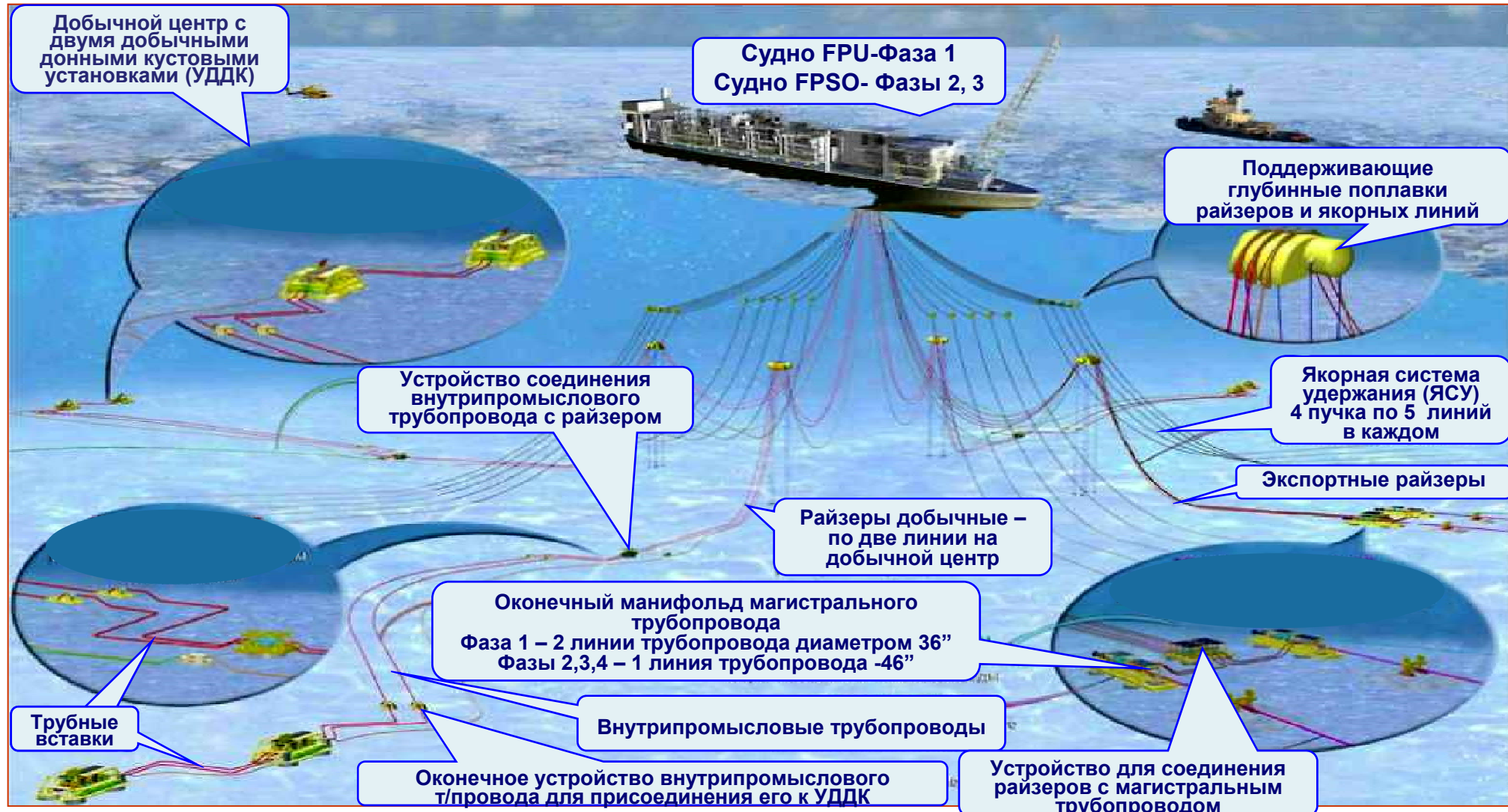




**Моделирование пожаров и взрывов на этапе
предварительного проектирования морской
платформы 2,3 фаз освоения Штокмановского ГКМ**

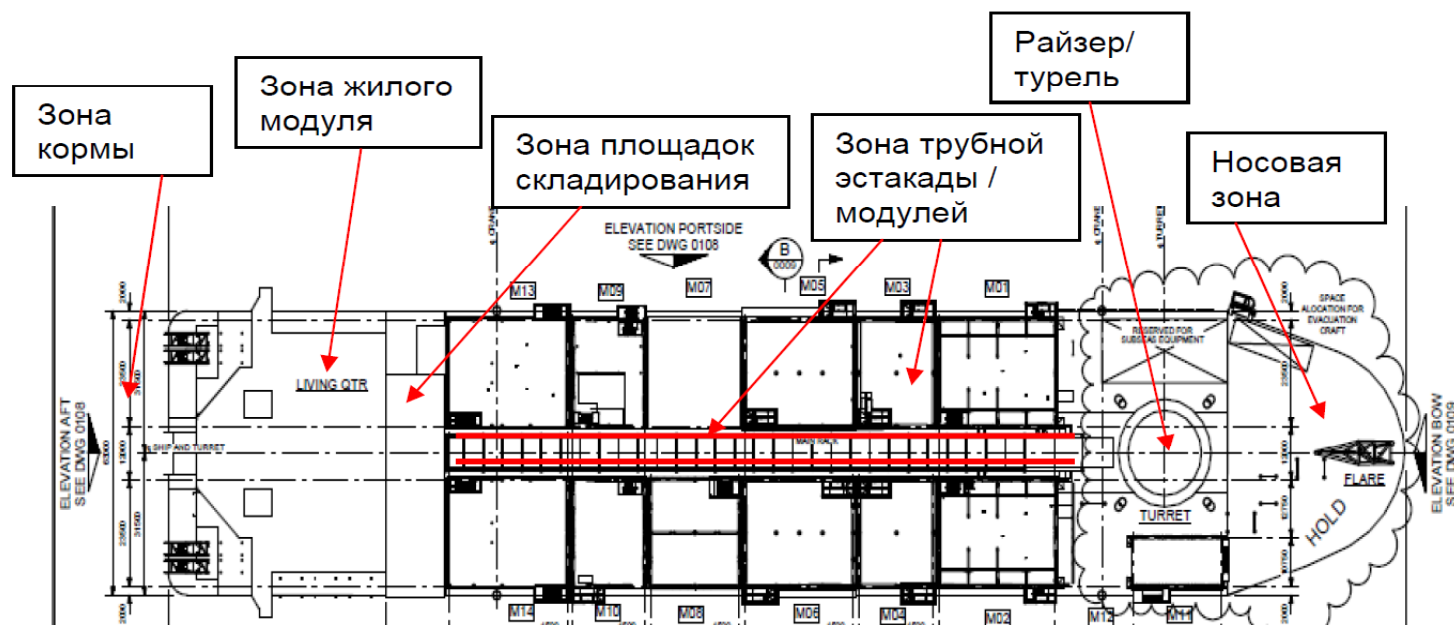
Начальник отдела
А.В. Мельников

Штокмановское ГКМ Морской добычной комплекс



Основные характеристики морской ледостойкой технологической платформы FPSO

Полная длина, м	320
Ширина судна на уровне главной палубы, м	63
Высота борта, м	27
Максимальная осадка, м	19
Водоизмещение, тонн	252771
Дополнительный вес оборудования, тонн	30972



Этапность проектирования объектов обустройства ШГКМ

1. Pre-FEED (основы проектирования и концепция освоения месторождения - закончен);
2. FEED (концептуальное проектирование – закончен, FLACS);
3. Проект (состав проектной документации согласно 87 Постановления Правительства РФ - выполняется);
4. Рабочий проект (разработка начнется в 4 кв. 2012 г., FLACS)

Работы по анализу риска и моделированию аварийных процессов

- Определение размера отключаемой секции.
- Выявление опасных факторов (HAZID):
 - определение опасных факторов для покидания, эвакуации и спасения (HAZEER);
 - определение опасных факторов при ликвидации аварийных ситуаций (HAZER);
 - определение опасностей, связанных с человеческим фактором;
 - определение опасностей, связанных с арктическими условиями эксплуатации.
- Анализ опасностей и эксплуатационной готовности (HAZOP).
- Анализ опасности пожара (*Kameleon FireEx (KFX)*).
- Анализ рассеяния дыма (*Kameleon FireEx (KFX)*).
- Анализ взрыва газа (**FLACS**).
- Оценка риска столкновения.
- Оценка живучести аварийных систем.
- Изучение вопросов повреждения временного убежища.
- Оценка рисков.

Анализ взрыва газа

Количественная оценка масштабов и соответствующая частота взрывов газа, вызванных аварийными выбросами газа внутри технологических модулей платформы, выполнена согласно требованиям NORSOK Z-013, приложение G, и состояла из следующих этапов:

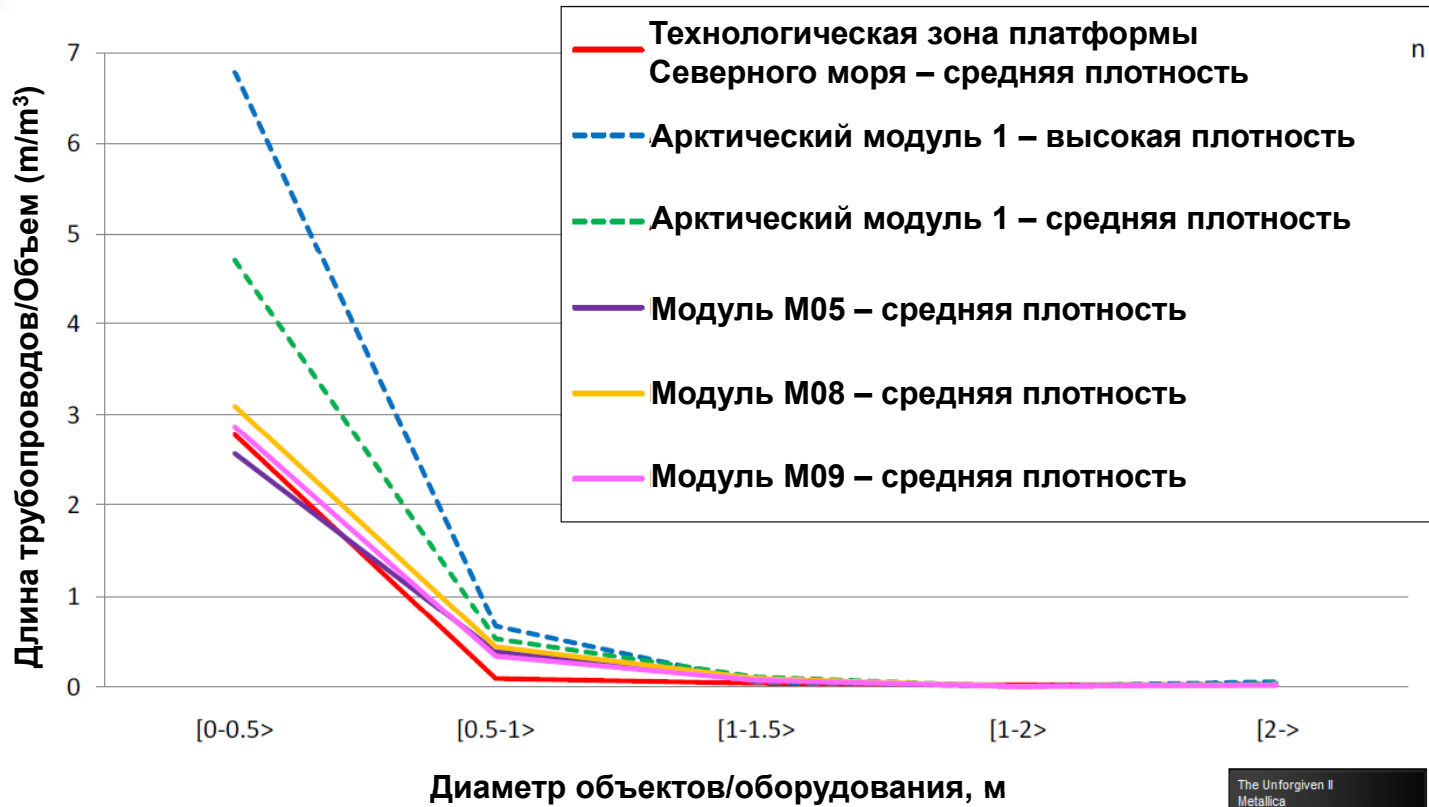
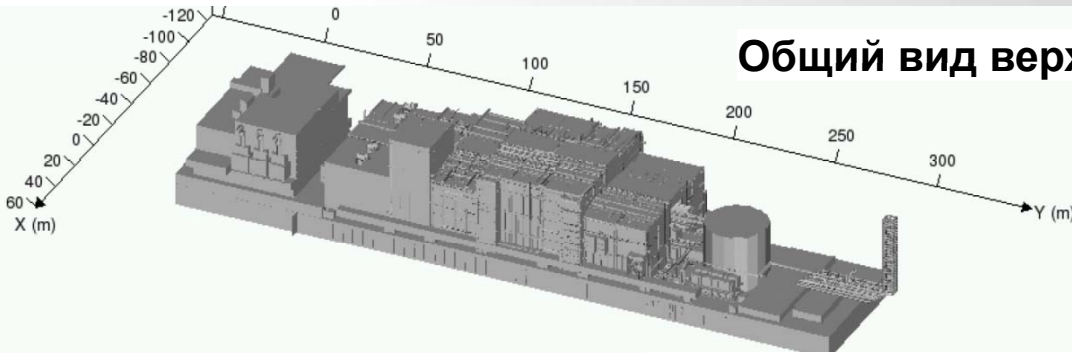
1. Доработка геометрии верхнего строения, выполненной на этапе концептуального проектирования;
2. Определение спектра характерных утечек;
3. Определение конфигурации ОБКВ;
4. Моделирование рассеяния газа;
5. Моделирование возгораний;
6. Определение частоты воспламенения облака в зависимости от его размера;
7. Определение зависимости давления взрыва от частоты его повторяемости;
8. Анализ чувствительности.

Для анализа выбраны характерные модули платформы: **подготовки газа M05**, стабилизации конденсата M08, подготовки воды и топливного газа M09, трубная эстакада, турель.

Критерий приемлемости: DAL = 2.0 бар, частота не более $1,0 \cdot 10^{-4}$ /год

Геометрия платформы

Общий вид верхних строений платформы



Параметры рассматриваемых утечек и ОВКВ

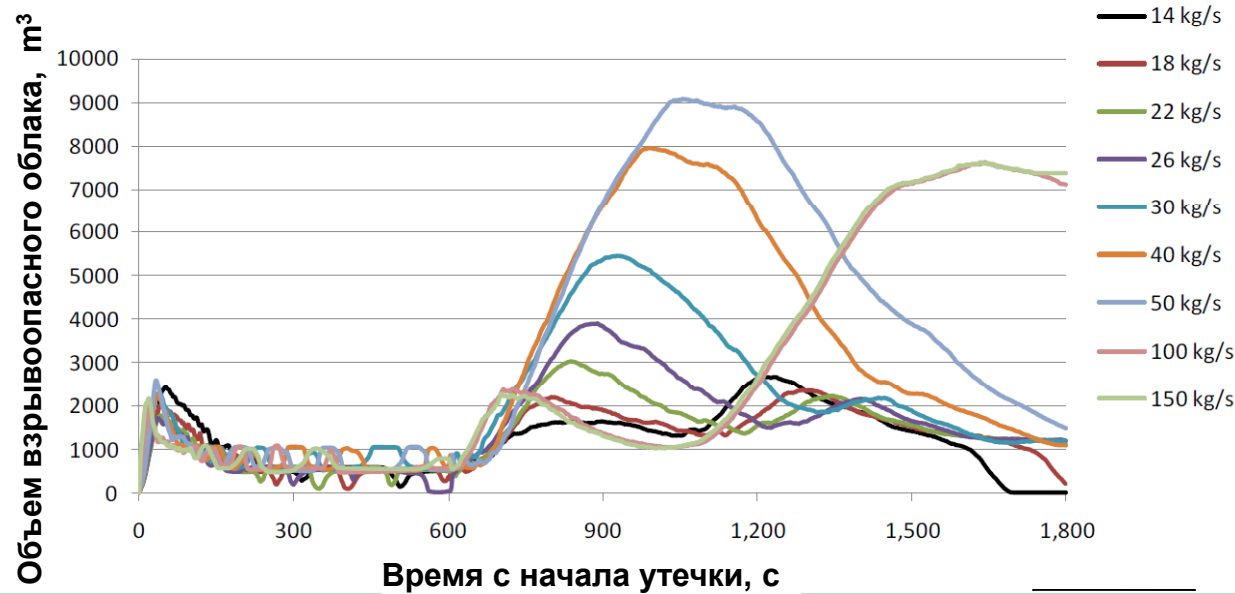
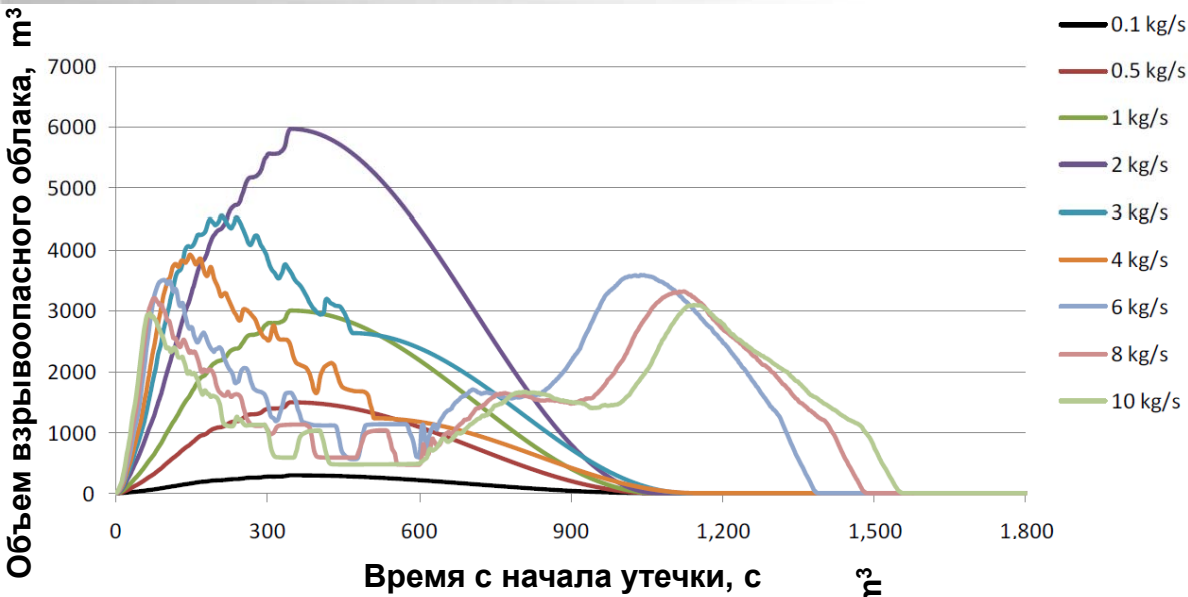
Аварийный массовый расход (кг/с)	Частота утечек (1/год)
0.10	4.17E-02
0.50	3.07E-02
1	2.13E-02
2	1.04E-02
3	8.52E-03
4	7.20E-03
6	4.97E-03
8	3.41E-03
10	2.12E-03
14	2.33E-03
18	1.85E-03
22	1.20E-03
26	1.47E-03
30	1.76E-03
40	1.76E-03
50	2.68E-03
100	1.76E-03
150	1.76E-03
Всего	1.47E-01

Рассматриваемые аварийные утечки газа и соответствующие им частоты для модуля М05

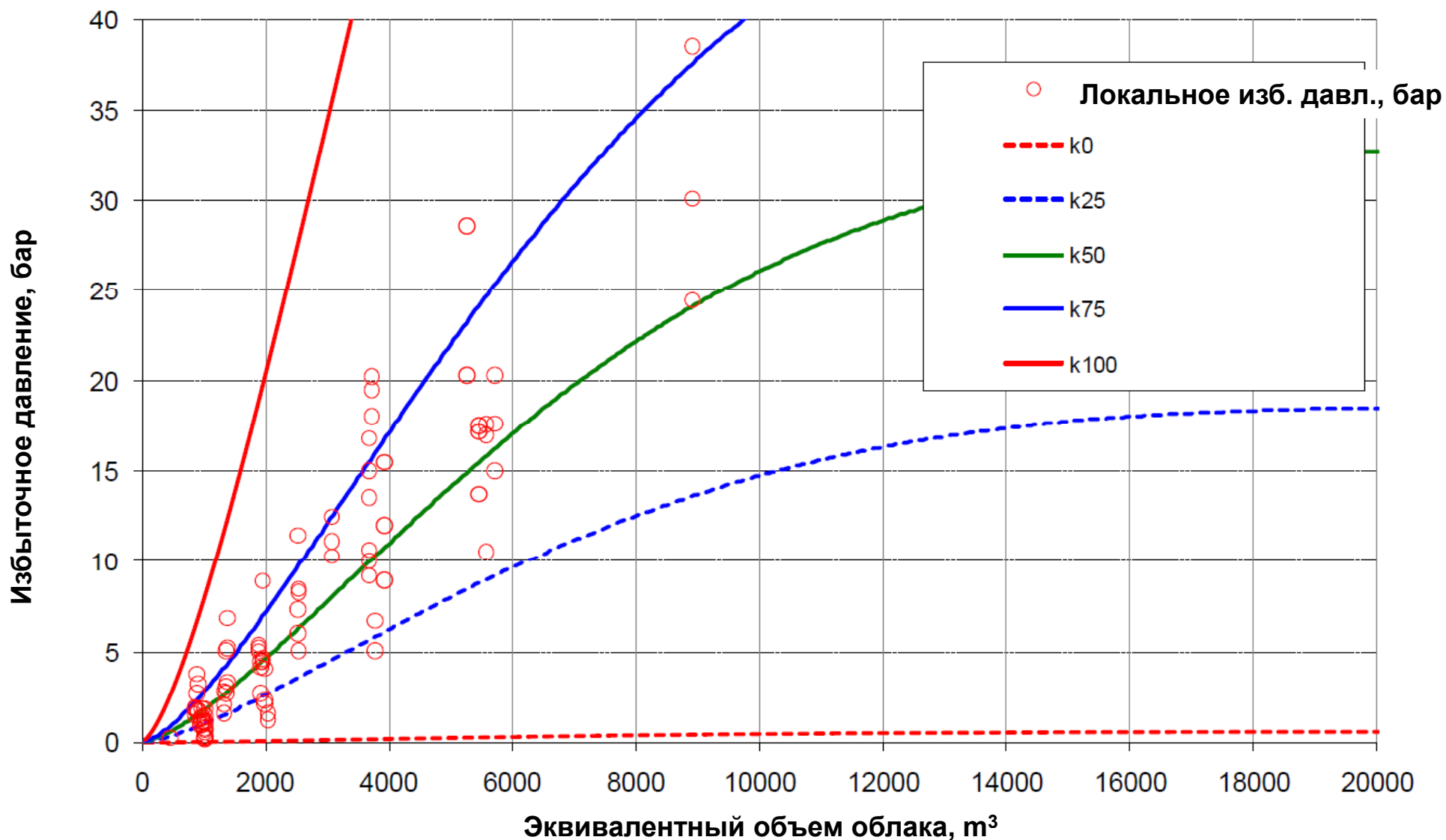
Моделировались следующие режимы ОВКВ:

- 12 об./час с остановкой по обнаружения утечки и запуском через 5 / 10 минут;
- 12 об./час с непрерывной работой;
- 30 об./час с непрерывной работой (при анализе чувствительности).

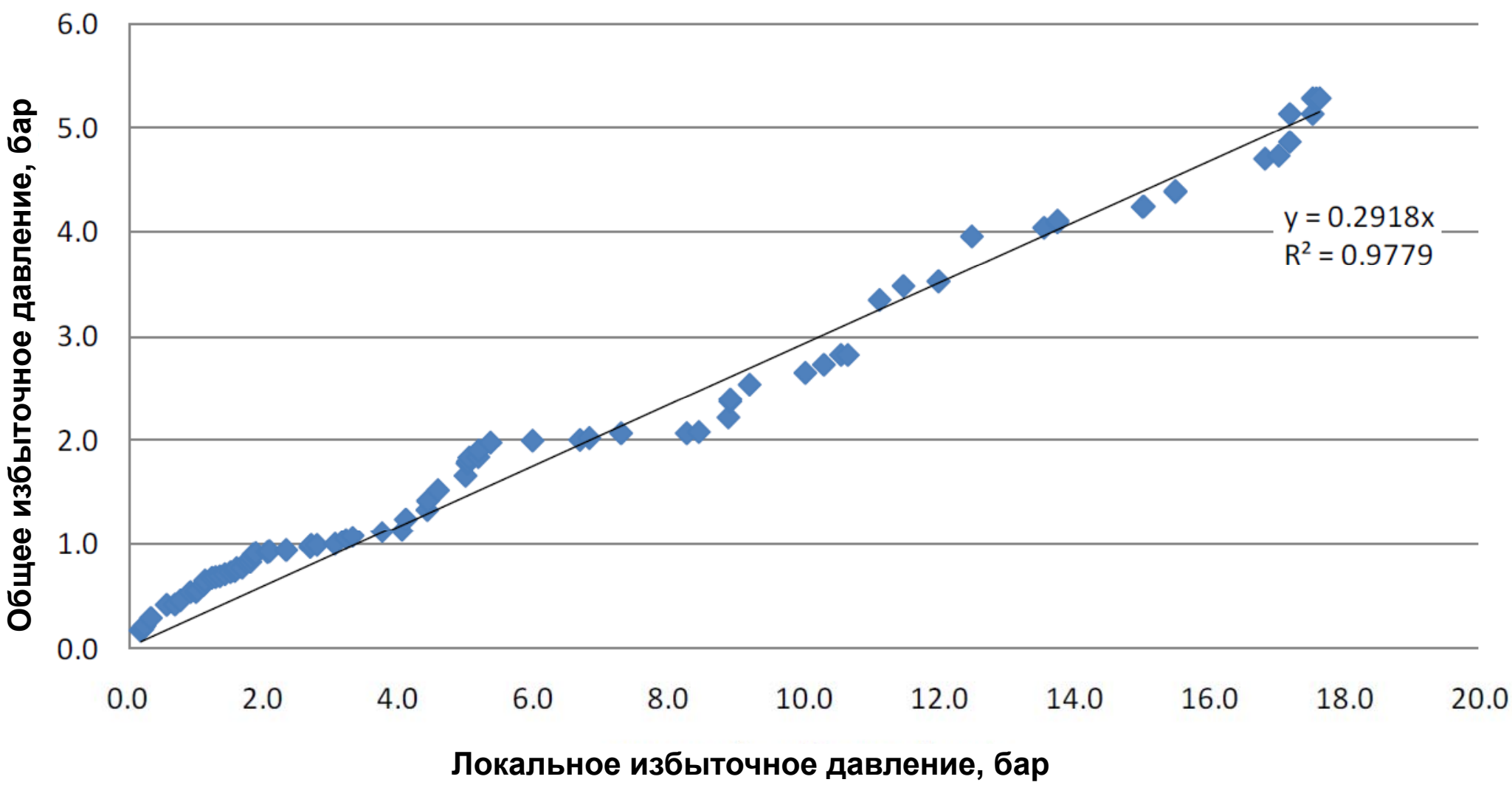
Влияние интенсивности утечки на размер взрывоопасного облака



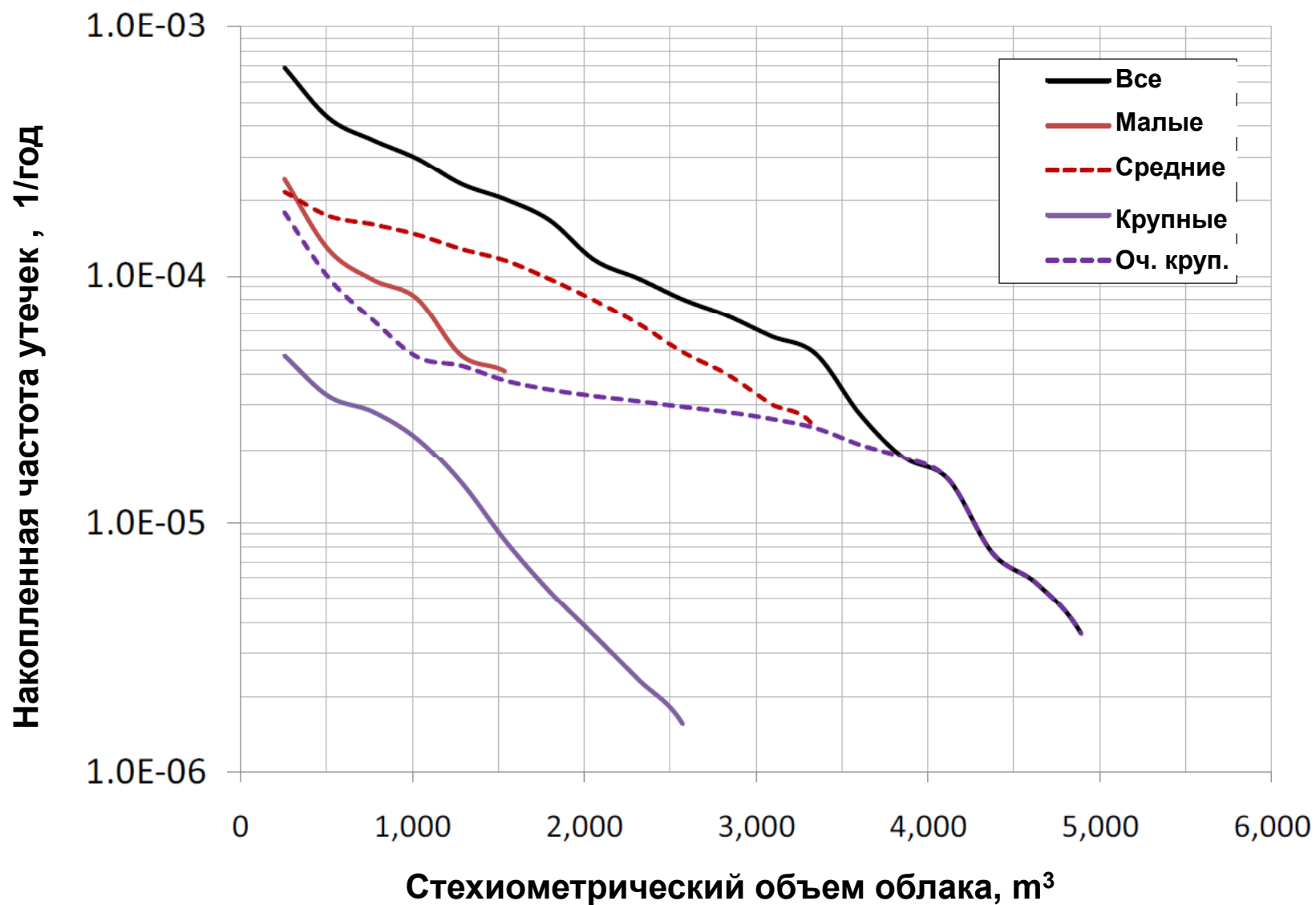
Зависимость взрывных нагрузок от размера облака газа



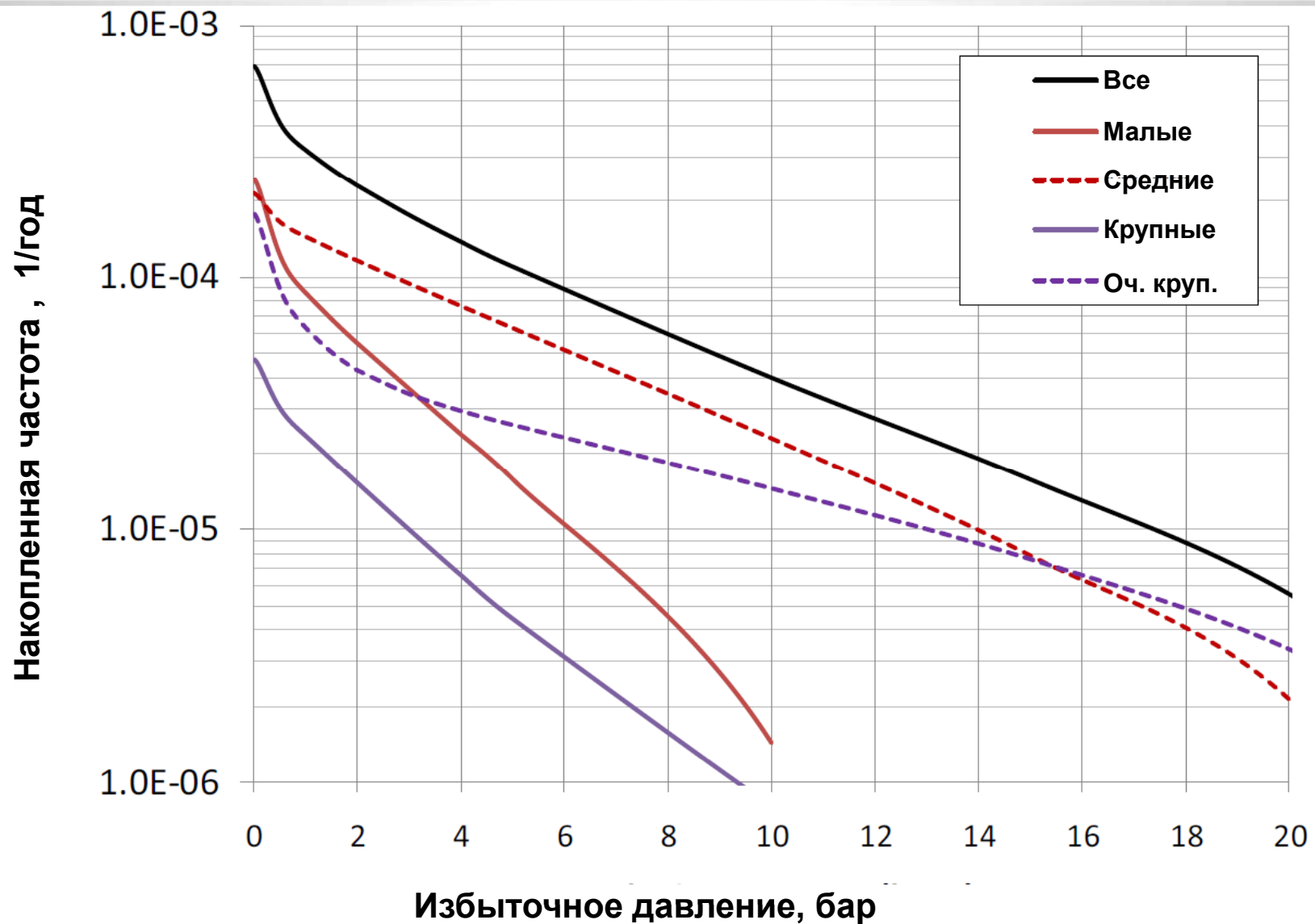
Зависимость локального избыточного давления от общего давления на стены модуля М05



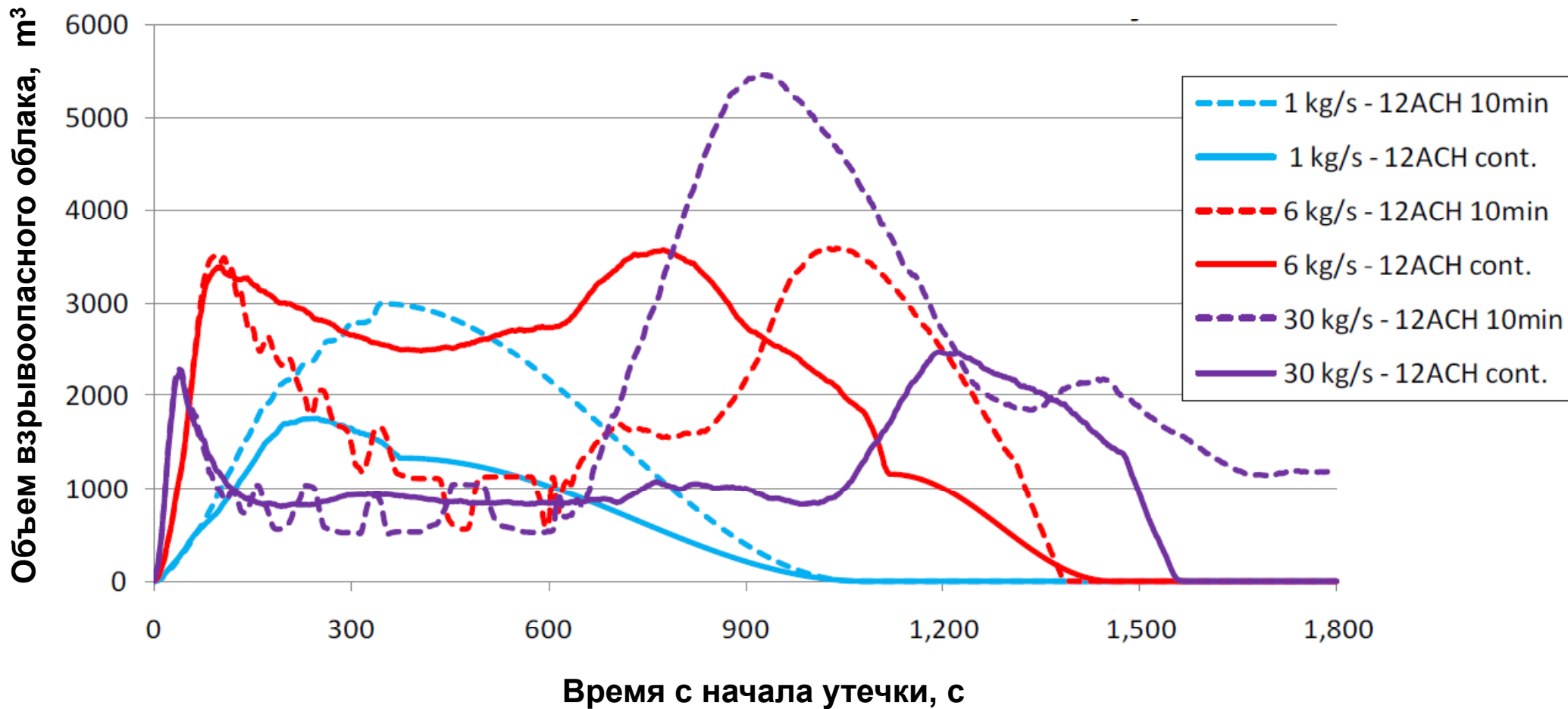
Зависимость накопленной частоты утечек от размера воспламенившегося облака в модуле М05 (аналог F-N кривой)



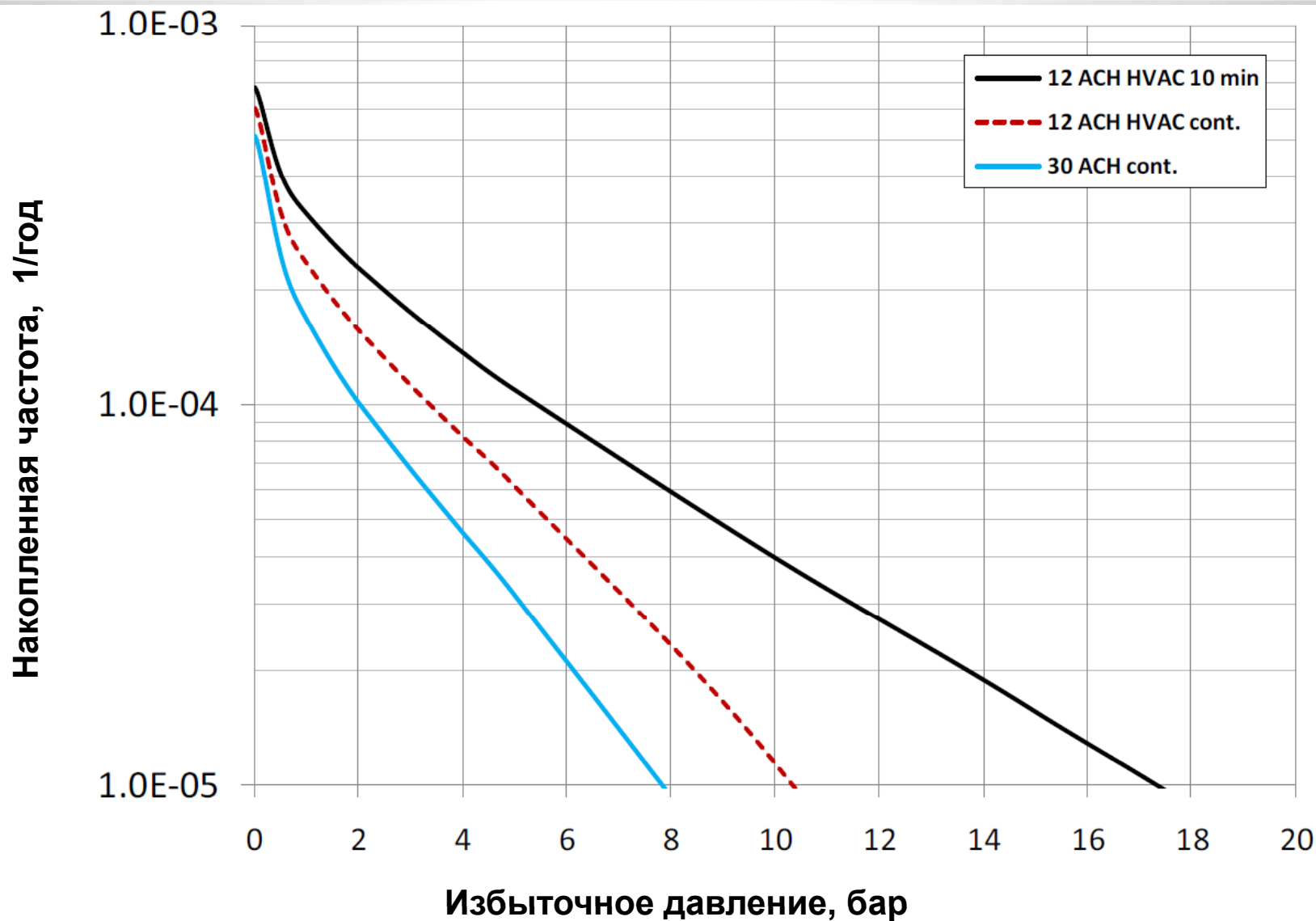
Зависимость накопленной частоты возникновения избыточного давления от его величины в модуле М05 (аналог F-N кривой)



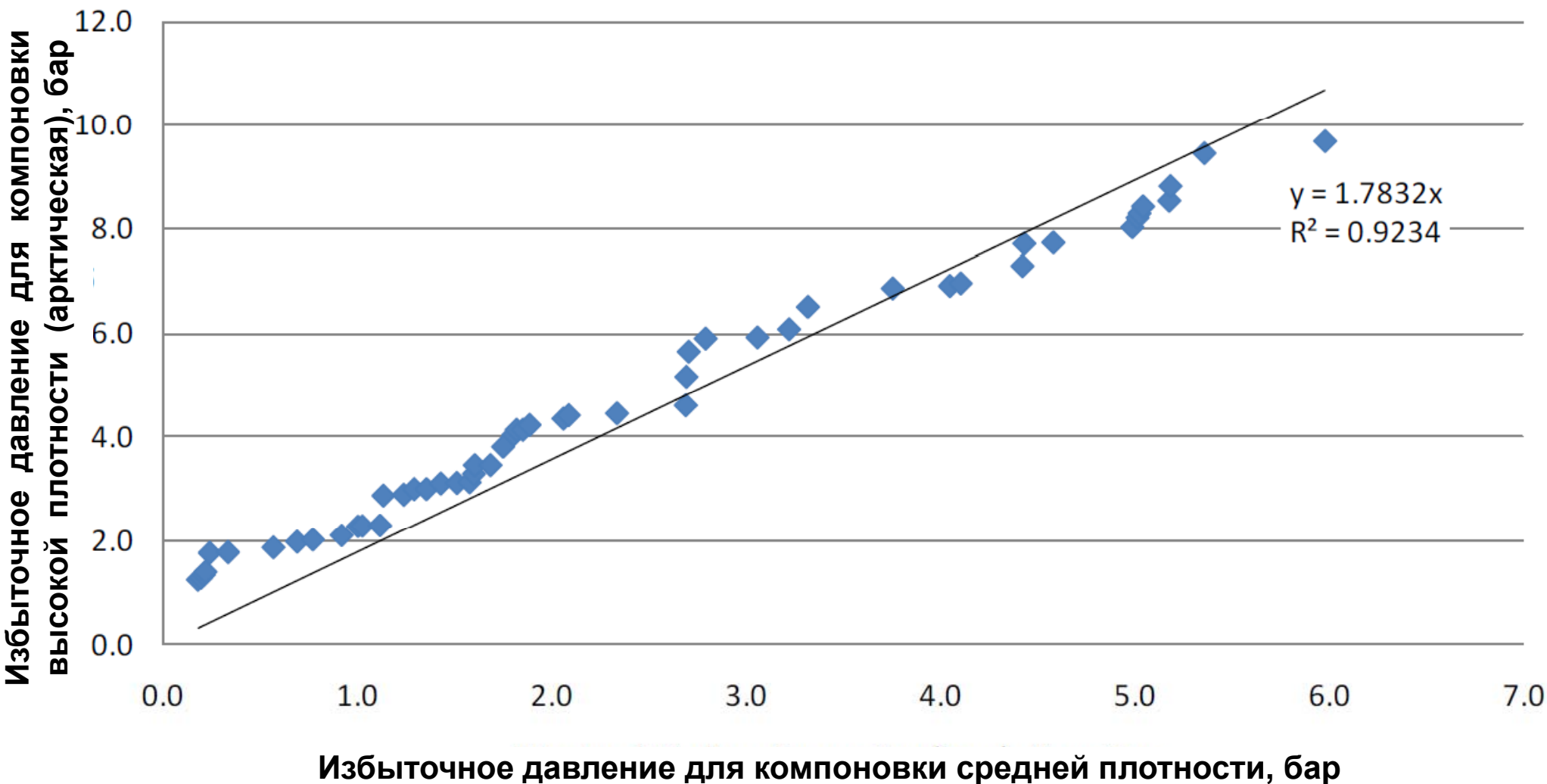
Анализ чувствительности – зависимость размера облака от режима работы вентиляции в модуле М05



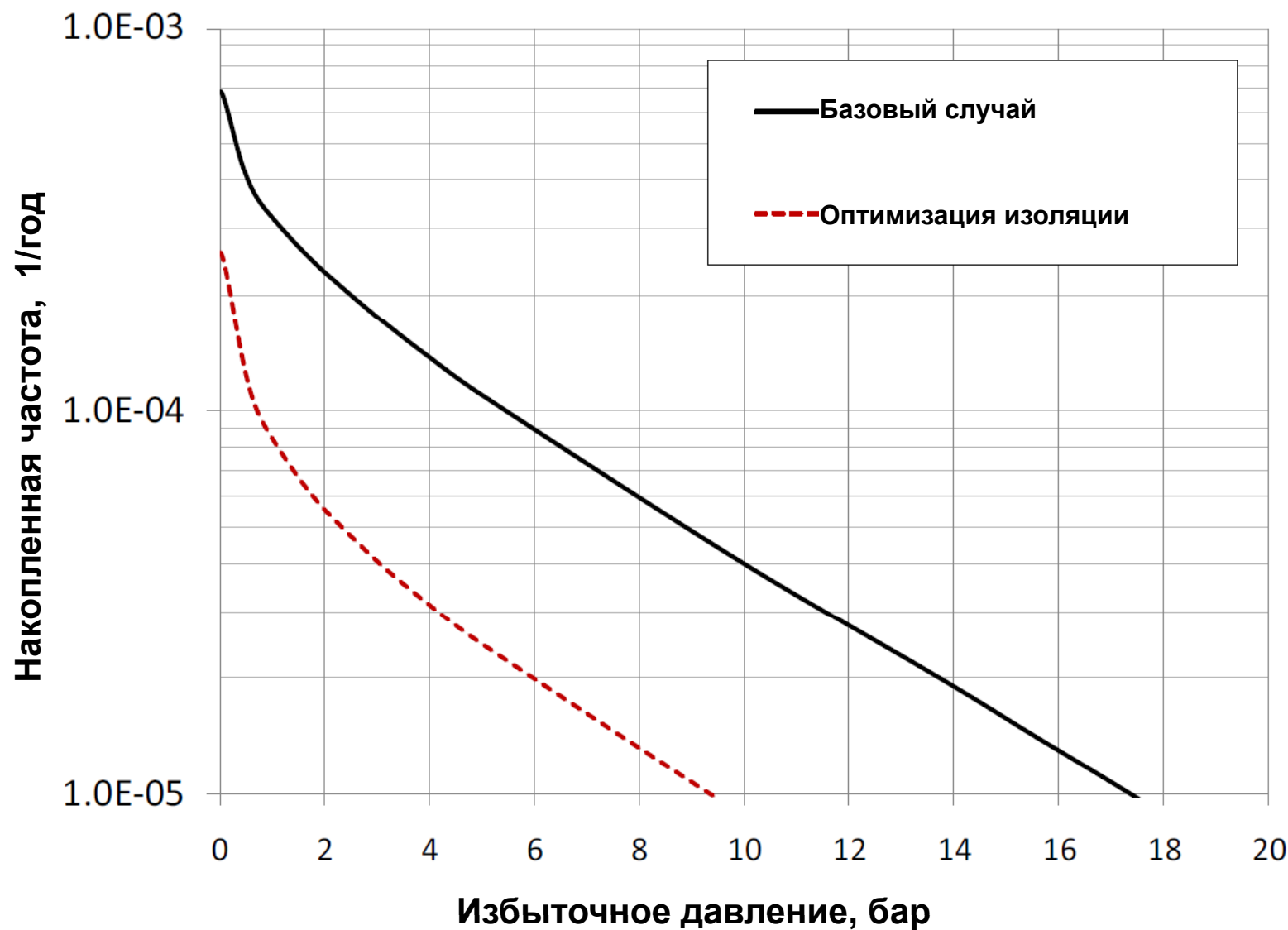
Анализ чувствительности – зависимость накопленной частоты возникновения избыточного давления от его величины в модуле М05



Анализ чувствительности – зависимость избыточного давления взрыва от плотности компоновки оборудования в модуле М05



Анализ чувствительности – зависимость накопленной частоты возникновения избыточного давления от его величины в модуле М05



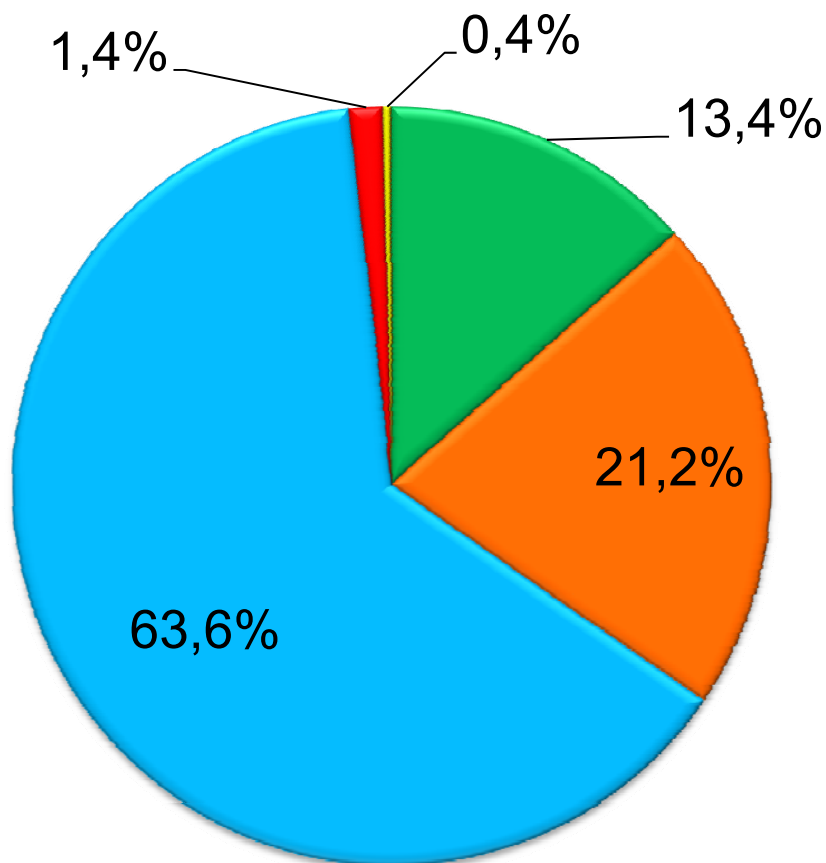
Выводы Scandpower по результатам анализа

1. Два модуля (M05 и M08) подвергаются воздействию взрывных нагрузок выше проектных при частоте повторяемости $1,0 \cdot 10^{-4}$ /год, поэтому необходимо принять меры, направленные на снижение величины избыточного давления.
2. Установлено, что проектные решения системы ОВКВ оказывают существенное влияние на величину избыточного давления. Рекомендуется исследовать, к каким результатам приводит изменение общих принципов проектирования ОВКВ.
3. При проектировании электрооборудования и при составлении инструкций по эксплуатации и аварийному останову рекомендуется сосредоточить внимание на эффективности мероприятий по устранению источников возгорания.
4. Изменение площади легкобрасываемых панелей на крыше и в верхней части стены, обращенной в сторону трубной эстакады не привело к существенному снижению избыточных давлений. Это связано, главным образом, с высокой плотностью размещения оборудования, что приводит к высоким взрывным нагрузкам в нижней части модуля.
5. Дренчерная система пожаротушения (с большим диаметром капель) способна снизить величины взрывных нагрузок в больших модулях.

Недостатки и пожелания к комплексу FLACS, выявленные в процессе работы

1. Отсутствие модели перехода дефлаграции в детонацию (DDT). Как следствие – см. замечание 2.
2. Нереалистичные значения избыточных давлений при взрывах газа в протяженных модулях с высокой плотностью оборудования (до 30 бар).
3. Отсутствие поддержки многоядерности процессора ЭВМ.
4. Отсутствие решателя для несжимаемого потока – симуляции по рассеиванию газа требуют значительное время.
5. Отсутствие возможности моделировать двухфазные выбросы в самой программе.
6. Невозможность моделирования более 50 утечек одновременно.
7. Отсутствие «мастеров» создания сетки при различных параметрах утечки.

Структура риска для персонала платформы ШГКМ



- Технологическое оборудование верхних строений (пожары, взрывы)
- Нарушение правил техники безопасности и охраны труда
- Вертолетные перевозки
- Аварии на хранилищах конденсата на МЛТП
- Отгрузка конденсата



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ