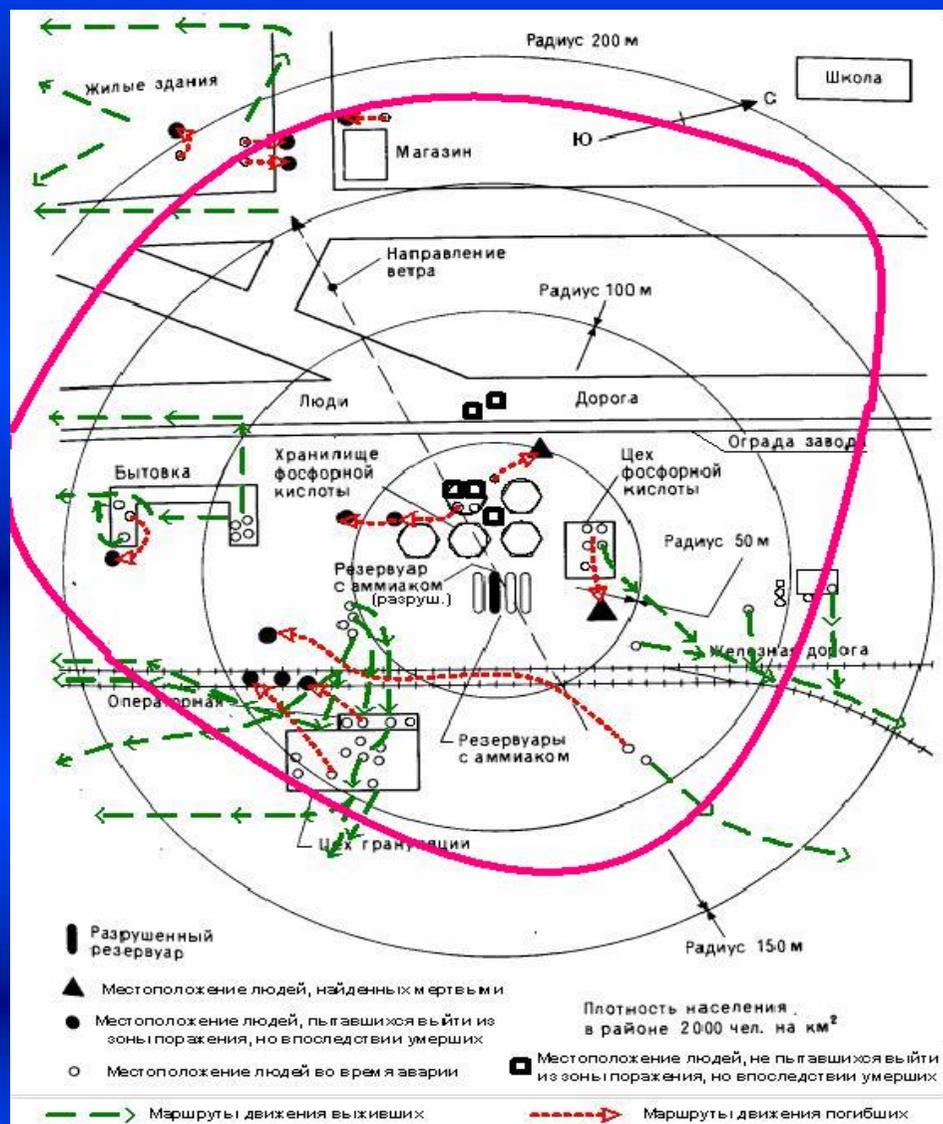
Виртуальные датчики концентраций



Изолинии токсодоз на ситуационном плане



Сопоставление размеров зон, рассчитанных по ТОКСИ-3, и последствий аварии с выбросом аммиака (г. Потchefструм, ЮАР)



Расчет показателей риска в



Для одного варианта аварии для заданной температуры (i), скорости ветра (j), направления ветра (k), стабильности атмосферы (l) в пределах зоны поражения Ω можно определить вероятность возникновения каждого поражающего фактора заданного уровня:

$$Q_{\text{соб}} = P_{\text{отв}} * P_{\text{исх}} * P_{ijk} \quad (\text{для одного источника})$$

Потенциальный риск

$$P(x, y) = P(i) = \sum_j^N Q_{\text{соб}_j} P_{\text{пор}_j}$$

Индивидуальный риск

$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} P(i) = \sum_{i=1}^I \frac{N_{\text{пост}_i}}{N_{\text{риск}_i}} k_{\text{прис}_i} P(i)$$



Общие параметры проекта

Работа с БД

Справочники Расчет

Проект ТОКСИ+risk

- Хранилище нефти I
- Хранилище нефти II
- Резервуар с нефтью II
 - Полный резервуар
- Производственное помеще
- Производственное помеще
- Административное здание
- Метео

Проект ТОКСИ+risk

Хранилище нефти II

Резервуар с нефтью II

Используемые расчетные методики

Рассеяние: РД 03-26-2007

Пожар пролива: ГОСТ 12.3.047-9

Взрыв ТВС: РД 03-409-01

Примечания

проект

Группы населения

Наименование
Персонал
Третьи лица

Исполнители

Исполнители
Активный пользователь

Параметры расчетных методик

РД 03-26-2007 | РД 03-409-01 | ГОСТ 12.3.047-98

Методика оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ

Шаг расчетной сетки

Автошаг

5 м

Время экспозиции

1800 с

Тип местности

Окраины города

Свое значение...

Критерии токсич. поражения

Детерминированные

Пороговая токсодоза >>

Вероятностные

Смертельная токсодоза >>

99%

Крит. пораж. пожаром-вспышкой

Вероятность поражения (НКПВ/2) 99% >>

Выбранные критерии поражения

Зона вероятностного поражения 5% (РД 03-409-01)
Зона вероятностного поражения 50% (ГОСТ 12.3.047-98)
Зона вероятностного поражения 50% (РД 03-409-01)
Зона вероятностного поражения 90% (ГОСТ 12.3.047-98)
Зона вероятностного поражения 90% (РД 03-409-01)
Зона поражения НКПВ/2

Задание «дерева событий»

Полное разрушение

Вероятность события

Возможные исходы

- Рассеяние без воспламенения с относ. вероятностью
- Мгновенное воспламенение с относ. вероятностью
- Отложенное воспламенение с относ. вероятностью
в момент времени , с
- Пожар пролива с относительной вероятностью
- Факел с относительной вероятностью
- Огненный шар с относительной вероятностью

OK

Разгерметизация

Параметры разгерметизации

Площадь отверстия разгерметизации , м2

Вероятность образования отверстия

Положение отверстия

Площадь отверстия, м2	Вероятность образования отв.	Положен

Возможные исходы

- Рассеяние без воспламенения с относ. вероятностью
- Мгновенное воспламенение с относ. вероятностью
- Отложенное воспламенение с относ. вероятностью
в момент времени , с
- Пожар пролива с относительной вероятностью
- Факел с относительной вероятностью
- Огненный шар с относительной вероятностью

Параметры пролива

- Пролив в обвалование с относит. вероятностью
- Пролив за обвалование
площадь пролива , м2
с отн. вероятностью
- Пролив за обвалование
площадь пролива , м2
с отн. вероятностью

OK

Задание метеостатистики

Работа с БД

Справочники Расчет

Проект ТОКСИ+risk

- Хранилище нефти I
- Хранилище нефти II
- Резервуар с нефтью II
- Полный резервуар
- Производственное помеще
- Производственное помеще
- Производственное помеще
- Административное здание
- Метео

Проект ТОКСИ+risk | Хранилище нефти II | Резервуар с нефтью II | Метео

Загрузить метеоданные | Задать метеопараметры вручную... | Размытие направлений

Скорость ветра	Направление	Стратификация	T, град. С	Вероятность
1 м/с	0 градусов	C	16 град. С	1,96E-002
1 м/с	0 градусов	D	16 град. С	1,96E-002
1 м/с	0 градусов	D	17 град. С	1,96E-002
1 м/с	0 градусов	F	10 град. С	1,96E-002
1 м/с	22 градусов	C	16 град. С	1,96E-002
1 м/с	22 градусов	C	19 град. С	1,96E-002
1 м/с	22 градусов	D	11 град. С	1,96E-002

0%

Группировка метеособытий

Границы промежутка по скорости ветра
от 1 до 12 шаг 1

Границы промежутка по температуре
от -35 до 30 шаг 1

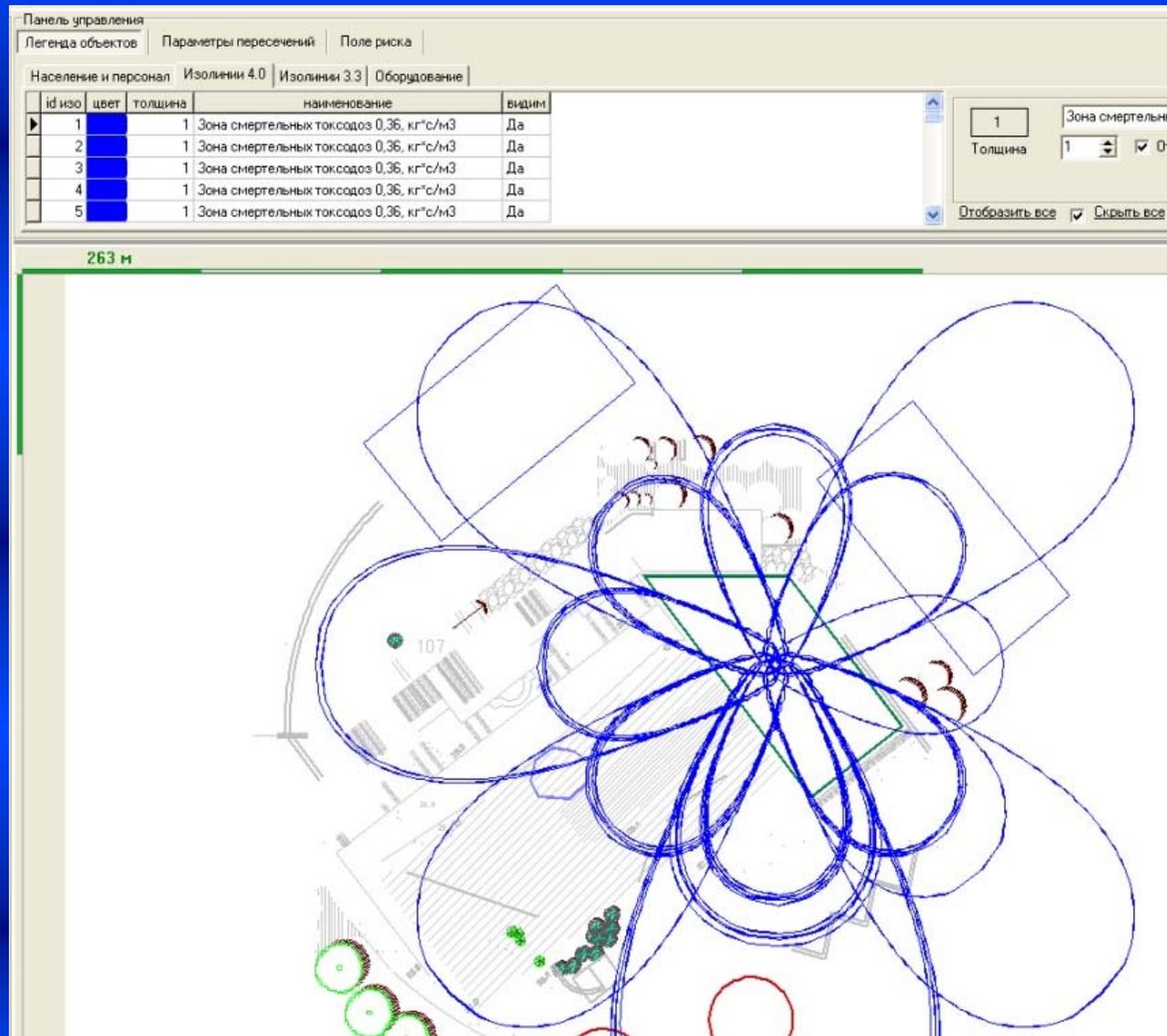
Границы промежутка по направлению ветра
от 0 до 359 шаг

Преобразовать

Всего строк метеонаблюдений в БД проекта 50

Группировка метеостатистики

Совокупность рассчитанных изолиний поражающих факторов для построения поля потенциального риска



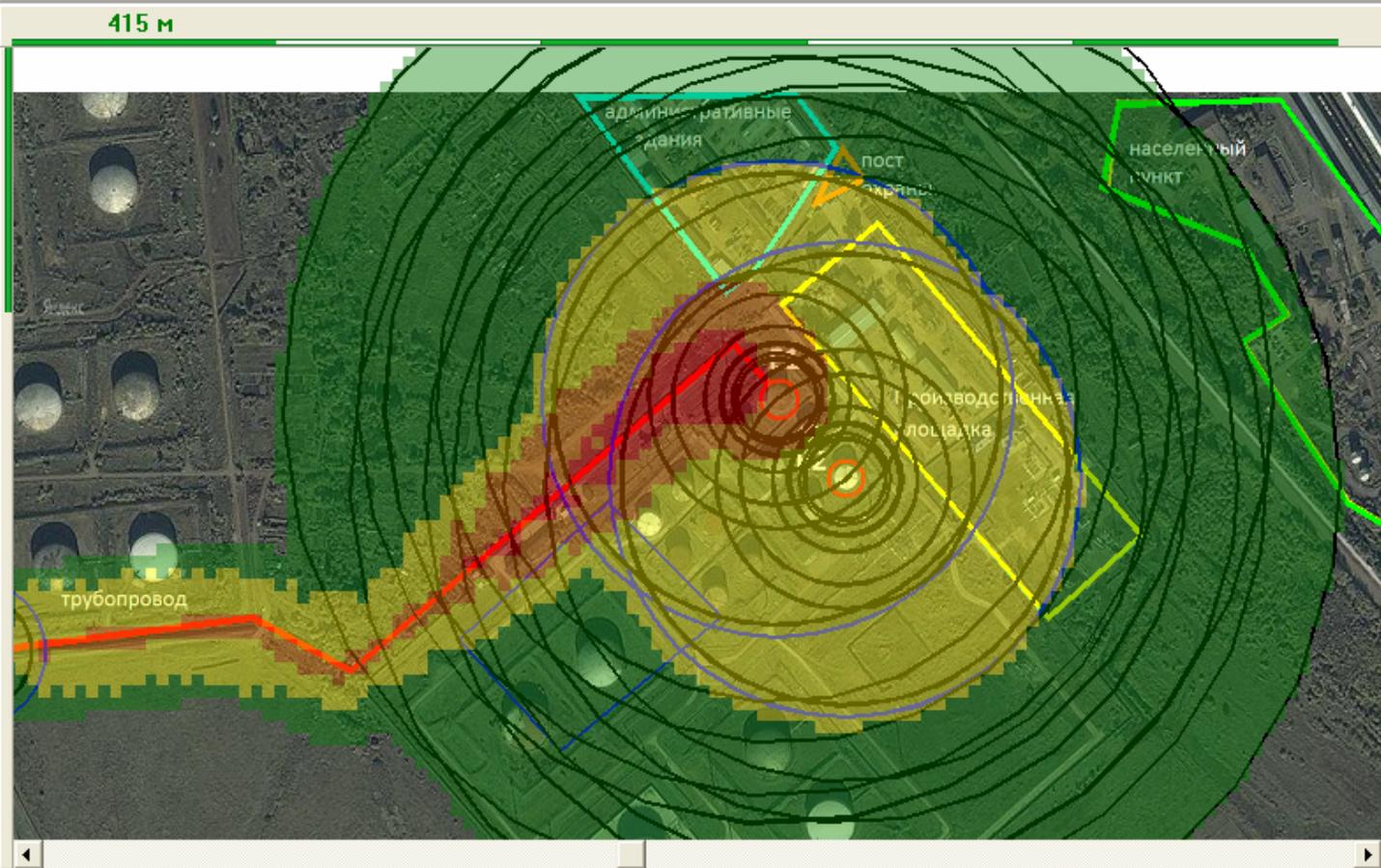
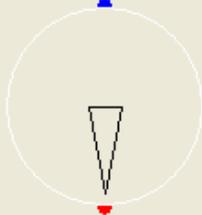
Программный комплекс ТОКСИ+Risk

Файл Вид Авария План О программе

Ситуационный план

Панель инструментов

- Режим не задан
- Масштабирование
отрезка = 5000 м
между ЛК и ПК мыши
- Площадные объекты
Открытая площадка
- Цвет
Постоянно находятся: 25
Рискующих: 74
Коеф-т присутствия: 0.23
- Персонал
статичная группа
- Линейные объекты
добавить вершину- ЛК
завершить- ПК мыши
- Задание точки выброса ЛК мыши
Направление ветра:



Легенда поля риска

	25	% 2.100E-007 - 4.335E-005		22	% 8.304E-005 - 1.227E-004
	22	% 4.335E-005 - 8.304E-005		28	% 1.227E-004 - 1.728E-004

Зоны риска

Обновить Скрыть
Экспорт матриц (MS Excel 2007)

Панель инструментов

Режим не задан

Масштабирование
отрезка = 5000 м
между ЛК и ПК мыши

Площадные объекты
Открытая площадка

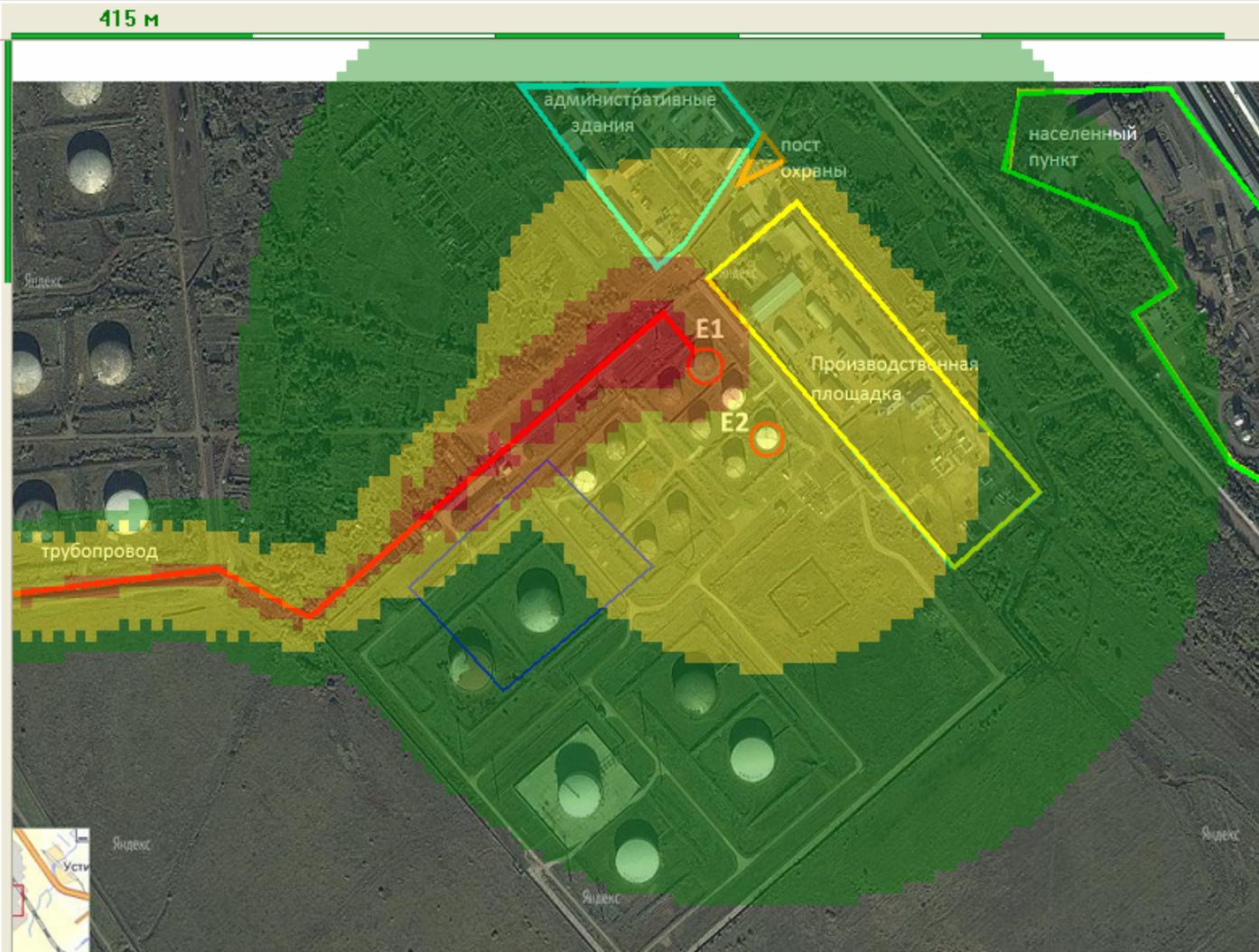
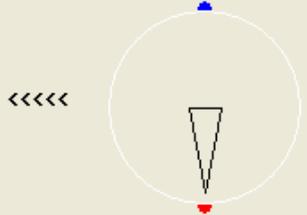
Цвет
Постоянно находятся 25
Рискующих 74
Коеф-т присутствия 0.23

Персонал
статичная группа

Линейные объекты
добавить вершину- ЛК
завершить- ПК мыши

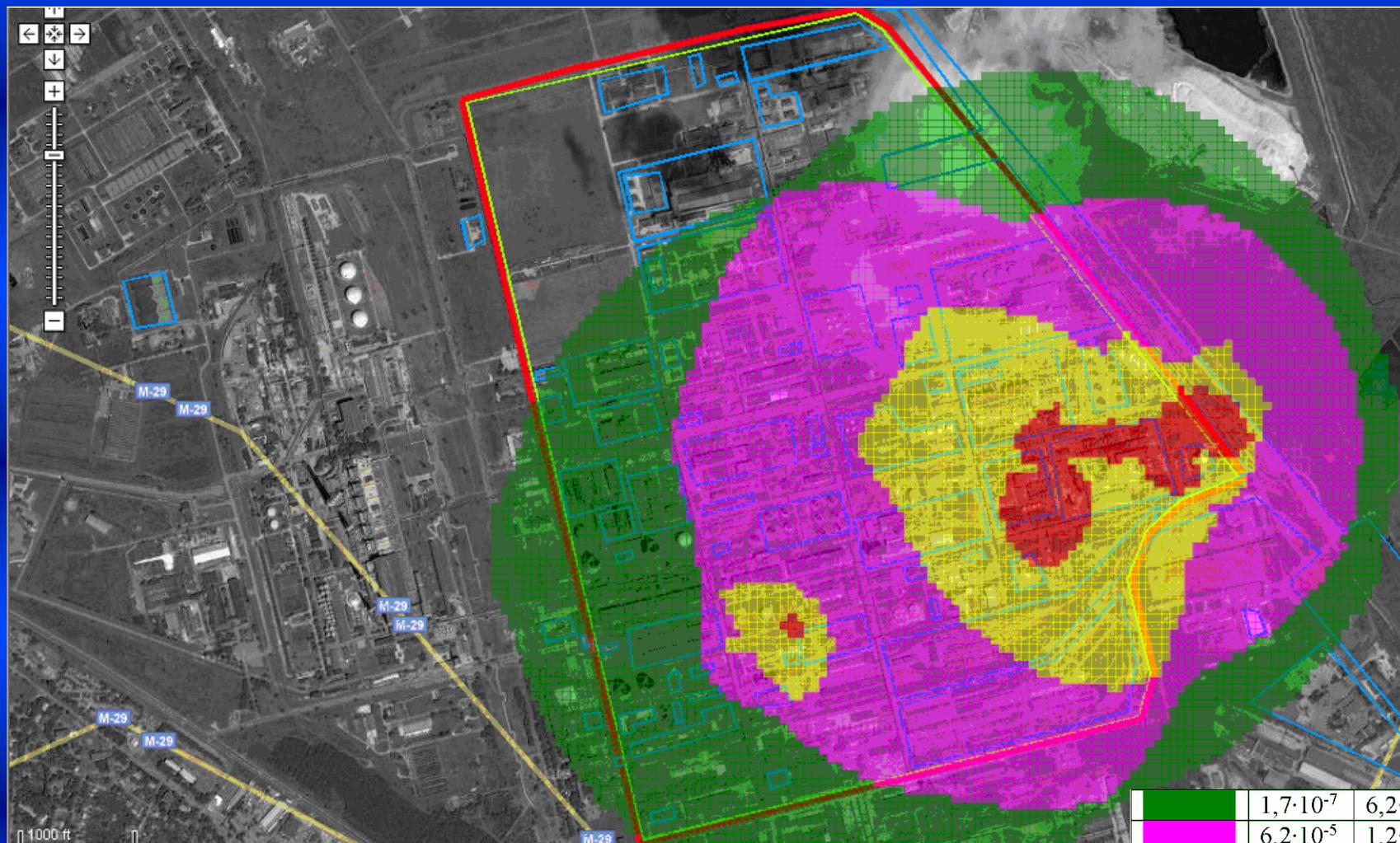
Задание точки
выброса ЛК мыши

Направление ветра:



Поле потенциального риска

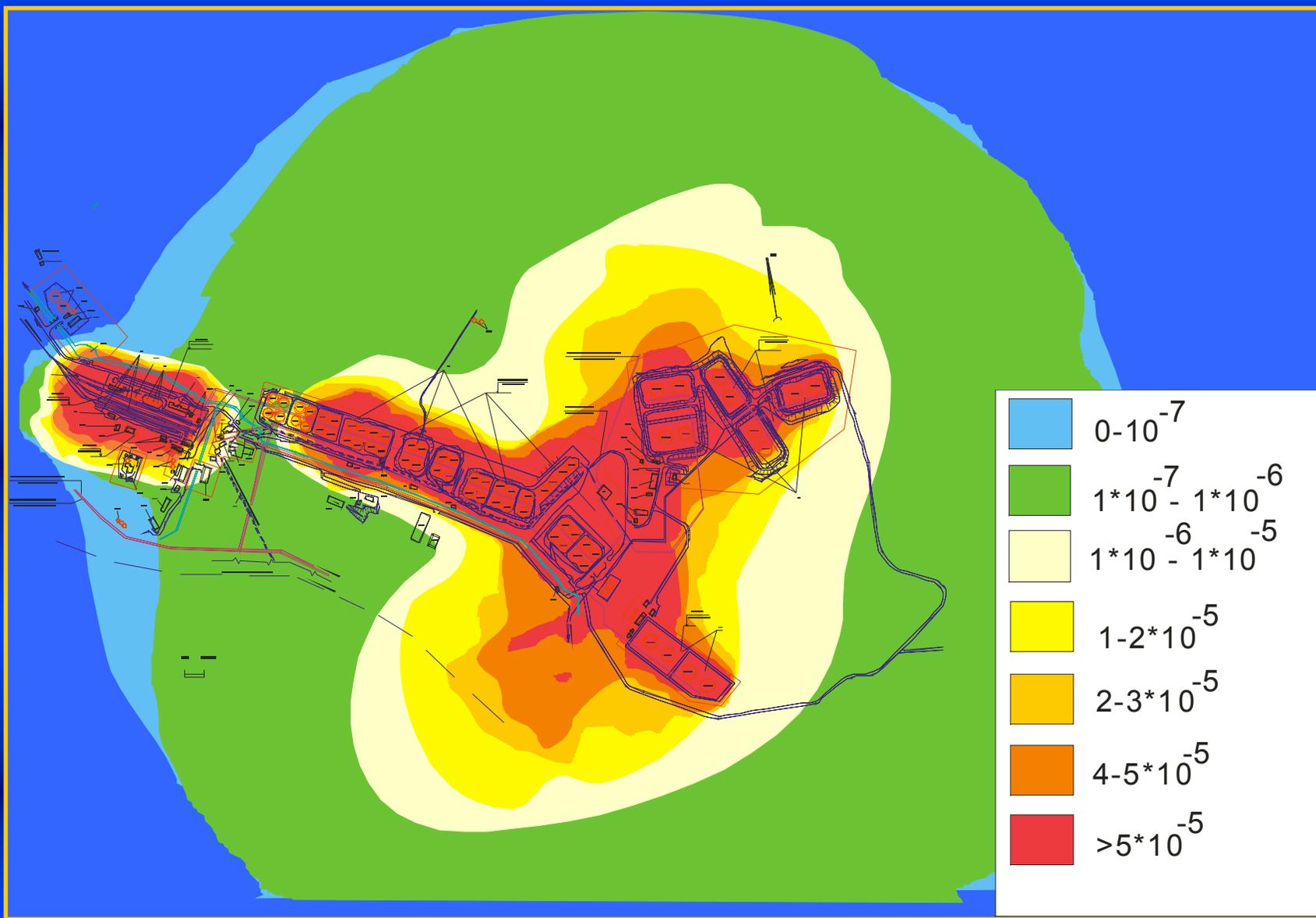
ОАО «Невиномысский азот» (4 емкости с аммиаком)



Green	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$
Magenta	$6,2 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Yellow	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
Red	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$

Поле потенциального риска

Резервуарный парк нефтепродуктов (24 емкости)



Вероятность эвакуации людей

Вероятность эвакуации $P_э$ рассчитывают по формуле:

$$P_э = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases}$$

где,

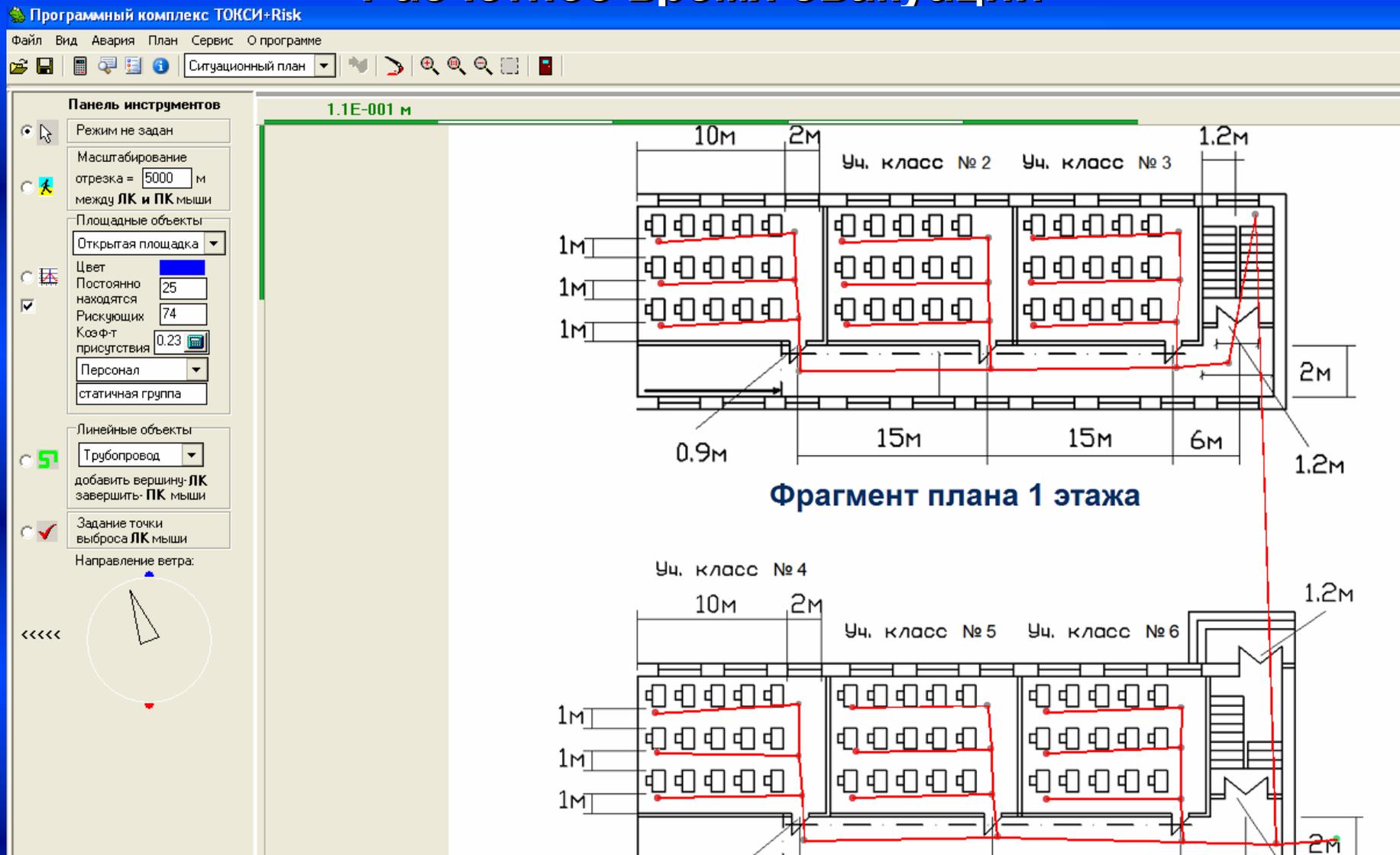
t_p – расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{нэ}$ – время начала эвакуации - интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей, мин.

$t_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП;

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

Пожарный риск в производственных зданиях. Расчетное время эвакуации



Протокол расчета пожарного риска в производственных зданиях

ТОКСИ [Режим ограниченной функциональности] - Microsoft Word

Меню Главная Вставка Разметка страницы Ссылки Рассылки Рецензирование Вид

Все -> Файл -> Правка -> Вид -> Вставка -> Формат -> Сервис -> Таблица -> Окно -> Справка

Панели инструментов

Таблица параметров:

Параметр	Значение
Удельная из теплоемкость	
Коэффициент теп	
Коэффициент пол (η)	
Низшая-теплот материал	
Начальная-темпер в помещен	
Удельная-массов	

Страница: 1 из 3 Число слов: 469 русский

ТОКСИ [Режим ограниченной функциональности] (просмотр) - Microsoft Word

Предварительный просмотр

Печать Параметры Поля Ориентация Размер Масштаб 100% По ширине страницы

Показать линейку Увеличение Сократить на страницу Следующая страница Предыдущая страница

Закрывает окно предварительного просмотра

Просмотр

Время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара определяется путем выбора из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара минимального времени

$$t_{ва} = \min \{ t_{KP}^T, t_{KP}^{II}, t_{KP}^{O_2}, t_{KP}^{T, I} \}$$

A = 0.58
B = 82.54
Z = 1.27

Для помещения очага пожара критическую продолжительность пожара t_{KP} (с) по условию достижения каждым из опасных факторов пожара предельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне) можно оценить по формулам:

по повышенной температуре:

$$t_{KP}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_o}{(273 + t_o) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n} = 14.81, c$$

по потере видимости:

$$t_{KP}^{vis} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1.05 \cdot \alpha \cdot B)}{t_o \cdot B \cdot D \cdot Z} \right] \right\}^{1/n} = \text{фактор не опасен, отрицательное значение, c}$$

по пониженному содержанию кислорода:

$$\left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0.044}{t_o \cdot B \cdot D \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}$$

Страница: 2 из 3 Число слов: 469 русский

Возможные области применения комплекса



При разработке:

- *деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых получают, используют, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются ОВ;*
- *деклараций пожарной безопасности производственных и непроизводственных объектов защиты;*
- *паспортов безопасности;*
- *мероприятий по защите персонала и населения в проектных решениях;*
- *планов локализации и ликвидации последствий аварий (ПЛАС), сопровождаемых выбросом ОВ;*
- *оценке возможного ущерба;*
- *проектов на объекты, на которых производятся, используются, транспортируются или хранятся ОВ.*

Новое в версии 4.1.10



- существенно переработан и оптимизирован алгоритм расчета поля потенциального риска для линейных объектов и работы с легендой поля риска;
- добавлено протоколирование результатов пакетного расчета совокупности сценариев для оценки риска;
- разработана новая редакция модуля расчета последствий взрывов ТВС и пожара пролива по совокупности заданных пользователем критериев;
- добавлена возможность дифференцированного расчета показателей риска для разных категорий реципиентов риска;
- переработан модуль построения FN-диаграмм для площадных и линейных объектов;
- оптимизирован режим экспорта матриц риска в MS Excel с автоматическим построением диаграмм;
- переработан модуль вызова расчетных методик;
- разработана тестовая версия модуля определения расчетного времени эвакуации с учетом динамики движения людских потоков
- обновлена справочная система комплекса TOKSI+Risk

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ГК «Промышленная безопасность»

inform@safety.ru , (495) 620-4752

WWW.SAFETY.RU