



## 3-D моделирование физических процессов при авариях на горных предприятиях

*к.т.н, горный инженер **Кобылкин Сергей Сергеевич** - докладчик,  
к.т.н, горный инженер **Кобылкин Александр Сергеевич***



# Применяемые технологии при проведении инженерных тактических расчётов «Электронные блокноты»

**Расчет параметров развития пожара**

Форма выработки (выберите одно из значений):

Прямоугольная ☐ Трапециевидная ☐ Арочная ☒

Тип крепи: ☐ металлическая ☒ ☐ деревянная

Тип затяжки: ☐ горячая ☒ ☐ холодная

Скорость воздушного потока в аварийной выработке, м/с: **4.17**

Площадь сечения выработки, м<sup>2</sup>: **10**

Расход воздуха в аварийной выработке, м<sup>3</sup>/мин: **2500**

Шаг крепи, м: **0.7**

Время действия пожара, мин: **120**

Дополнительная горячая нагрузка:

Высота	Кол-во рядов
Органическая крепь "Ремонтин"	2.5
Кол-во рядов	1

Расчет объема воздуха для полного сгорания деревянной затяжки и элементов деревянной крепи

Величина горячей нагрузки выработки создается только деревянной затяжкой и рассчитывается по формуле (6) листа "методика расчета"

Периметр затягиваемой поверхности рассчитывается по формуле  $3,2 \cdot S^{1/2}$

$P_3 = 9.49$  м

Величина горячей нагрузки  $q = 209$

Объем воздуха для полного выгорания горячей нагрузки в выработках, затянутых деревянной затяжкой  $q_0 = 836$  м<sup>3</sup>/м

Расчет объема воздуха для полного сгорания остальных материалов  $q_0 = 117.5$  м<sup>3</sup>/м

Общий объем воздуха для выгорания всей горячей нагрузки:  $q_0 = 952$  м<sup>3</sup>/м

Предельная скорость распространения пожара  $V_{пр} = 2.63$  м/мин = **158** м/ч

Скорость распространения пожара в момент начала тушения  $V = 1.64$  м/мин = **98** м/ч

Дальность распространения пожара  $L = 111$  м

Руководитель группы инженерного обеспечения

РАСХОД МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ГИПСОВОЙ ПЕРЕМЫЧКИ № 2				
в	сечение выработки (вчерне)	17	м <sup>2</sup>	толщина перемычки
				3.8 м
№ п/п	Наименование материалов	Единица расхода	Расход обобщенный	Общий расход
1	Гипс высокопрочный Г10-Г25 $S \cdot h \cdot 1,5$	т/м <sup>3</sup> перемычки	1,5	97
2	Гипс строительный Г5-Г7 $S \cdot h \cdot 1,25$	т/м <sup>3</sup> перемычки	1,25	-
3	Ткань паксовая (мешковина) $S \cdot 3$	м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> сечения	3	51
4	Стойка $d = 150 - 200$ мм, длина $2 - 3$ м.	шт/перемычка	8	8
5	Доска обрезная $20 \cdot 150 \cdot 2000$ мм. $S \cdot 8$	шт/м <sup>2</sup> сеч выработки	8	136
6	Гвозди длиной 100 мм. $S \cdot 0,5$	кг/м <sup>2</sup> сеч выработки	0,5	8,5
7	Проволока стальная $d = 2$ мм.	м/перемычку	10	10
8	Труба проемная $d = 800$ мм.	шт/перемычку	2	2
9	Крышка проемной трубы	шт/перемычку	2	2
10	Труба выпускная	шт/перемычку	2	2
11	Труба контрольная	шт/перемычку	2	2
12	Труба проботворная	шт/перемычку	2	2
13	Труба водоотводная	шт/перемычку	1	1
14	Вода питьевая давлением $6 - 10$ кгс/см <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /час	6	6

Учебный центр НОБГСО V.01.02

Выход Описание

Периметр выработки

Безопасные расстояния

Приход по метану

Расход кислорода

Объемное расширение

Время движения отделений

Выпуск газообразного азота

Оперативный план

Расчет материалов на перемычку

Объемное расширение

Выход Расчет Описание

т.2

т.1

P = 750 мм.рт.ст.

t = 20 °C

Q = 101.73 м<sup>3</sup>/мин

P = 750 мм.рт.ст.

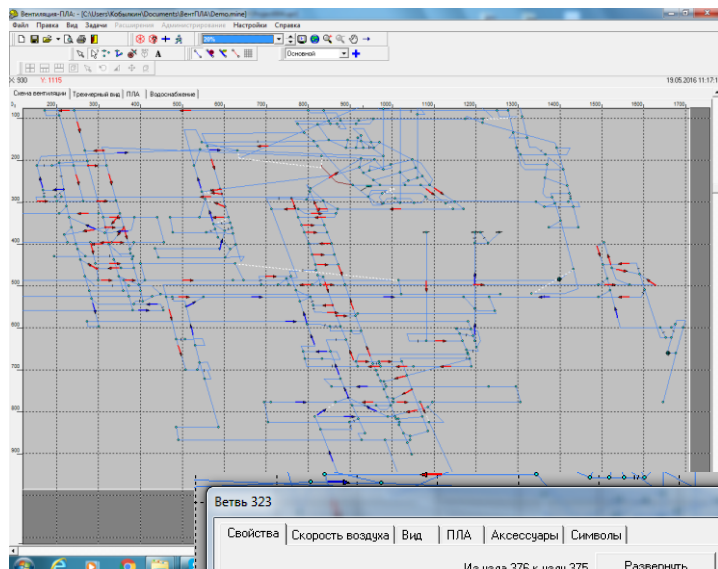
t = 15 °C

Q = 100 м<sup>3</sup>/мин



# Применяемые технологии при проведении инженерных тактических расчётов

## Программные комплексы «Вентиляция-ПМЛЛА»



Ветвь 323

Свойства | Скорость воздуха | Вид | ПЛА | Аксессуары | Символы

Из узла 376 к узлу 375    Развернуть    Удалить

Название: Конвейерный ходок опрокида 2

Номер ветви, №: 823    Нач. темп., гр.С: 18.0

Сопр., км/гор...: 0.00150    Расчет    Кон. темп., гр.С: 18.0

Доп.депр., мм.в.ст...: 0.00    Расчет    Длина, м: 55

Треб.расх(Q<sub>т</sub>), м3/с: 0    Сечение, м2: 14.0

Расх.возд., м3/с: 35.44    Периметр: 0.0

Депрессия, мм.в.ст.: 1.88    Высота, м: 3.2

Число людей на ветви: 0    Козф. аэродин. сопр.: 0

Уг. наклона, гр. (16.9) ???>>>: 16.9

☒ Свежая    ☐ Зона реверсирования

Тип: Выработка

Текст ПЛА

Усилить проверт.

Отмена

OK

Вентиляция-ПМЛЛА

Вентиляция schema

Объекты

Свойства

Общие

Аэродинамическое сопротивление

Тип выработки: Воздухоподводящий ствол

Поперечное сечение: Круглое

Площадь: 19 м2

Периметр: 15.4 м

Длина выработки

Тип: ☒ Задается вручную

Длина: 450 м

Аэродинамическое сопротивление

Задается: Проектными данными

Поверхности: Ствол, закрепленный тк

Козф.-т. α: 0.0485 кг/м3

Скорость воздуха

V max: 15 м/с

Вычисленные параметры

Сопротив-ие: 0.0492 Н.с2/м8

Расход: 147.8 м3/с

V воздуха: 7.8 м/с

Варияция: 11 %

ΔР: 1074 Па

Энергозат-ы: 158736 Вт

Воздушная струя

Тип: По умолчанию

Свойства

Общие

Теплообмен со стенками

Задается: Проектными данными

Теплоотдача: 5 Вт/м2.К

При Q: 10 м3/с

Т стенок: По Т стенок в узлах

Влагообмен

Тип: Влагообмена нет



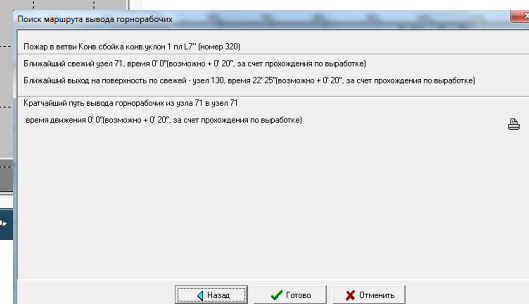
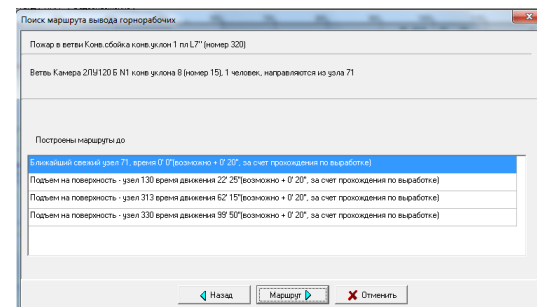
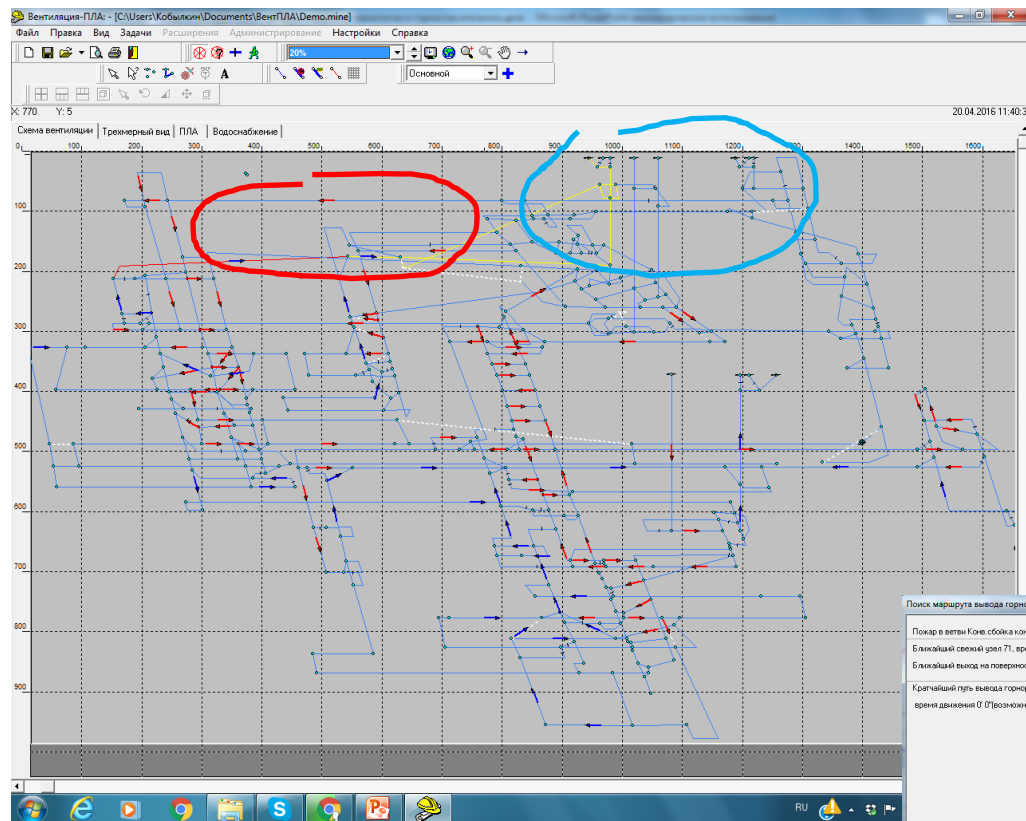
IMRB RUSSIA 2017

VIII Международная  
Горноспасательная Конференция



# Применяемые технологии при проведении инженерных тактических расчётов

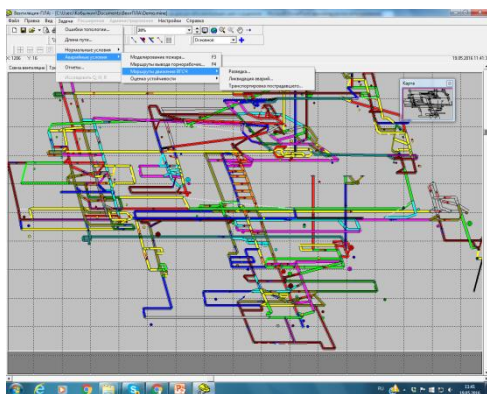
## Программные комплексы «Вентиляция-ПМЛЛА»





# Применяемые технологии при проведении инженерных тактических расчётов

## Разработка ПЛА



## Расчёт параметров УВВ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

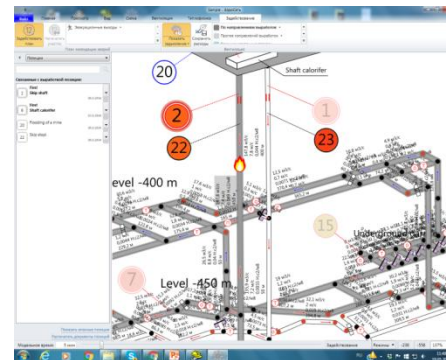
Программный комплекс **Ударная волна** – это:

- расчет распространения ВУВ при взрывах газа и пыли в угольных шахтах;
- выделение зон поражения по 4 факторам опасности:
  - избыточное **давление**;
  - высокая **скорость** воздушного потока;
  - повышенная **температура**;
  - **концентрация** токсичных продуктов взрыва;
- составление отчетной документации с указанием факторов, границ опасных зон и списка пострадавших.

ВУВ – воздушные ударные волны

WWW.MINESOFT.RU

## Расчёт аварийных режимов проветривания



## Расчет тепловой депрессии

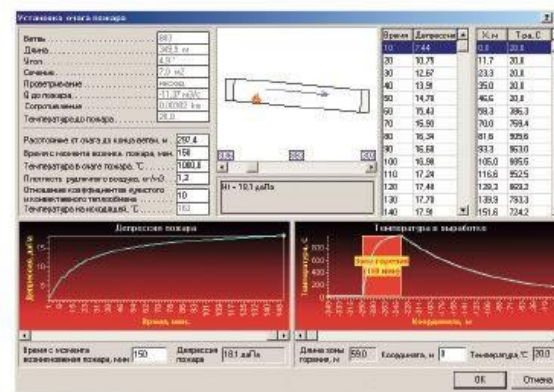


Рис. 2 Окно установки параметров очага пожара



**IMRB RUSSIA 2017**  
VIII Международная  
Горноспасательная Конференция



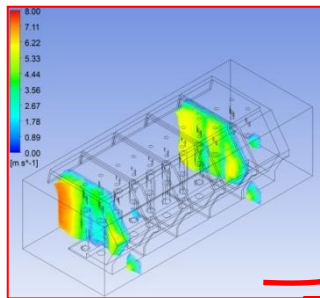
# Трёхмерное моделирование

ANSYS  
R15.0  
Academic

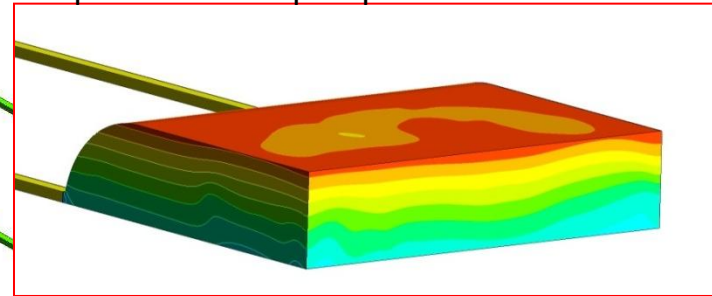
Pressure  
Contour 1

8207.692  
7350.278  
6492.863  
5635.448  
4778.033  
3920.618  
3063.203  
2205.789  
1348.374  
490.959  
-366.456  
[Pa]

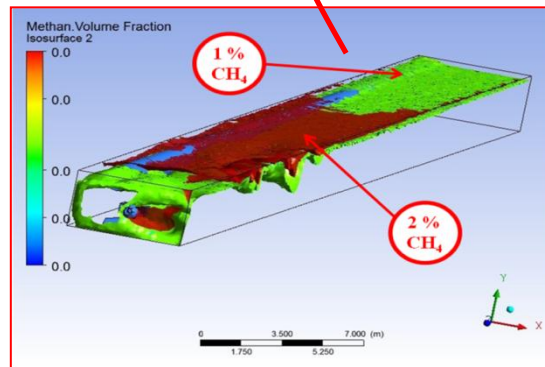
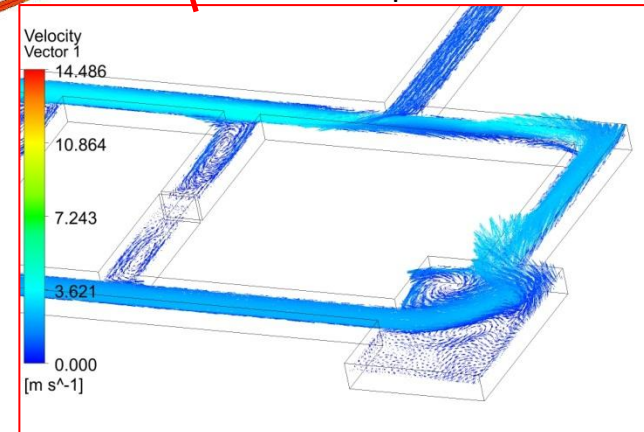
Исследования аэрогазодинамики  
выемочных участков



Исследования аэрогазодинамики  
выработанных пространств



Исследования  
аэродинамического  
сопротивления



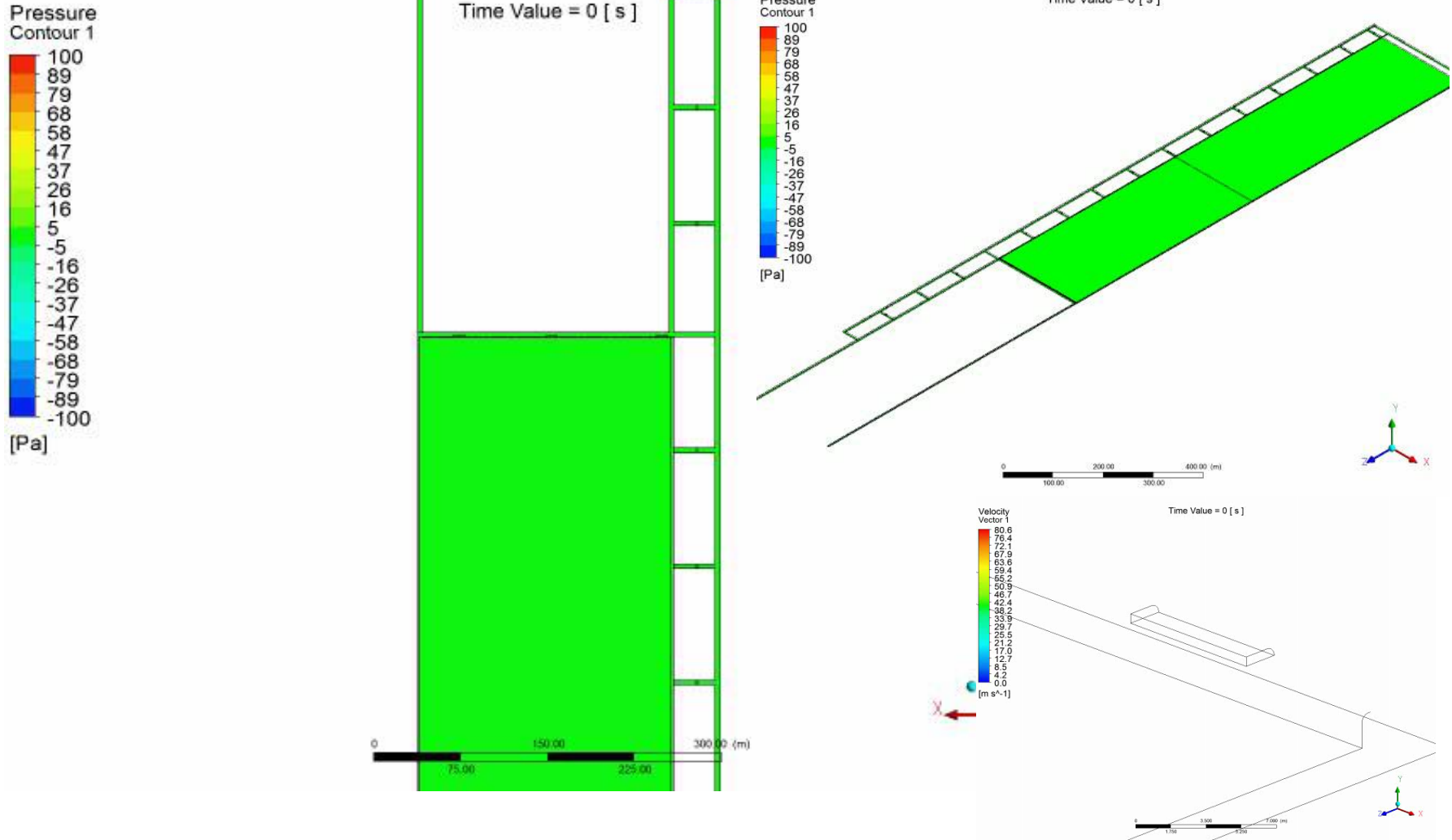
Исследования  
изменения температуры  
воздуха и горных пород  
при проветривании  
шахт

0 100.00 200.00 (m)  
50.00 150.00

Исследования аэрогазодинамики горных  
выработок

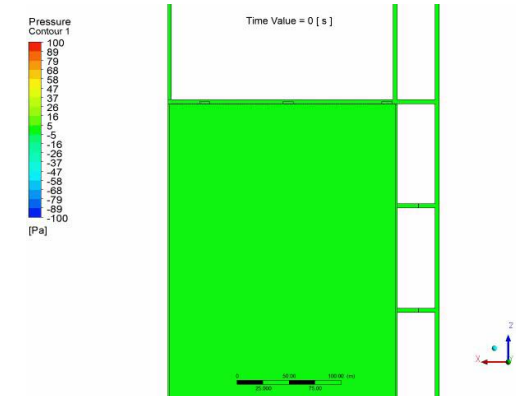
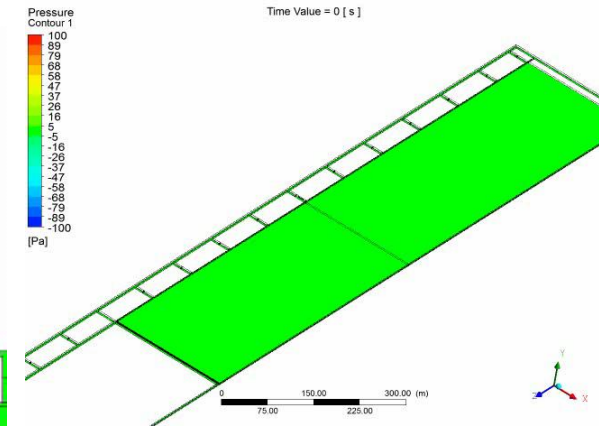
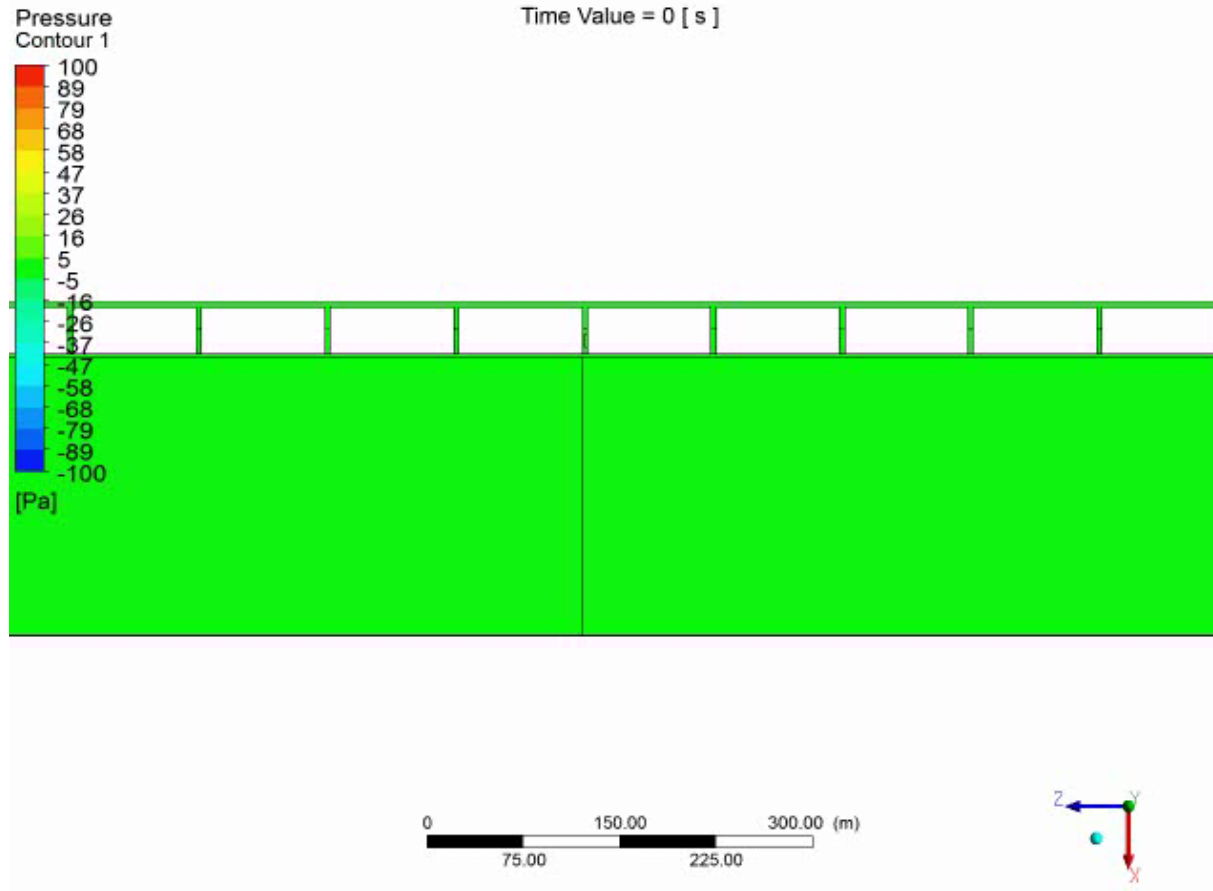


# Расчёт распространения скачка избыточного давления от УВВ





# Расчёт распространения скачка избыточного давления от УВВ



**IMRB RUSSIA 2017**

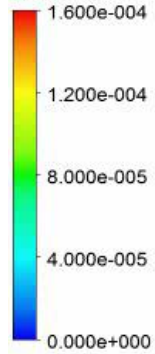
VIII Международная  
Горноспасательная Конференция



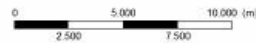
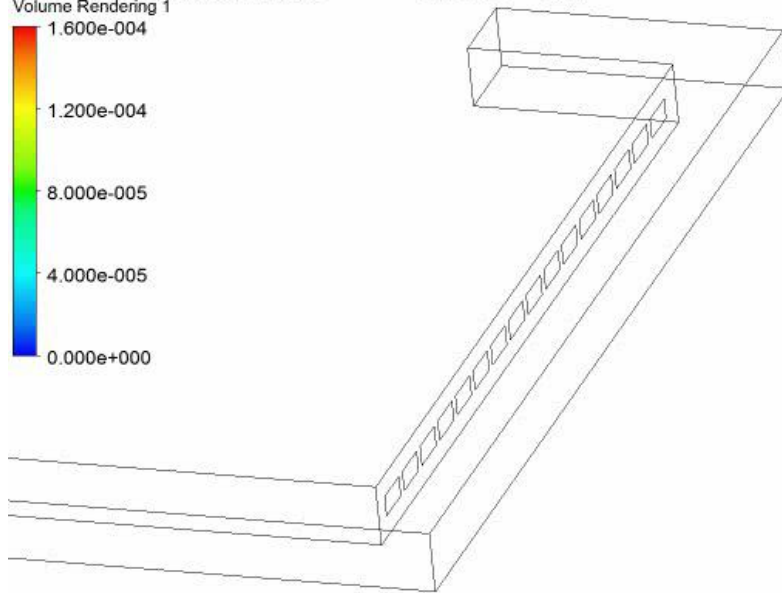


# Расчёт распространения пыли

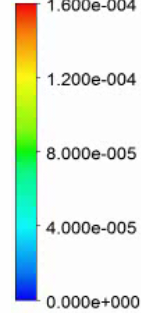
c0ncrete.Averaged Volume Fraction  
Volume Rendering 1



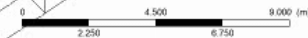
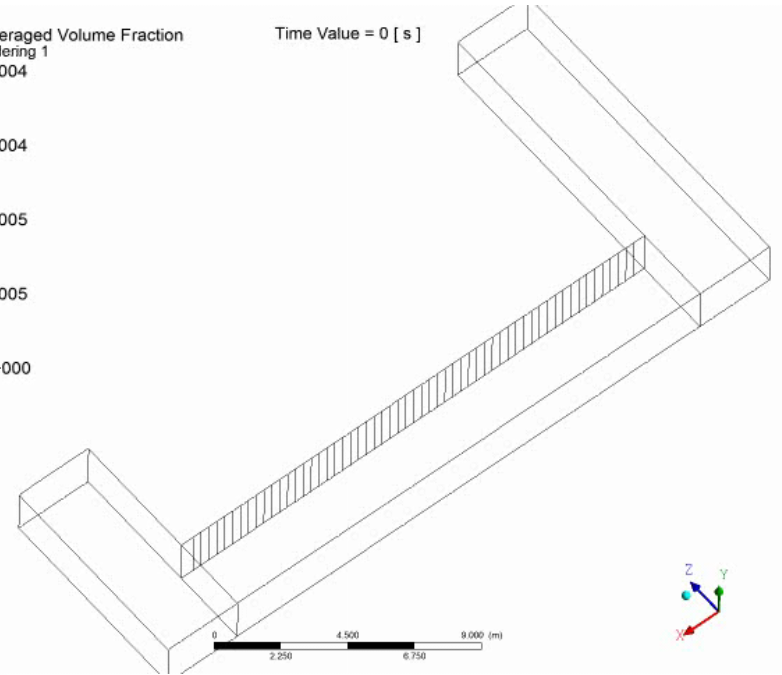
Time Value = 0 [ s ]



c0ncrete.Averaged Volume Fraction  
Volume Rendering 1



Time Value = 0 [ s ]

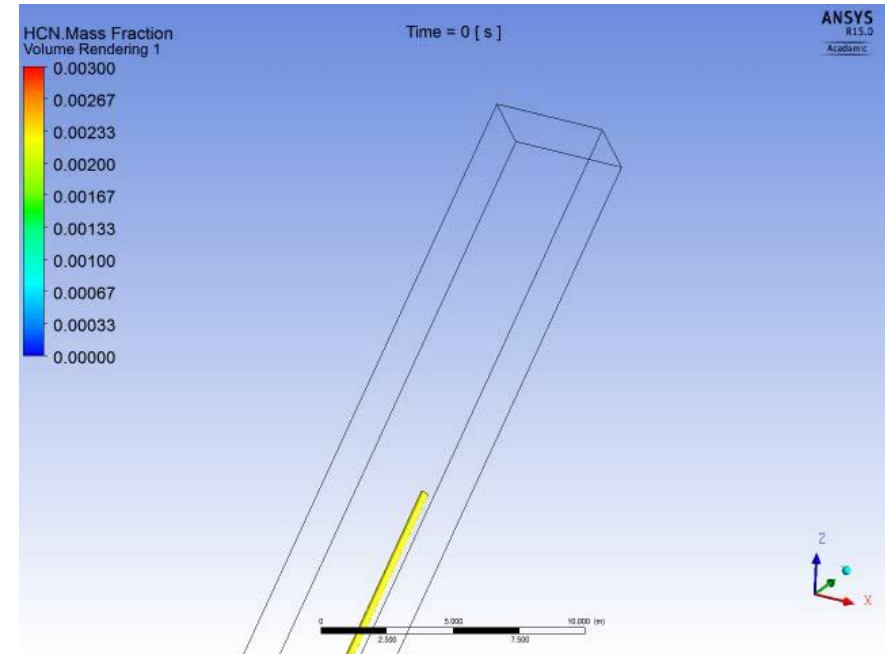
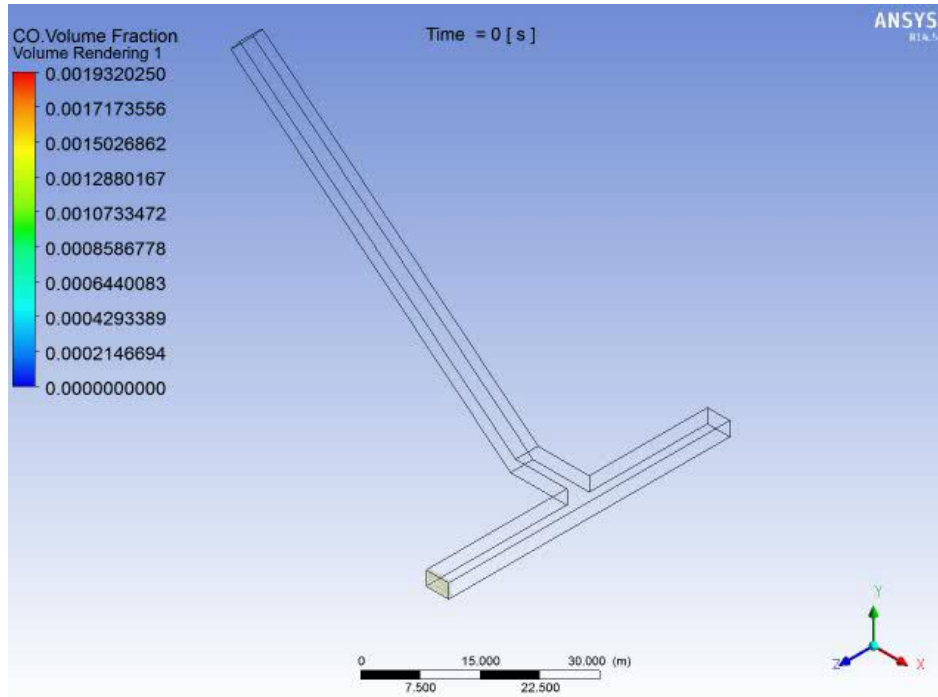


**IMRB RUSSIA 2017**

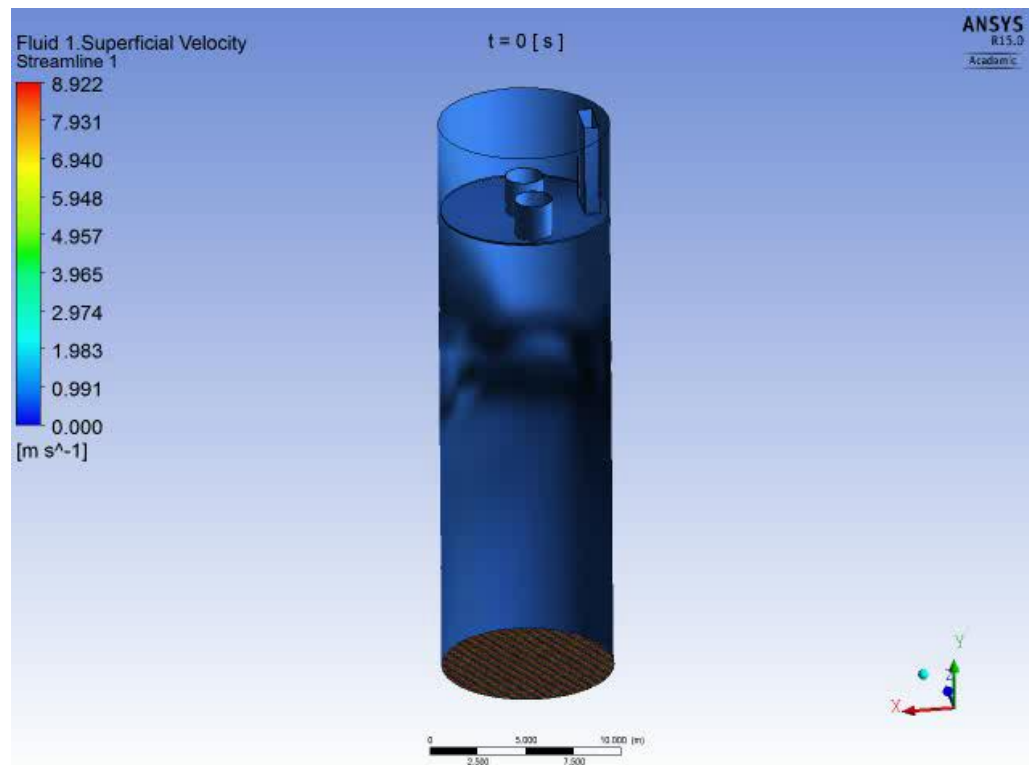
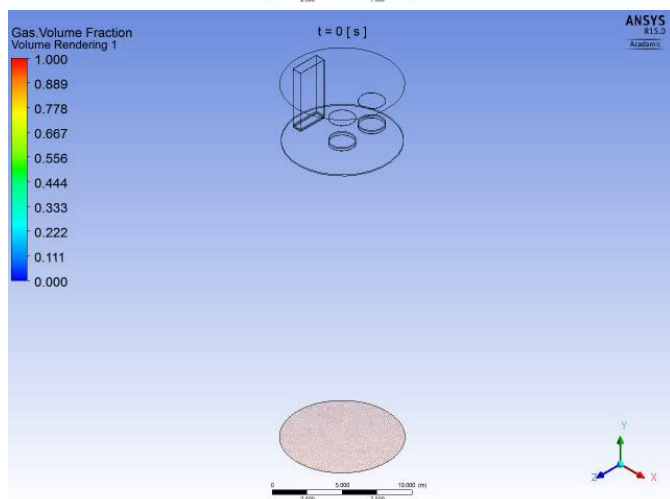
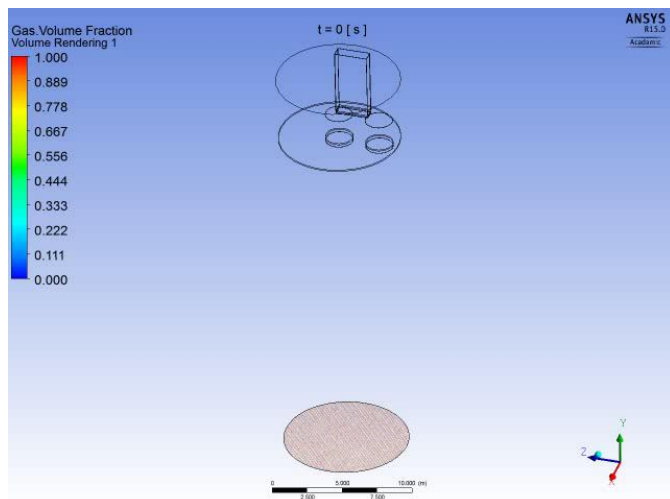
VIII Международная  
Горноспасательная Конференция



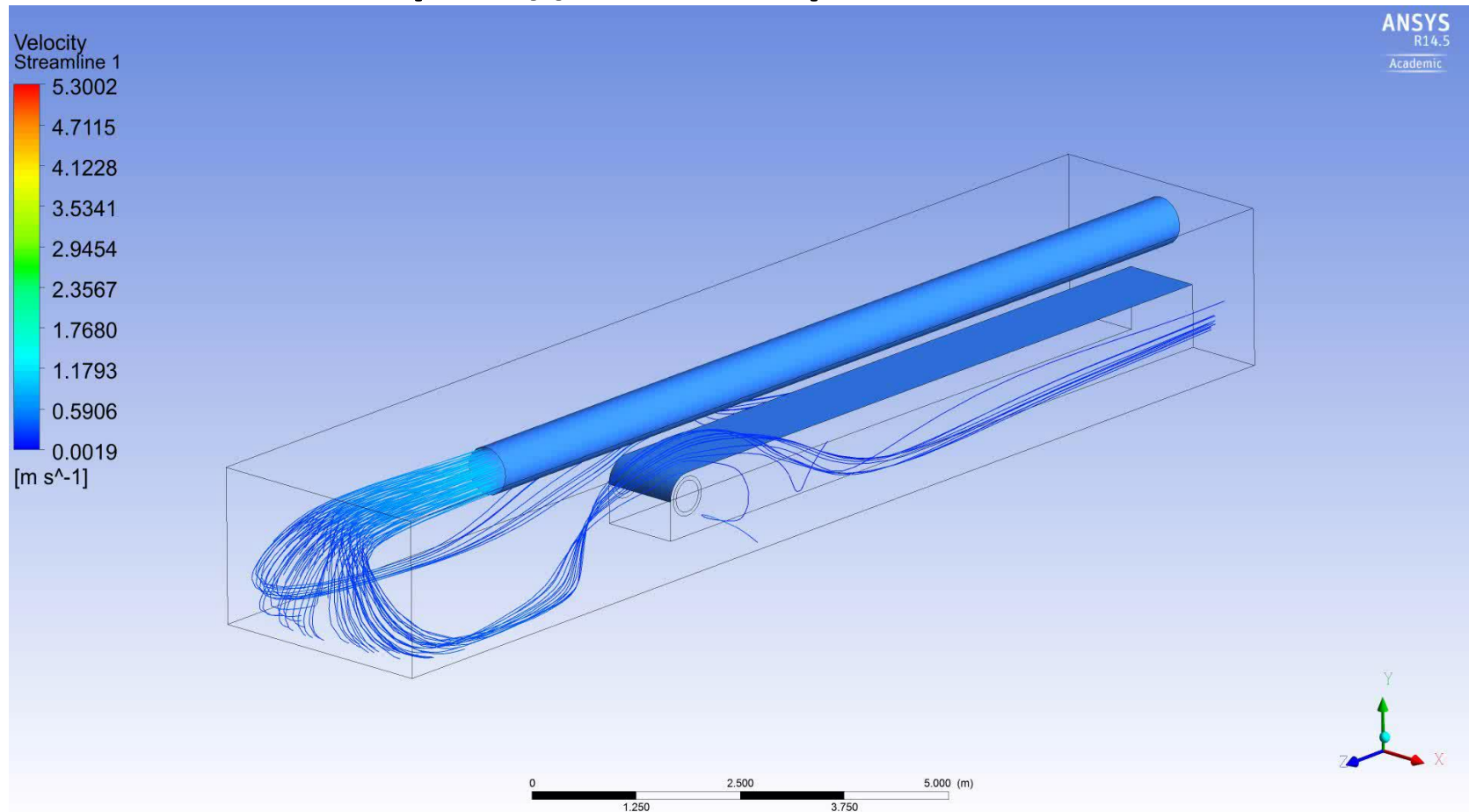
# Моделирование сценариев аварии на шахте Эстония



# Моделирование распределение загазирования после проведения взрывных работ



# Моделирование распределение дыма после самовозгорания привода конвейерной ленты



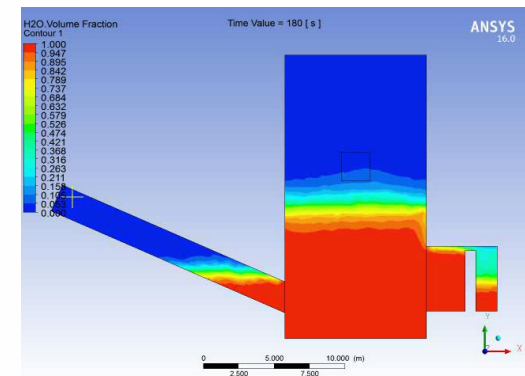
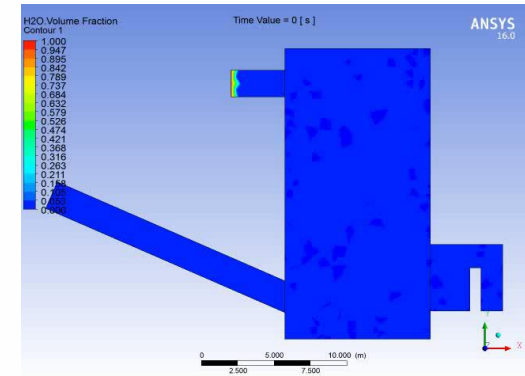
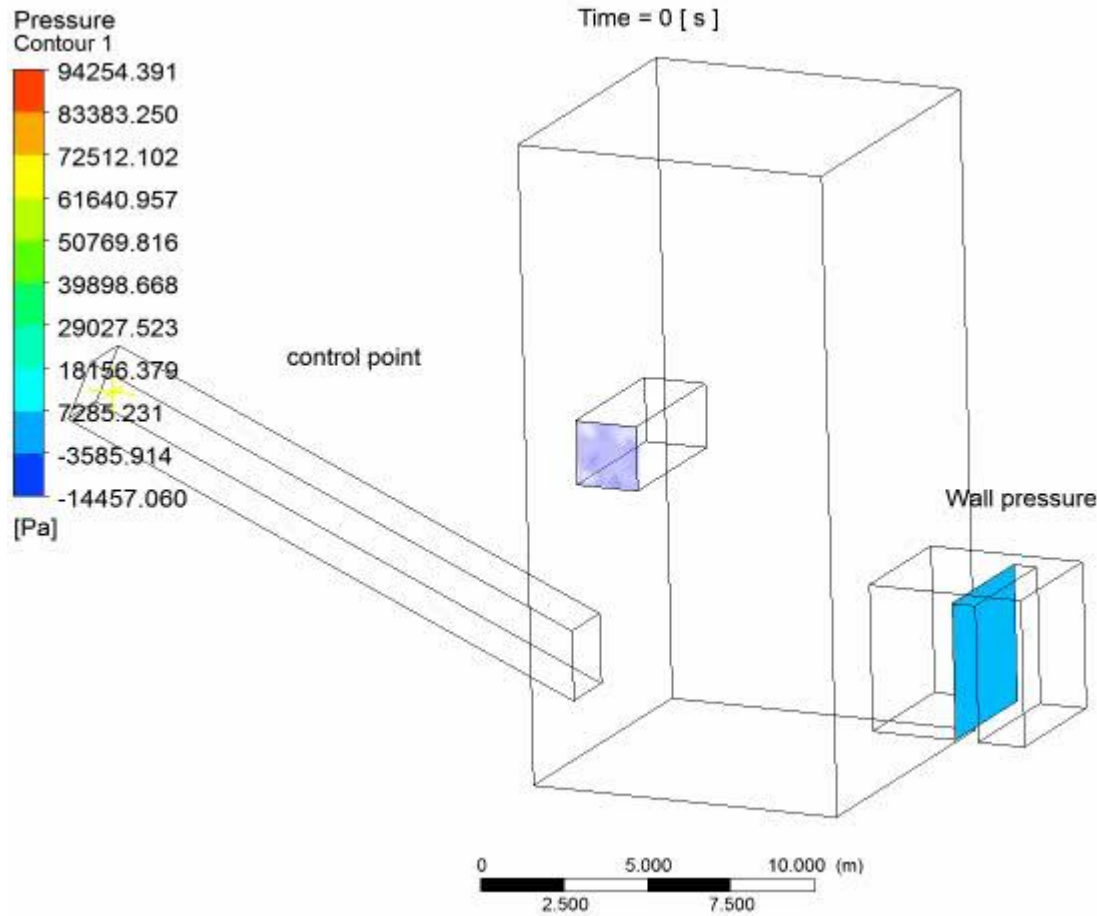
IMRB RUSSIA 2017

VIII Международная  
Горноспасательная Конференция





# Моделирование затопления ствола с примыкающими горными выработками, камерами



**Спасибо за внимание!**



**IMRB RUSSIA 2017**

VIII Международная  
Горноспасательная Конференция



# Программные средства расчёта воздухораспределения

1. «АэроСеть» (РФ),
2. «Динавент» (РФ),
3. «Вентиляция 2.0» (РФ),
4. «ВентПЛА» (РФ),
5. «Вентиляция шахт» (РФ),
6. «РЕВОД» (Украина),
7. «APM Вентиляция 5.5.0» (Украина),
8. VentPC (Mine Ventilation Services, Inc, США),
9. Ventsim (Chasm Consulting, Австралия),
10. 3DVent – 矿井通风软件 (КНР);
11. VUMA ((Bluhm Burton Engineering Pty Ltd, ЮАР)
12. и другие

