



Национальный исследовательский ядерный университет <<МИФИ>>



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ
(РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ)**

Жилина М.В.

**Елохин А.П. д.т.н., профессор, (МИФИ, НТУ
ЯРБ)**

Состав документа

- Назначение и область применения
- Общие рекомендации к системам АСКРО
 - Рекомендации к составу и условиям работы АСКРО
 - Определение метеорологических параметров для оценки условий формирования радиационной обстановки на местности
 - Рекомендации по использованию моделей переноса радиоактивной примеси в атмосфере
 - Параметры модели
 - Методы прогнозирования
- Рекомендации к условиям размещения детекторов фотонного излучения АСКРО на промплощадке и СЗЗ
 - Условия необходимого и достаточного количества датчиков АСКРО, размещаемых на промплощадке и СЗЗ
 - Принцип размещения детекторов фотонного излучения АСКРО на промплощадке и СЗЗ
 - Условия оптимальной нормировки результатов расчета радиационных характеристик радиоактивного выброса на показания датчиков АСКРО

Назначение документа

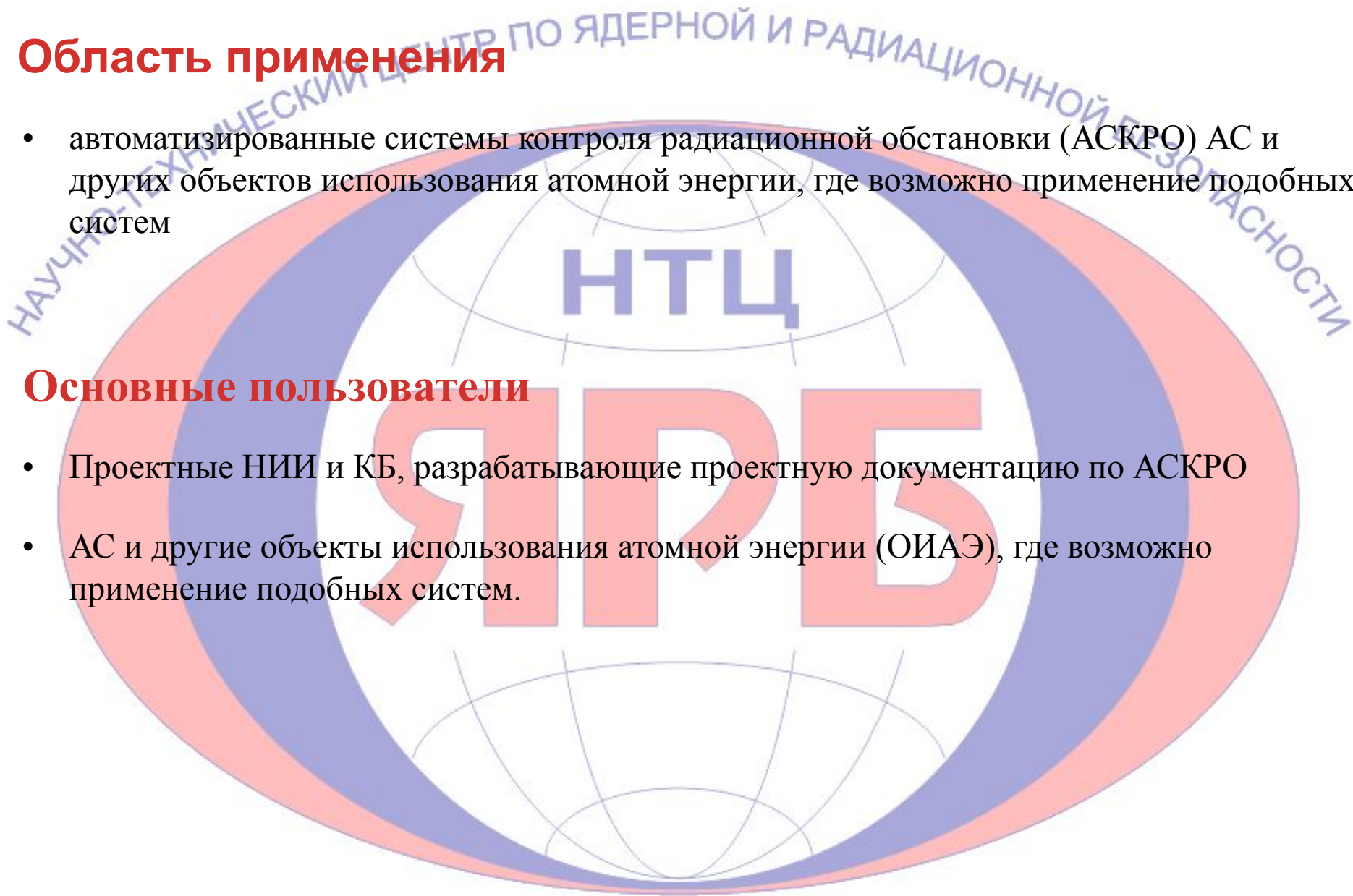
- Разрабатываемый документ предназначен для юридических и физических лиц, занимающихся вопросами проектирования и конструирования автоматизированных систем контроля радиационной обстановки на АС и других ОИАЭ
- Руководство по безопасности (РБ) содержит рекомендации по использованию расчетных методов прогнозирования радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на население, включая выбор критериев для оптимального размещения постов радиационного контроля на промплощадке и в СЗЗ
- Настоящее РБ развивает и конкретизирует отдельные требования “Общих положений безопасности атомных станций, ОПБ-88/97”, “Санитарных правил проектирования и эксплуатации атомных станций, СП АС-2003 (п.ІV)”, “Правил радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций, ПРБ АС-99” и других в части повышения точности прогнозирования радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на население.

Область применения

- автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) АС и других объектов использования атомной энергии, где возможно применение подобных систем

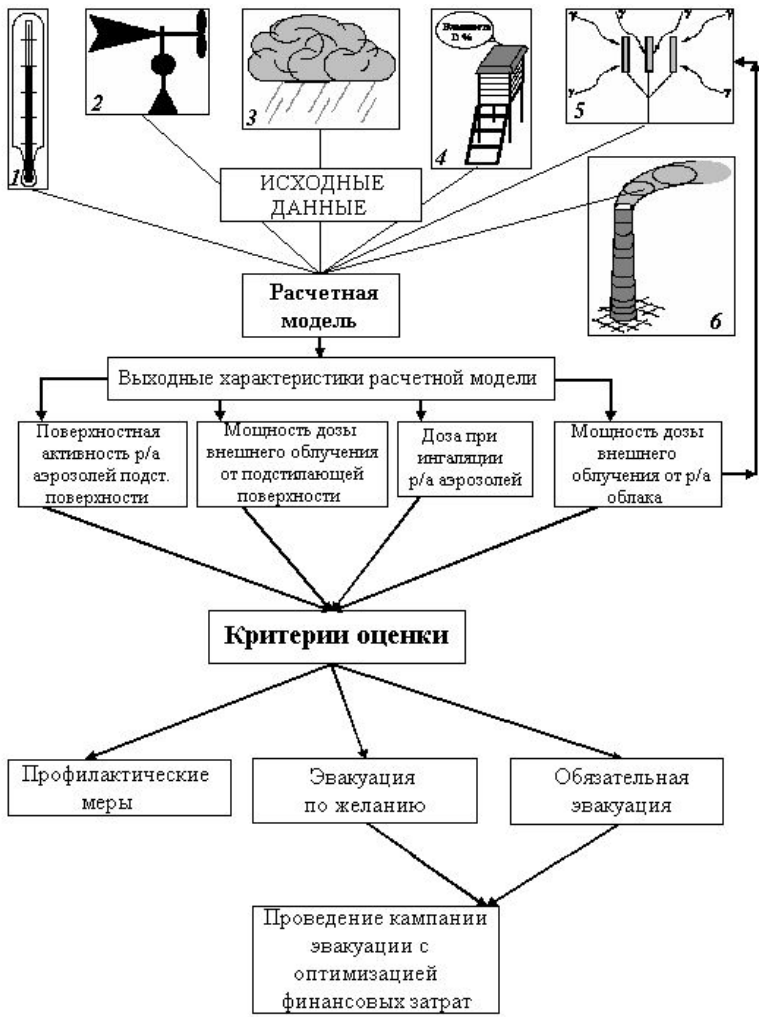
Основные пользователи

- Проектные НИИ и КБ, разрабатывающие проектную документацию по АСКРО
- АС и другие объекты использования атомной энергии (ОИАЭ), где возможно применение подобных систем.





ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К СИСТЕМАМ АСКРО



- Функционирование системы в режиме реального времени
- Учет системой экономических, экологических, физико-технических критериев, а также демографических особенностей региона, где размещена АС
- Необходимо, чтобы система отвечала определённым надёжностным характеристикам, обеспечивающим контроль за источником при любых возможных природных и других катастрофических воздействиях.

Рис.1 Структурная схема АСКРО. 1 –датчики температуры окружающей среды; 2 – датчики направления и скорости ветра; 3 – датчики осадков; 4 – датчики влажности окружающей среды; 5 –датчики фотонного излучения постов контроля; 6 - технологические датчики параметров выброса радиоактивной примеси в атмосферу



Общая характеристика АСКРО АЭС

Таблица 1

АСКРО на АЭС России

№№ ш/ш	АЭС	Страна, фирма-изготовитель, (тип датчика)	Кол-во постов
1	Балаковская	Genitron Instr., (SkyLink), Германия	11
		НИИ «Доза», (Атлант), Россия	14
2	Белоярская	НИИ «Доза», (Атлант), Россия	8
3	Билибинская	НИИ «Доза», (Атлант), Россия	10
4	Калининская	Genitron Instr., (SkyLink), Германия	11
		НИИ «Доза», (Атлант), Россия	7
5	Кольская	Радиовый институт, (РИОН), Россия	5
		Rados Techn., (Rados), Финляндия	15
6	Курская	Genitron Instr., (SkyLink), Германия	12
		НПП «Доза», (Атлант), Россия	17
7	Ленинградская	Rados Techn., (Rados), Финляндия	14
8	Нововоронежская	НПП «Доза», (Атлант), Россия	22
9	Ростовская	НПП «Доза», (Атлант), Россия	19
10	Смоленская	НИЦ «СНИИП» (ИРФ-03П), Россия	10
		НПП «Доза», (Атлант), Россия	8

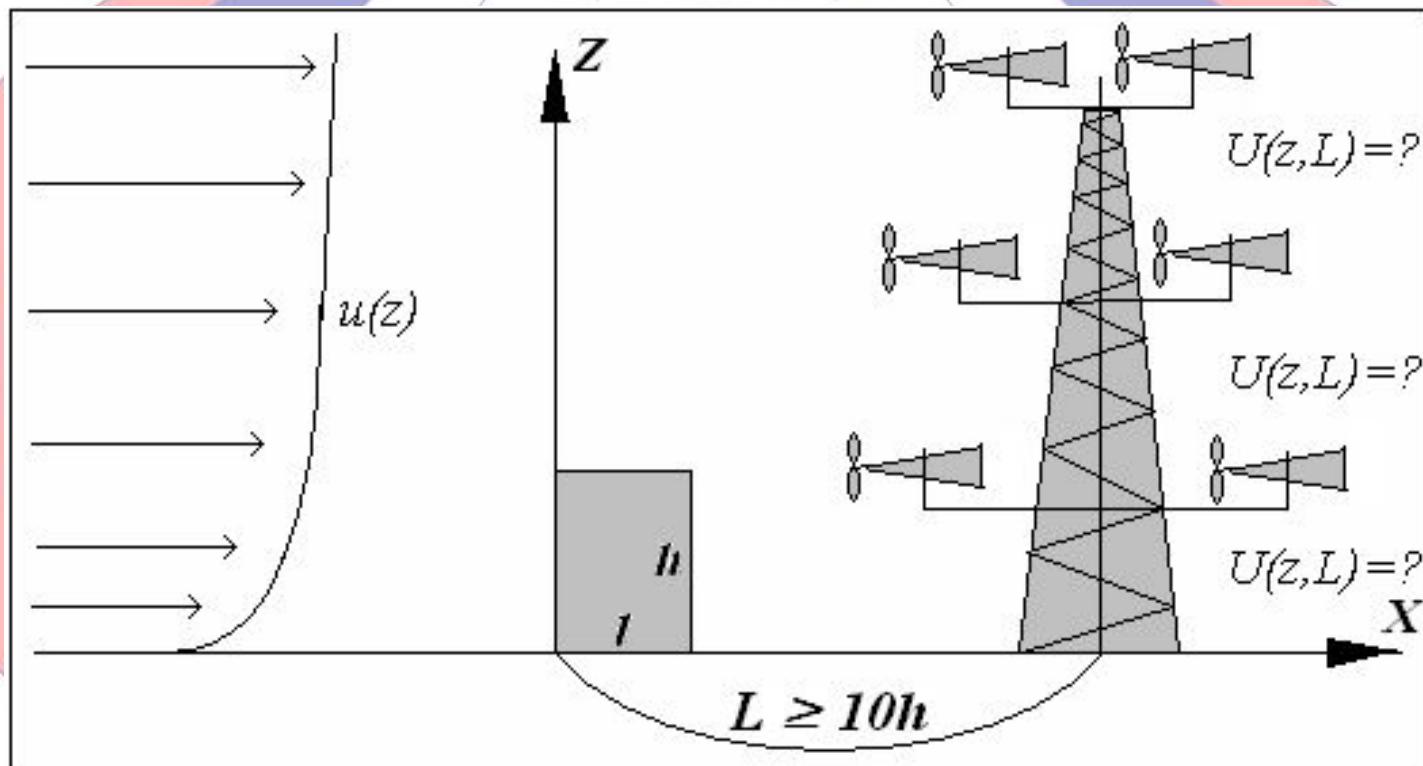
Минимизация погрешности прогностических оценок радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и население

- Уточнение метеопараметров атмосферы
- Использование показаний датчиков фотонного излучения системы АСКРО
- Уточнение величины мощности выброса газоаэрозольной радиоактивной примеси, поступающей в атмосферу, в условиях радиационных аварий и при штатной работе.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА МЕСТНОСТИ

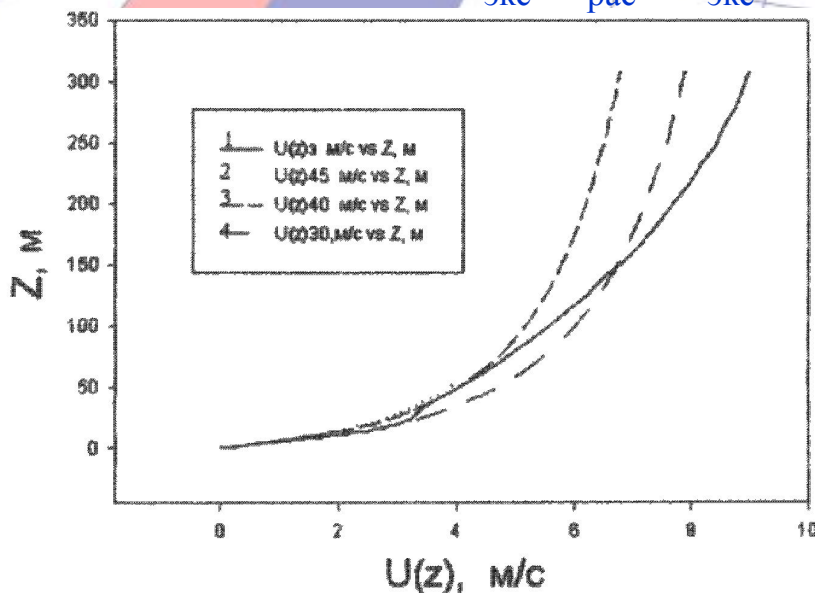
- Определение метеорологических параметров, применительно к региону АС, может осуществляться на специальных метеоплощадках лабораторий внешней дозиметрии
- Измерение направления, скорости ветра и температуры, влажности необходимо проводить на нескольких уровнях на метеомачте, расположенной на метеоплощадке лаборатории внешней дозиметрии, используя методику градиентных наблюдений.
- Измеренные параметры могут быть использованы в дальнейшем как реперные точки для расчета полных профилей этих величин в пограничном слое атмосферы в более совершенных метеорологических моделях или непосредственно, как постоянные, в уравнениях, на основании которых рассчитывают распределение радиоактивной примеси в атмосфере при её переносе.

Измерение метеопараметров атмосферы

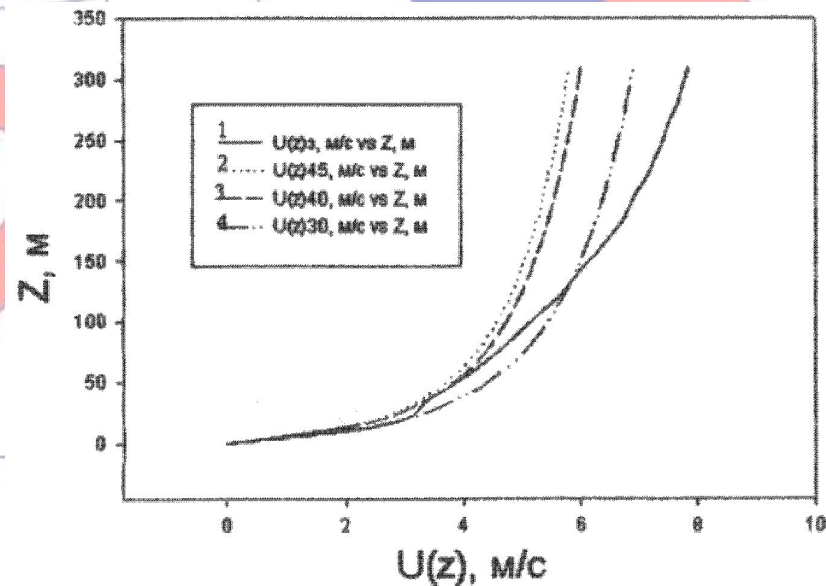


ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ МЕТЕОМАЧТЫ

Метеорологические наблюдения проводились в 300 и 500 метровых слоях атмосферы на метеовышке в Обнинске и на Останкинской телебашне соответственно для разных сезонов: зима, весна, лето, осень, т.е. при различных состояниях устойчивости атмосферы, характеризуемых параметром μ_0 . В качестве критерия для оптимального выбора высоты метеомачты рассматривалась относительная погрешность отклонения расчетного значения скорости ветра от экспериментального $\delta = |(U_{\text{экс}} - U_{\text{рас}}) / U_{\text{экс}}|$ на уровне 310 м.



Сравнение экспериментальных (1) и расчетных (2-4) данных автора по скорости ветра $U(z)$ как функции высоты z (зима, $\mu_0 = -15,9$).

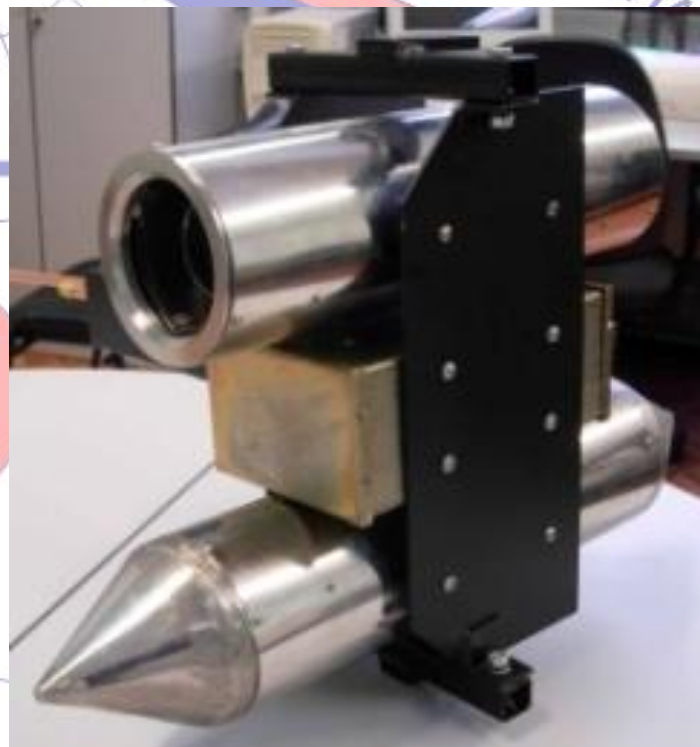


Сравнение экспериментальных (1) и расчетных (2-4) данных автора по скорости ветра $U(z)$ как функции высоты z (весна, $\mu_0 = -75,8$).

Датчик мощности выброса, основанный на проточной и непроточной ионизационных камерах



Датчик мощности радиоактивных выбросов, состоящий из непроточной (с конусом), проточной (с каналом) ионизационных камер и



Датчик мощности радиоактивных выбросов, состоящий из непроточной (с конусом), проточной (с каналом) ионизационных камер цилиндрической геометрии, термоизолированного блока электрометрических

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕНОСА РАДИОАКТИВНОЙ ПРИМЕСИ В АТМОСФЕРЕ

При выборе модели необходимо, чтобы она удовлетворяла следующим условиям:

- Давала расчет с “удовлетворительной погрешностью” при любой эффективной высоте источника не превышающей высоту пограничного слоя атмосферы на расстояние не менее 30 км от источника выбросов
- Учитывала особенности подстилающей поверхности, определяющей величину скорости сухого осаждения
- Учитывала вымывание радиоактивной примеси естественными осадками (дождь, снег) и туманом
- Учитывала радиоактивный распад примеси во время переноса
- Учитывала влажность атмосферы
- Учитывала значения метеопараметров (продольную и поперечную скорости ветра, коэффициент турбулентной диффузии) по всему пограничному слою атмосферы.
- Необходимо, чтобы метеорологические параметры модели определялись только на основе измерений по аттестованным методикам или представляли собой известные литературные данные
- Необходимо, чтобы прогностические оценки радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и населения осуществлялись в режиме реального времени (расчет ~ 10 мин.)
- При выборе модели необходимо учитывать экономический фактор.

Влияние шероховатости подстилающей поверхности на формирование следа радиоактивного загрязнения

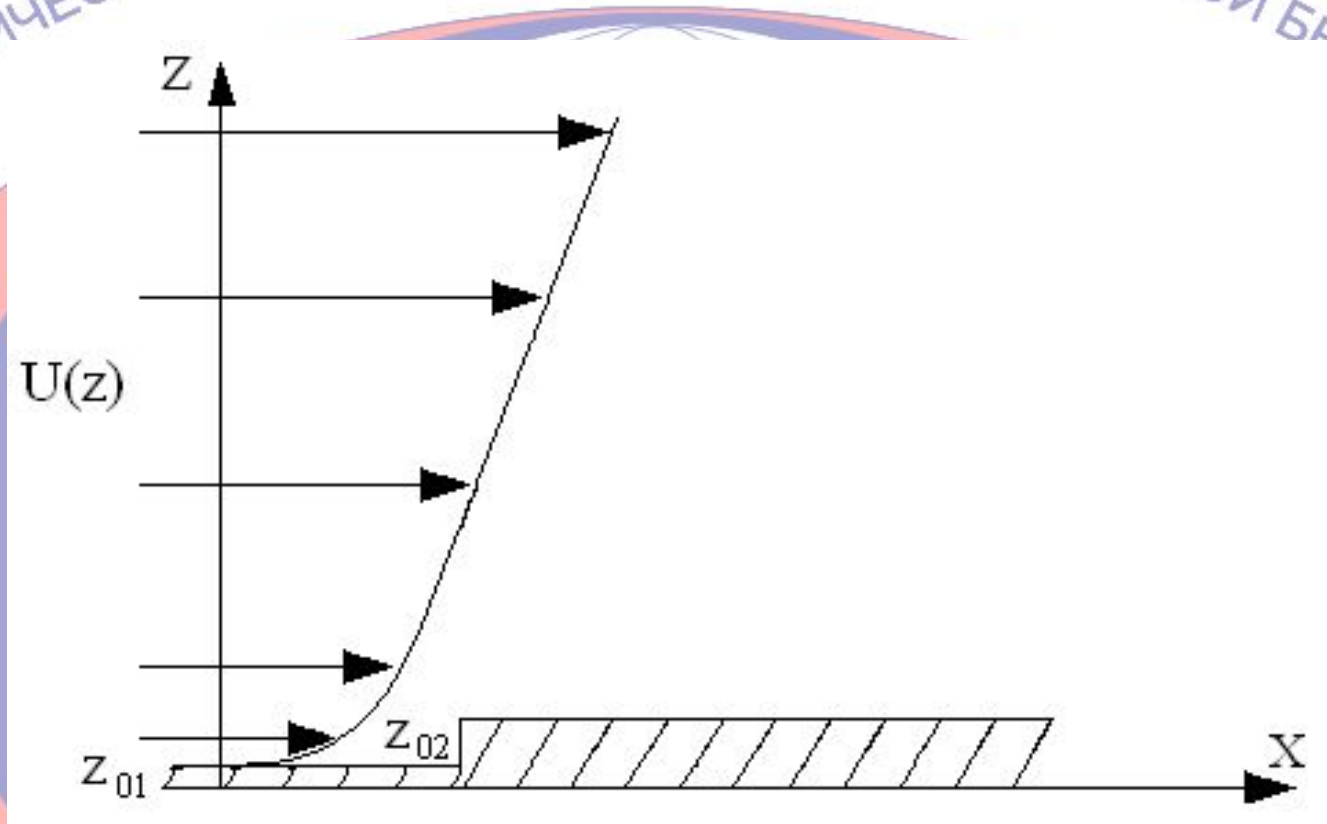
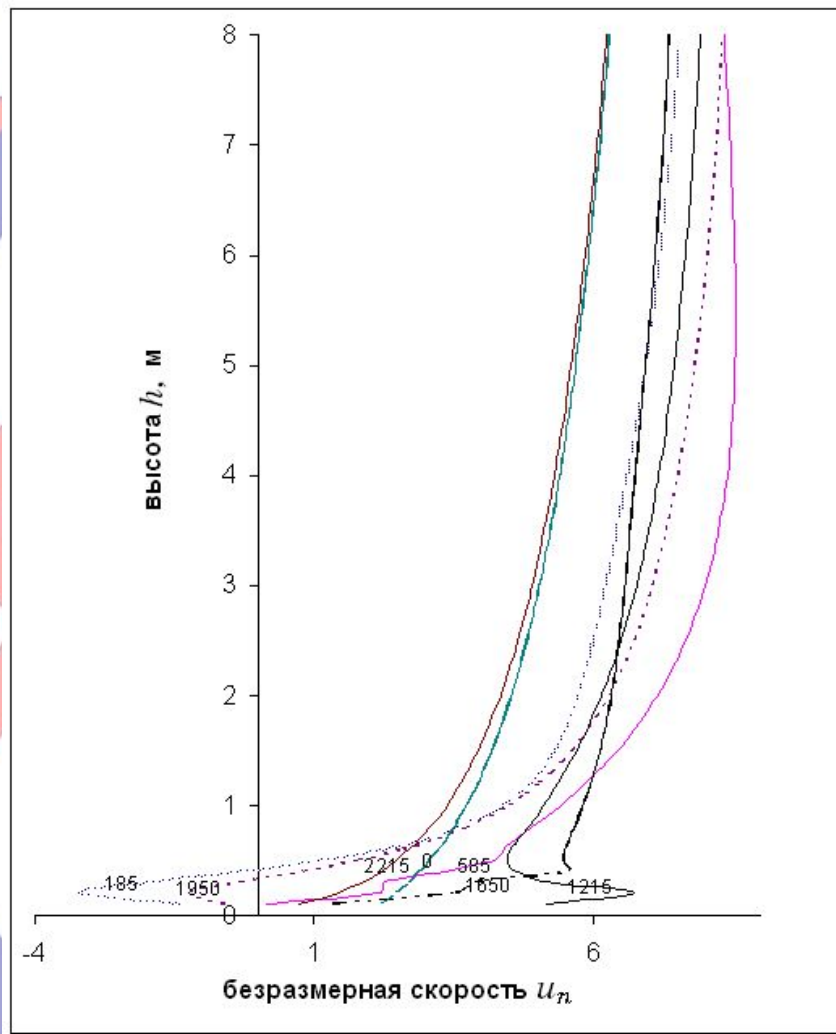


Иллюстрация к решению задачи по трансформации поля ветра при изменении уровня шероховатости подстилающей поверхности

Влияние шероховатости подстилающей поверхности на формирование следа радиоактивного загрязнения

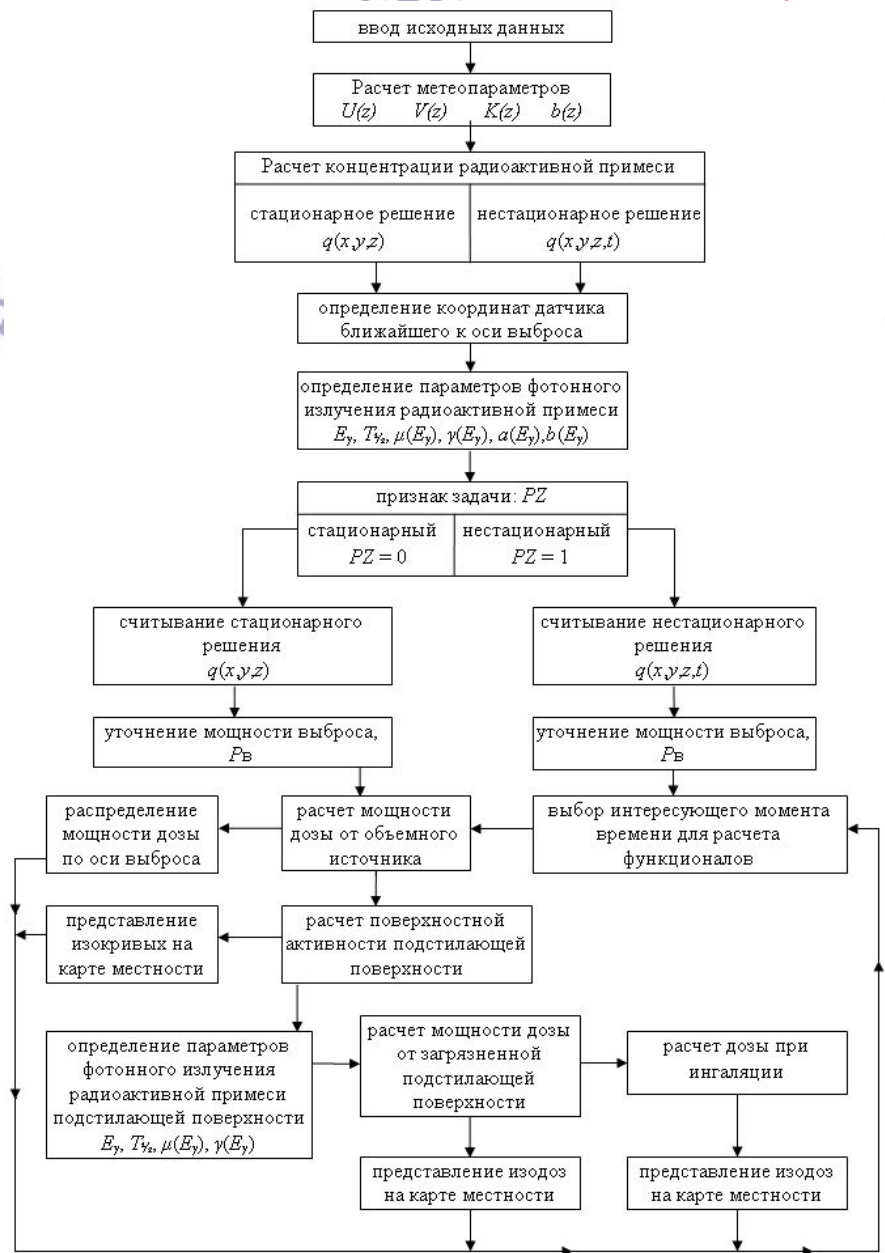


Трансформация поля скорости ветра над подстилающей поверхностью, характеризующейся новым уровнем шероховатости z_0 на различных расстояниях от ее формирования

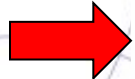
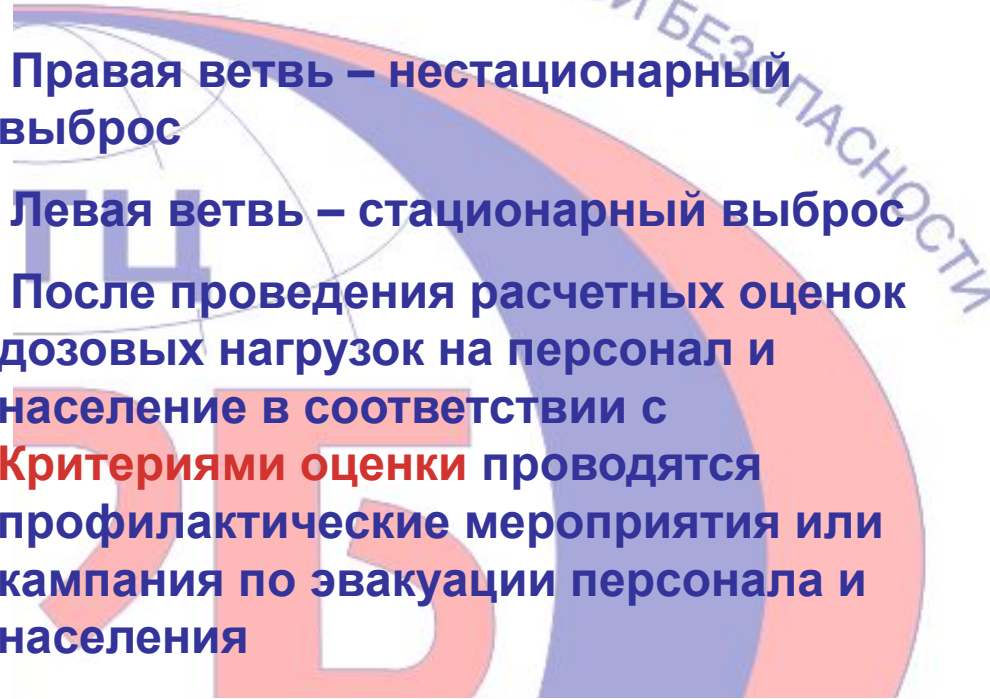
МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

- Радиационные характеристики радиоактивного загрязнения окружающей среды: мощность дозы от объемного источника (факела или облака выбросов), поверхностную активность подстилающей поверхности, мощность дозы от подстилающей поверхности, дозу при ингаляции и т.д. находят как функционалы полученного решения для концентрации радиоактивной примеси, радионуклидный состав которой определен
- При оценке таких радиационных характеристик как мощности дозы внешнего облучения от объемного источника (радиоактивного облака) и подстилающей поверхности, загрязненной в результате осаждения радиоактивной примеси, необходимо использовать интегральные методы
- Для оценок радиационной обстановки в районе действующей АС, могут быть использованы либо математические методы, либо технические средства (так называемый инструментальный мониторинг окружающей среды)
- Мониторинг, основанный на использовании автоматизированных технических средств, является альтернативой математическим методам прогнозирования радиационной обстановки. Информативность подобной автоматизированной системы напрямую зависит от числа постов контроля оборудованных датчиками, регистрирующими ионизирующее излучение.

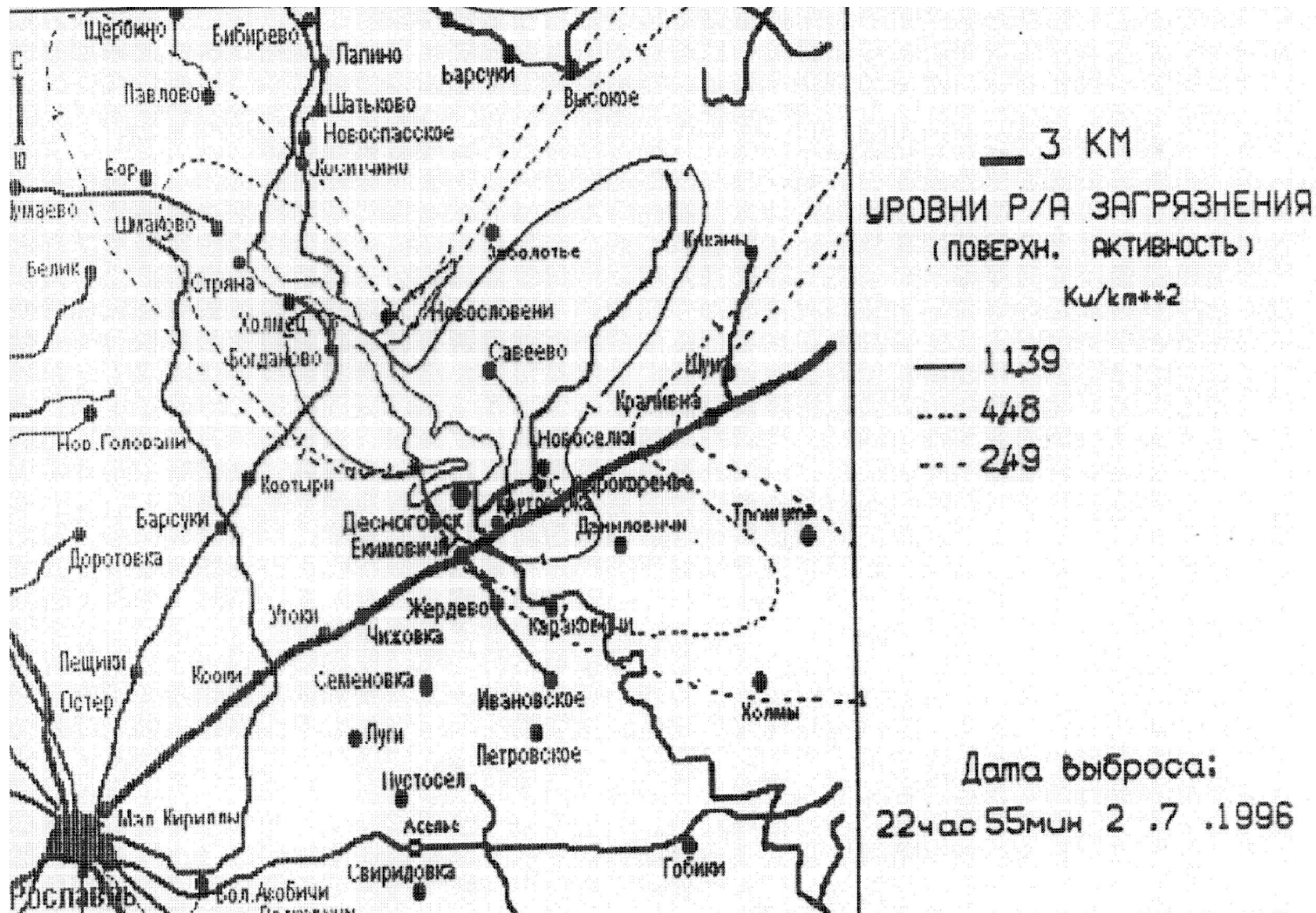
Алгоритм расчета загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и население



- Правая ветвь – нестационарный выброс
- Левая ветвь – стационарный выброс
- После проведения расчетных оценок дозовых нагрузок на персонал и население в соответствии с **Критериями оценки** проводятся профилактические мероприятия или кампания по эвакуации персонала и населения

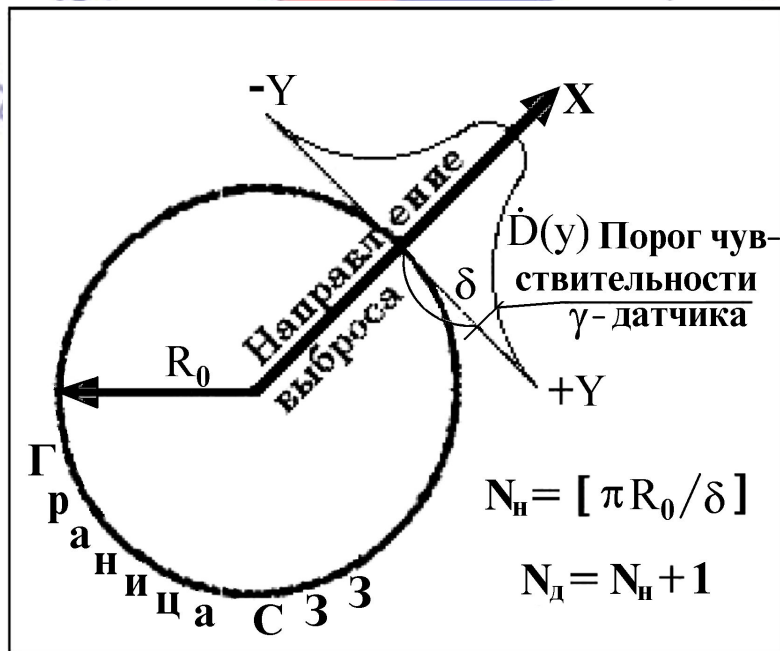


Накопление поверхностной активности при различных направлениях радиоактивного выброса



Принцип определения необходимого и достаточно количества постов контроля АСКРО

Размещение постов контроля в СЗЗ определяется демографическими, экономическими и экологическими и физическо-техническими критериями



Дозовый критерий - мощность дозы внешнего облучения (B) (R_0)

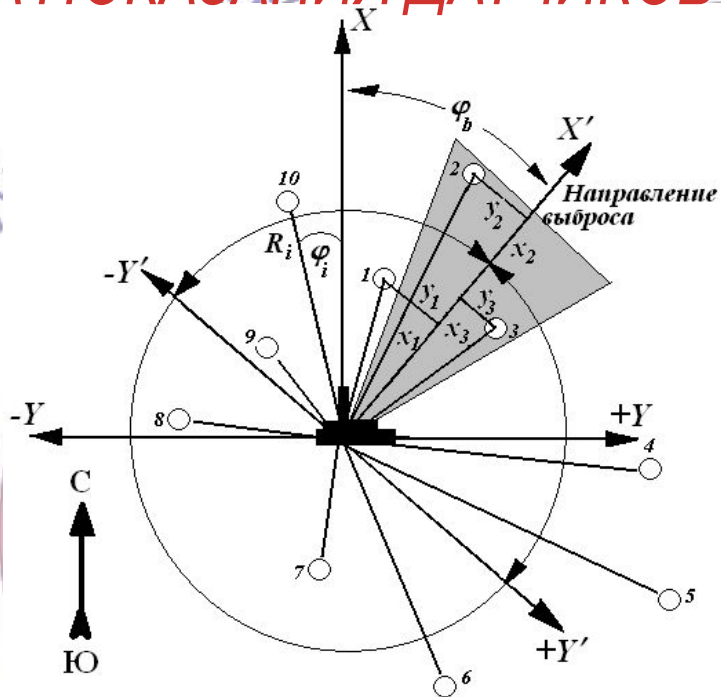
Порог чувствительности γ -датчика - мощность дозы внешнего облучения для населения

Класс устойчивости F (модель Пасквилла-Гиффорда):

- сильный ветровой перенос
- слабая поперечная диффузия факела выбросов

Значение N_d (достаточное число постов контроля) - 22 ÷ 24

УСЛОВИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ НОРМИРОВКИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОАКТИВНОГО ВЫБРОСА НА ПОКАЗАНИЯ ДАТЧИКОВ АСКРО



Геометрия определения координат и номера датчика:

- отсчет датчиков осуществляется по азимуту с севера на юг по часовой стрелке

Требование по выбору датчиков:

- выбираются датчики, расположенные наиболее близко к оси выброса

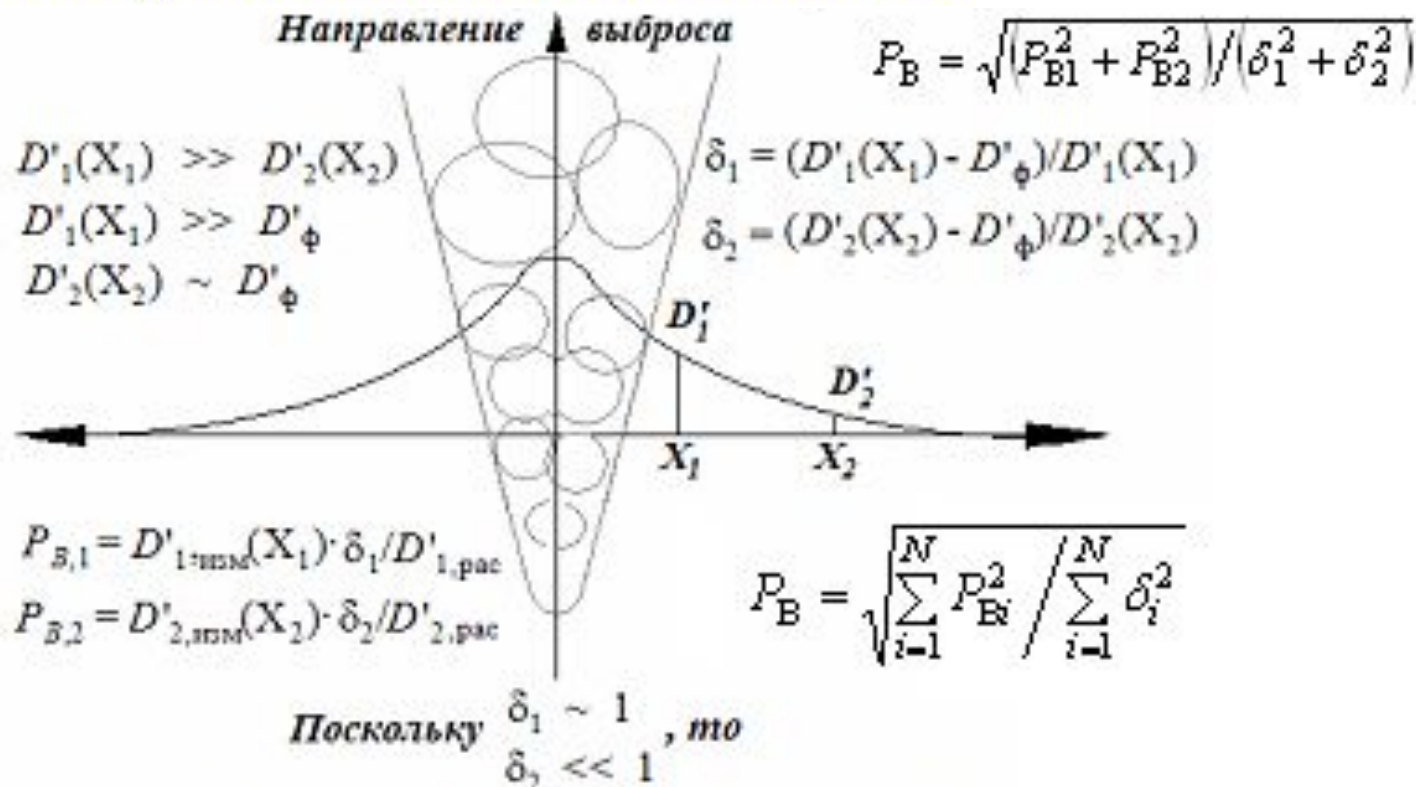
Дополнительное условие, предъявляемое к размещению датчиков АСКРО:

- расстояние от датчиков до источника выбросов должно быть существенно различным.

К вопросу о повышении точности прогнозирования

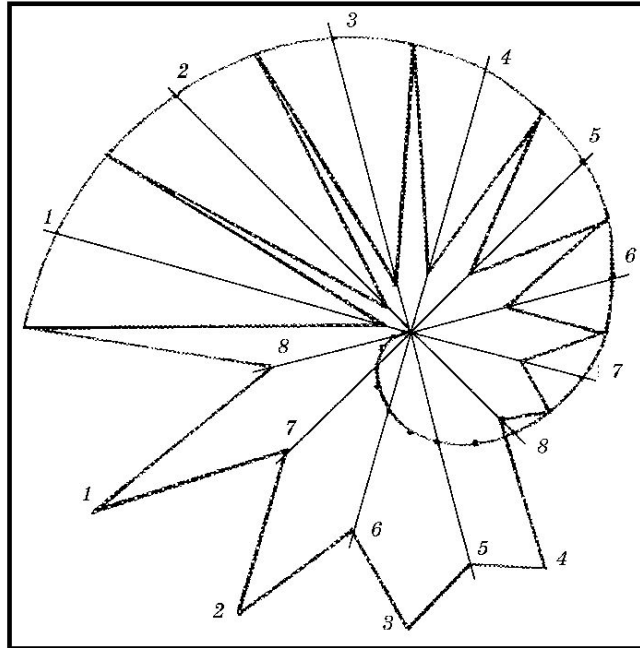
При измерении мощности выброса несколькими датчиками величину мощности выброса для каждого из датчиков находят как отношение $D'_{i,изм.}$ к $D'_{i,расч.}$, вычисленное при $P_{B,i} = 1$, т.е.

$P_{B,i} = D'_{i,изм.} / D'_{i,расч.}$, а значение абсолютной величины мощности выброса P_B находят как среднеквадратичное



Таким образом, наиболее достоверными из найденных $P_{B,i}$ являются величины с наибольшими значениями, так как их вклад в сумму наиболее значим


Оптимизация размещения гамма-датчиков АСКРО



Возможное размещение гамма – датчиков АСКРО в санитарно-защитной зоне по спирали Архимеда (на пересечении кривой с лучами) и многолучевой звездой в вершинах и основании лучей

Требования по размещению гамма-датчиков АСКРО:

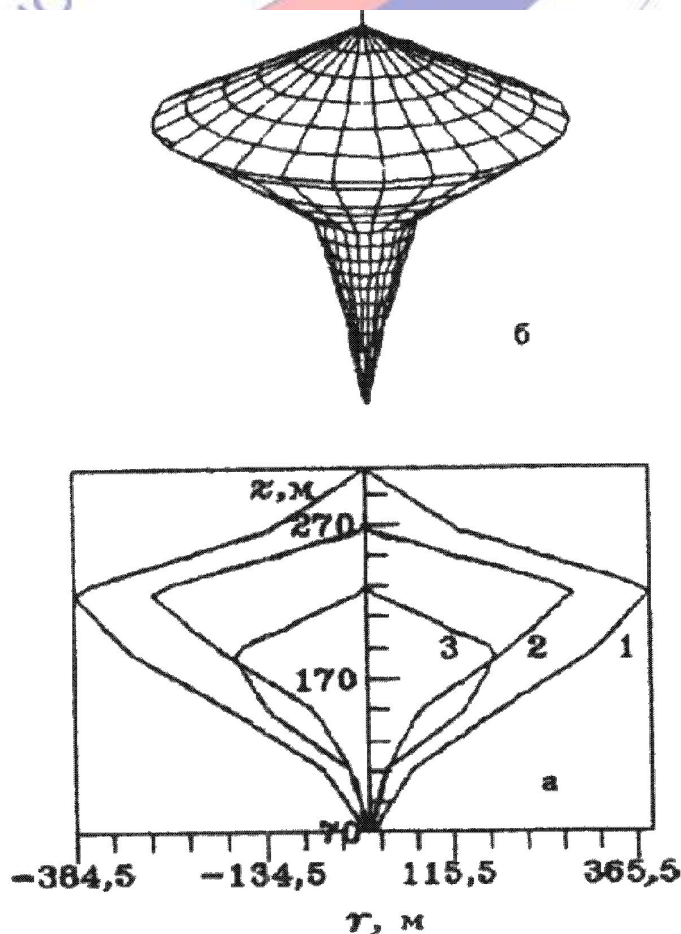
- система датчиков числом достаточного количества размещается равномерно по азимуту
- расстояния датчиков от источника выброса являются строго различными

- 
- обнаружение факела при любом азимутальном угле его распространения из источника выброса
 - определение радиационных характеристик газоаэрозольной радиоактивной примеси (средняя энергию гамма-излучения, коэффициенты поглощения, линейного ослабления и др.) в условиях, когда неизвестен радионуклидный состав выброса

ИСТЕЧЕНИЕ СТРУИ ИЗ ОТВЕРСТИЯ ЗАМКНУТОГО РЕЗЕРВУАРА С ОБРАЗОВАНИЕМ РАДИОАКТИВНОГО ОБЛАКА

Изолинии (а) и трехмерное представление поверхности (б) заданной концентрации радиоактивного облака, образующегося при истечении высокотемпературной турбулентной струи, при исходных параметрах истечения $W_0 = 456$ м/с

($T_{0,p} = 528$ К, $P_{0,p} = 303$ кПа) и r_0 равного: 1,5 (1); 0,5 (2); 0,3 м (3).



Выводы

- Оптимизация финансовых затрат на разработку автоматизированных систем радиационного мониторинга АС и других ОИАЭ, где возможно применение подобных систем.
- Удовлетворение экологическим критериям, предъявляемым к подобным системам, при их внедрении на АС и других ОИАЭ.
- Прогнозирование результатов радиоактивного загрязнения окружающей среды при отсутствии информации о радионуклидном составе радиоактивной примеси, выброшенной в атмосферу в условиях радиационных аварий на АС или любом другом ОИАЭ, на котором внедрена АСКРО с учетом рекомендаций разрабатываемого Руководства по безопасности.
- Повышение точности прогнозирования результатов радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на население при радиационных авариях на АС или других ОИАЭ, где возможно применение подобных систем с учетом рекомендаций разрабатываемого Руководства по безопасности.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

НТЦ

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**

ЯИРБ