



Оценка риска аварий трубопроводных систем многофазной продукции

Сумской Сергей Иванович

*«АНО «Агентство исследований промышленных
рисков»*

www.safety.fromru.com

www.safety.ru

risk@safety.ru

(495) 620-4750



Введение

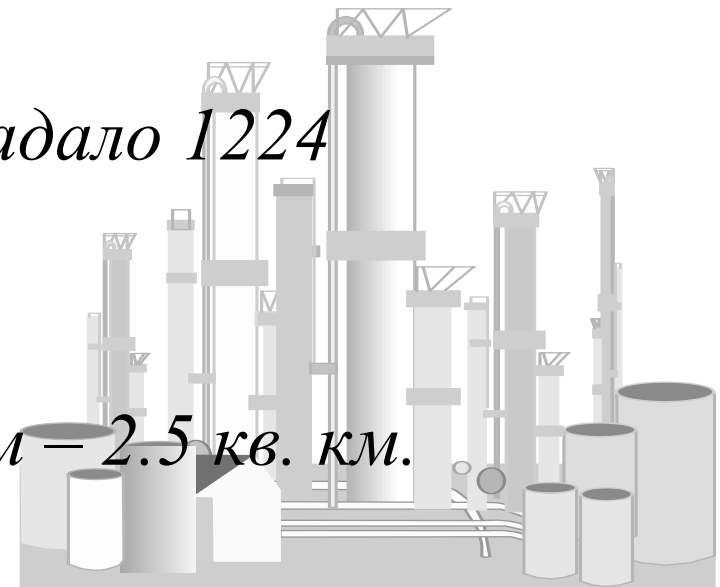
- ***Трубопроводы с углеводородами:***
 - *большая протяженность;*
 - *возможность больших объемов выброса с высокой интенсивностью;*
 - *прохождение вблизи разного рода объектов, в т.ч. мест сосредоточения людей;*
 - *высокие давления (в т.ч. за счет высокого давления насыщенных паров);*
 - *многофазность (изначальная и за счет фазовых переходов)*
- ⇒ особую значимость приобретает анализ риска***





Пример аварии на трубопроводной системе

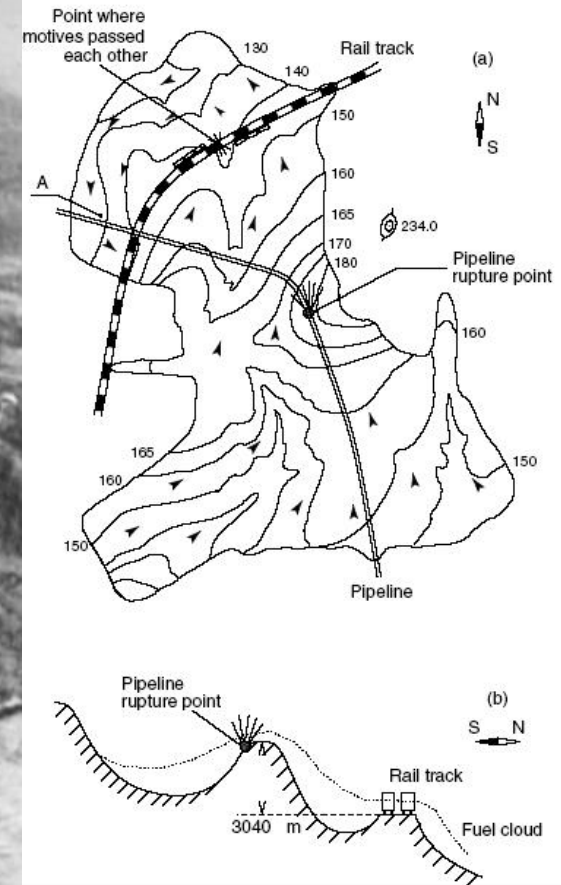
- *Образование облаков ТВС*
- *Ж/д под Уфой (СССР) 4 июня 1989 года*
- *Выброс ШФЛУ*
- *Погибло или тяжело пострадало 1224 человека из 1284*
- *Площадь, покрытая облаком – 2.5 кв. км.*





Примеры природных и техногенных выбросов

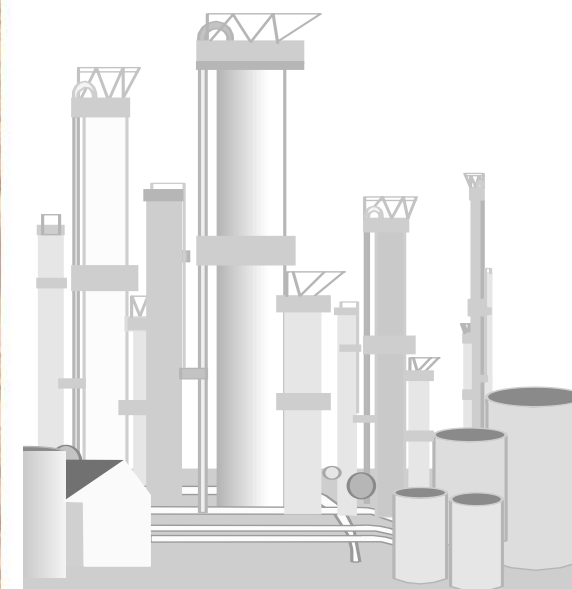
Образование облаков ТВС (ж/д под Уфой)





Примеры природных и техногенных выбросов

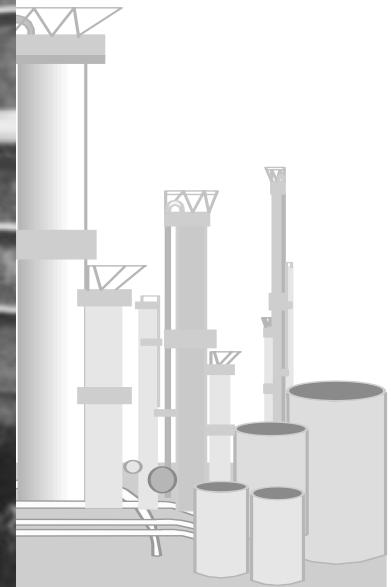
Образование облаков ТВС (ж/д под Уфой)





Примеры природных и техногенных выбросов

Образование облаков ТВС (ж/д под Уфой)





Состояние транспортируемой среды

- *газ (магистральные газопроводы)*
- *стабильная жидкость (магистральные нефтепроводы)*
- *нестабильная жидкость (конденсатопроводы)*
- *среда «жидкость + газ» (трубопроводы неразделенной продукции скважин)*





Особенности моделирования трубопроводов «газ+жидкость»

- *уже в трубопроводе присутствует многофазность (в широком диапазоне от пузырькового режима до режима «газ+капли»)*
- *хорошо сжимаемая среда (затруднено обнаружение)*
- *выброс «нагружен» жидкой фракцией*
- *расслоение в трубопроводе с образованием жидких «карманов» и газовых «подушек»*
- *долгое существование высоких давлений*





Учитываемые процессы (при моделировании выброса)

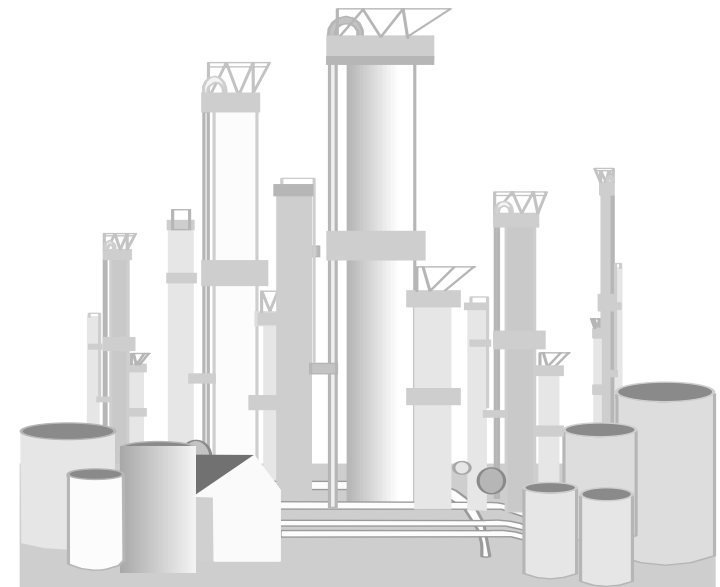
- *Волновые процессы*
- *Трение*
- *Рельеф*
- *Многофазность (обменные процессы в потоках, фронты вскипания, запирание потока, расслоения, пробки ...)*
- *Конструктивные и эксплуатационные особенности, особенности сценария*
- *Прохождение под водой (противодавление, различные условия запирания, подъем в воде с глубины)*
- *Сложность обнаружения утечек*





Подход к моделированию

Прямое численное моделирование



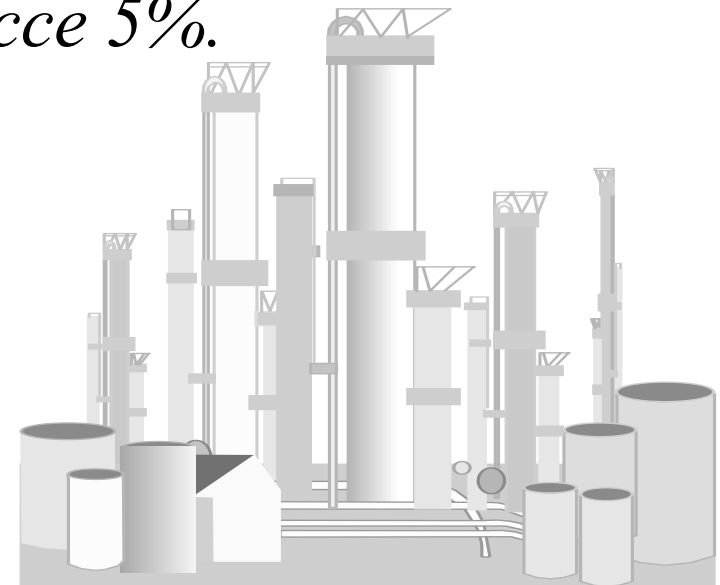


Два трубопровода

Давление на входе 80-85 атмосфер:

1 вариант - диаметр 400 мм; протяженность 79км; содержание газа 50% по массе;

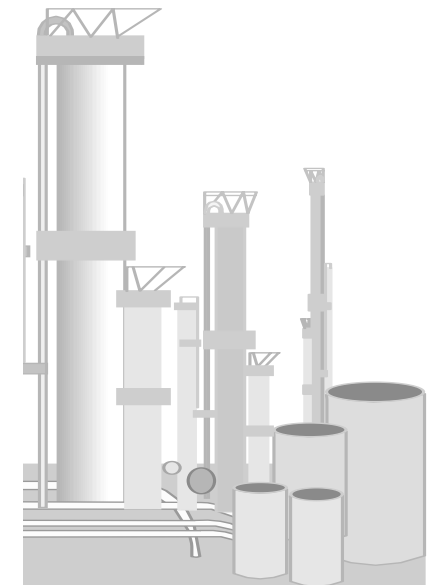
2 вариант – диаметр 500 мм; протяженность 25 км; содержание газа по массе 5%.





Расчеты трубопровода по варианту 1 (профиль трассы)

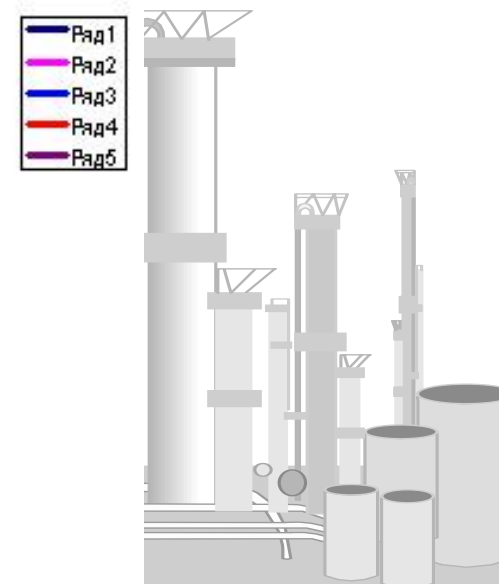
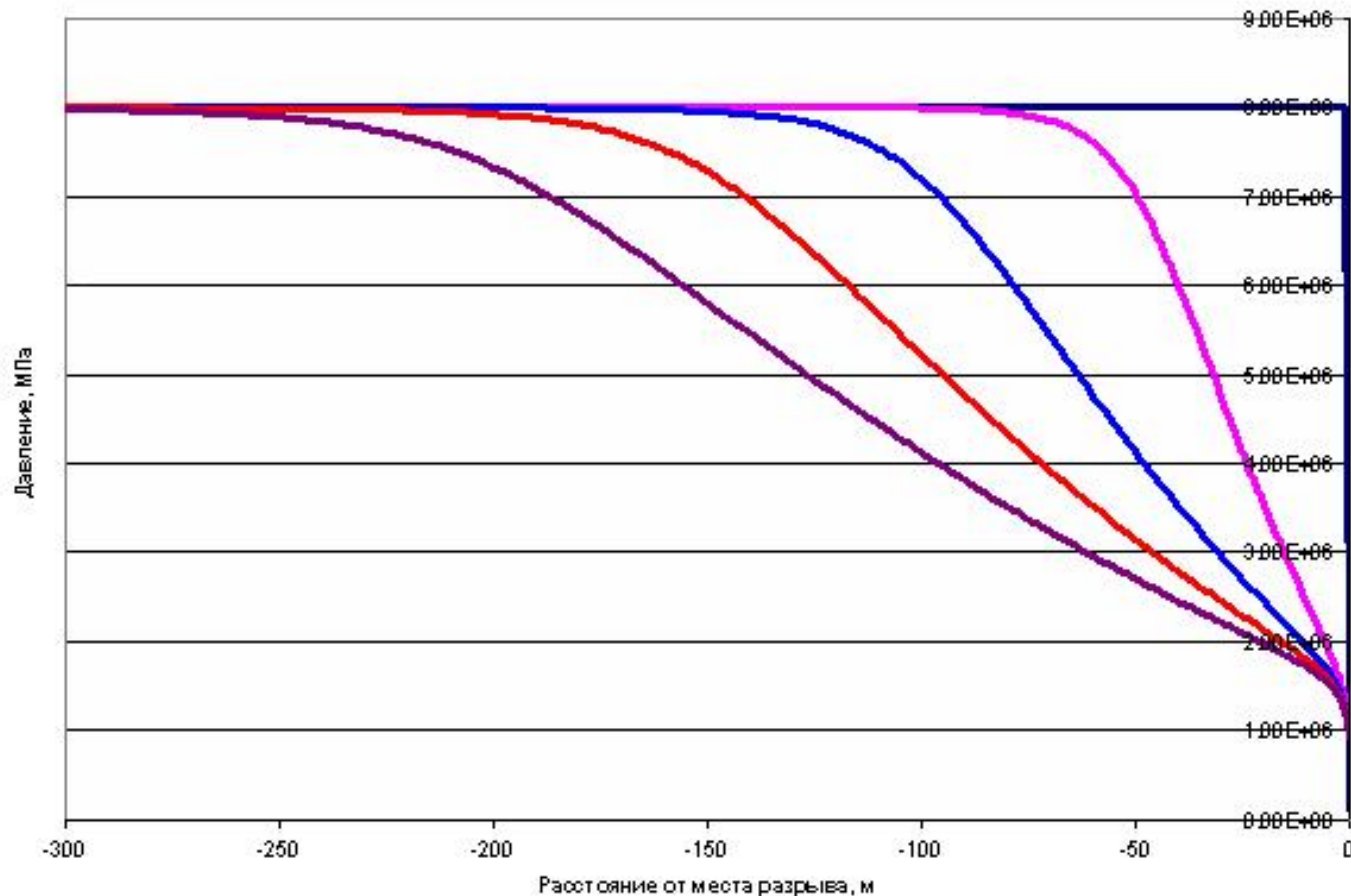
Профиль трассы





Расчеты трубопровода по варианту 1 (гильотинный разр.)

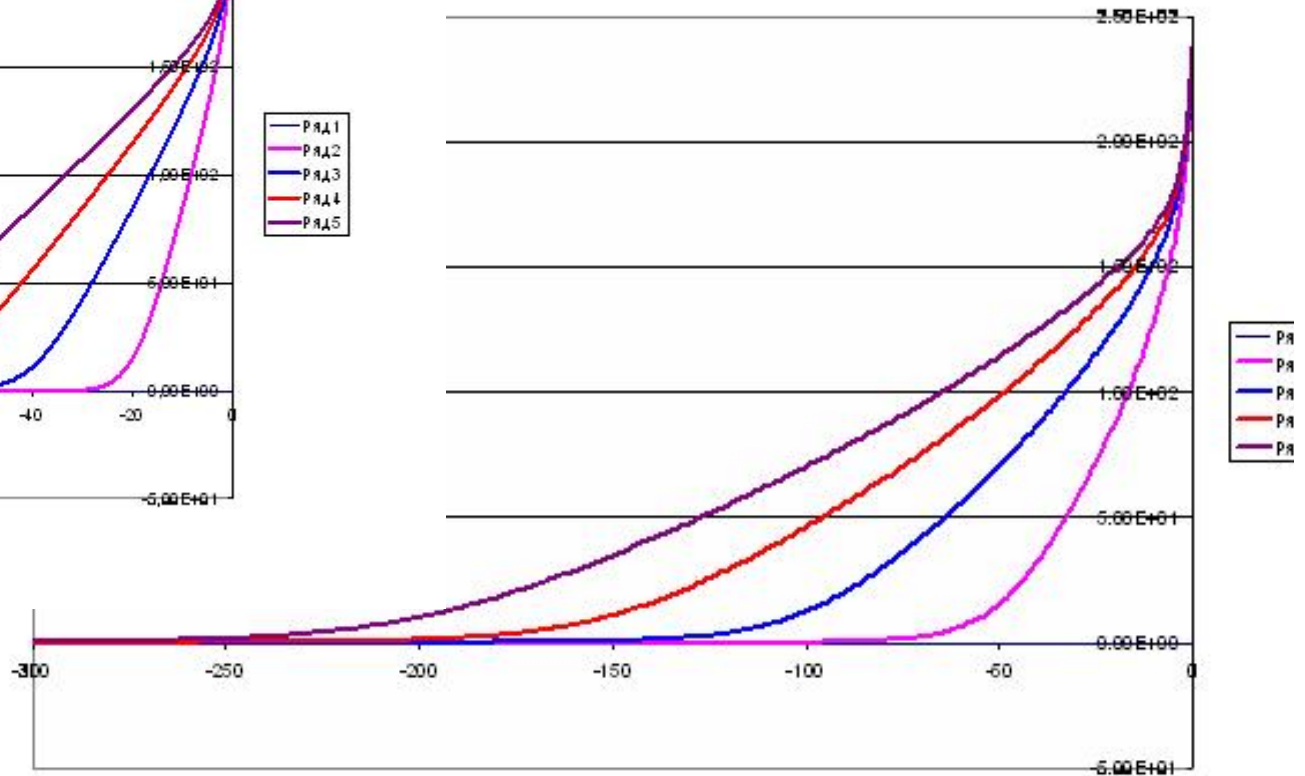
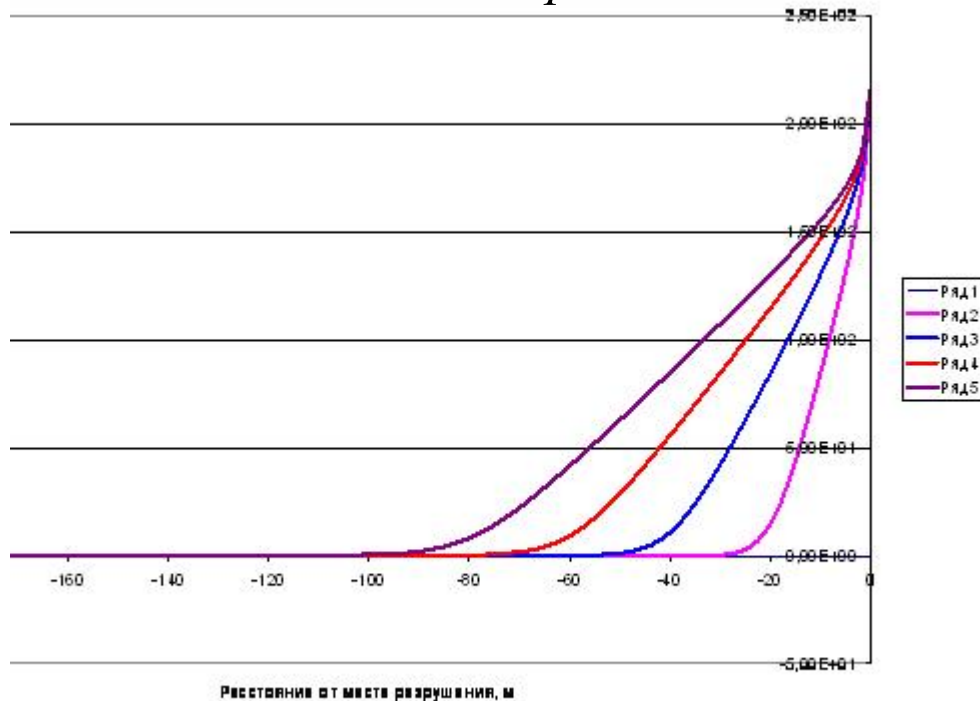
Давление через 0,1 с (скорость волны ок. 500 м/с)





Расчеты трубопровода по варианту 1 (гильотинный разр.)

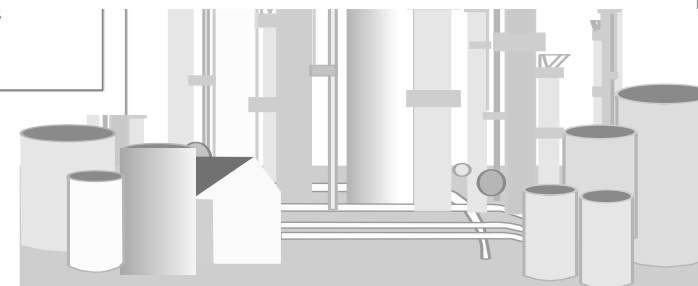
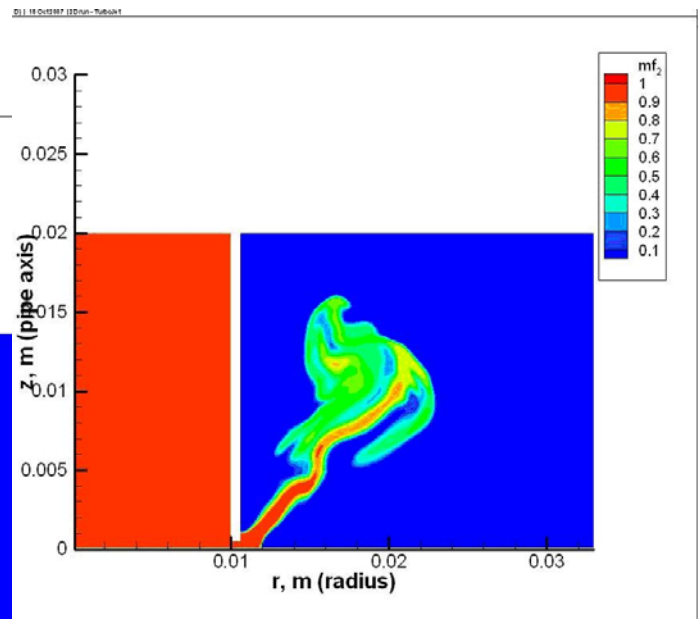
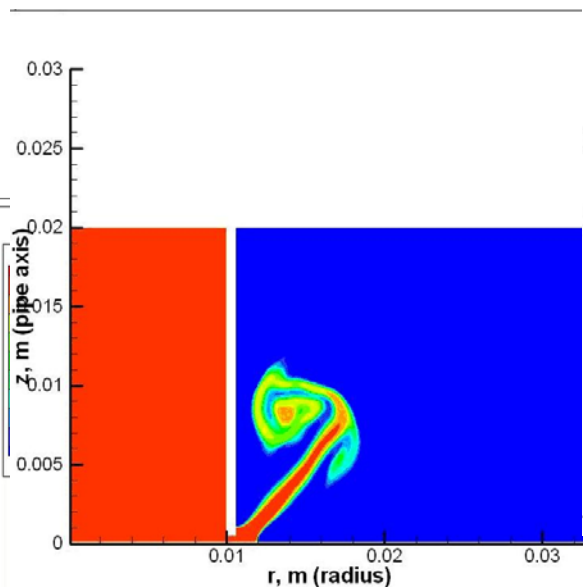
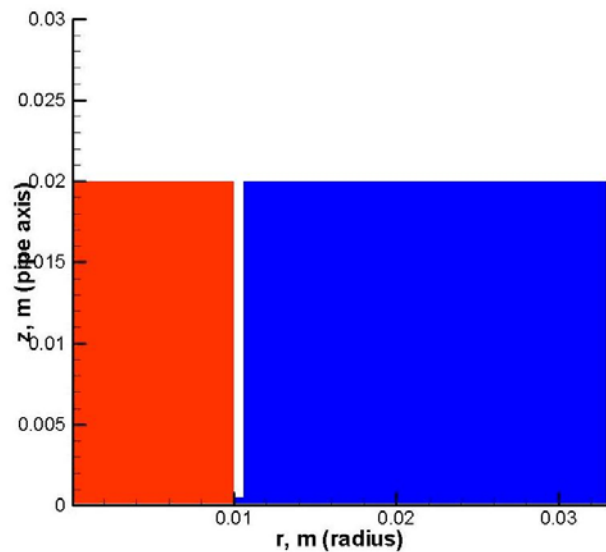
Скорость газа и жидкости через 0,1 с





Расчеты трубопровода по варианту 1 (свищ)

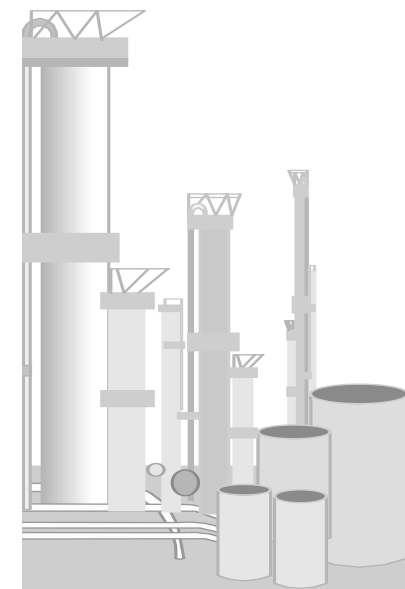
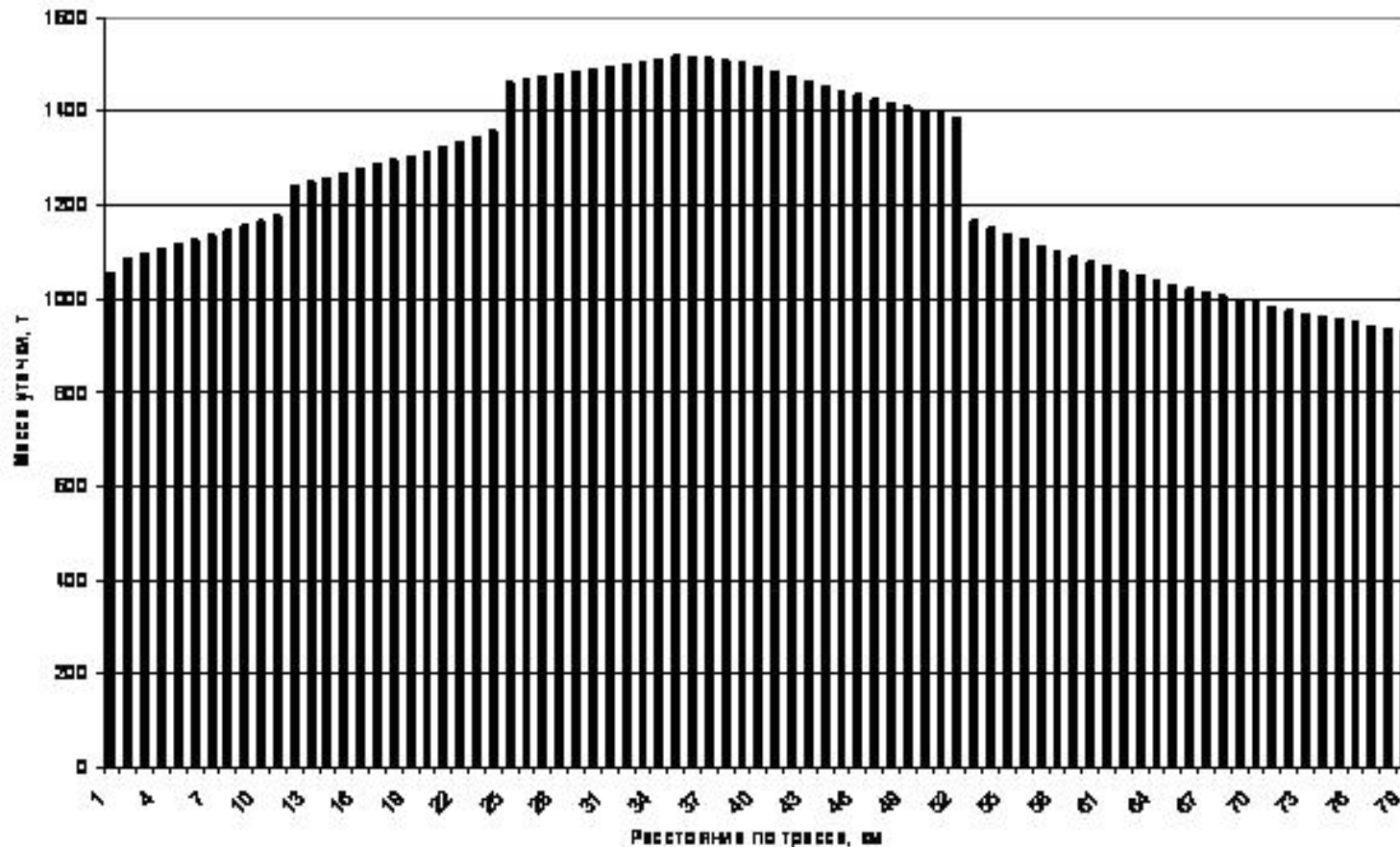
газ через 1 мс





Расчеты трубопровода по варианту 1 (гильотинный разр.)

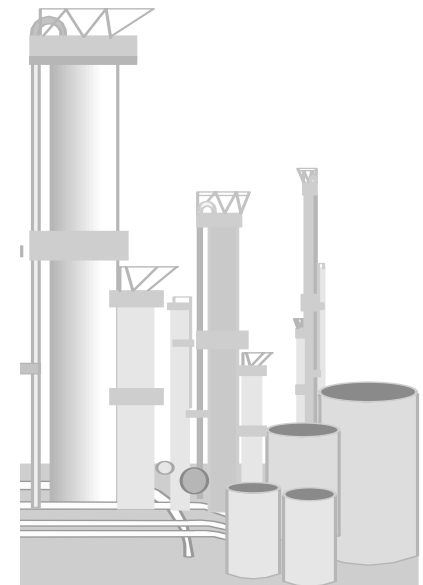
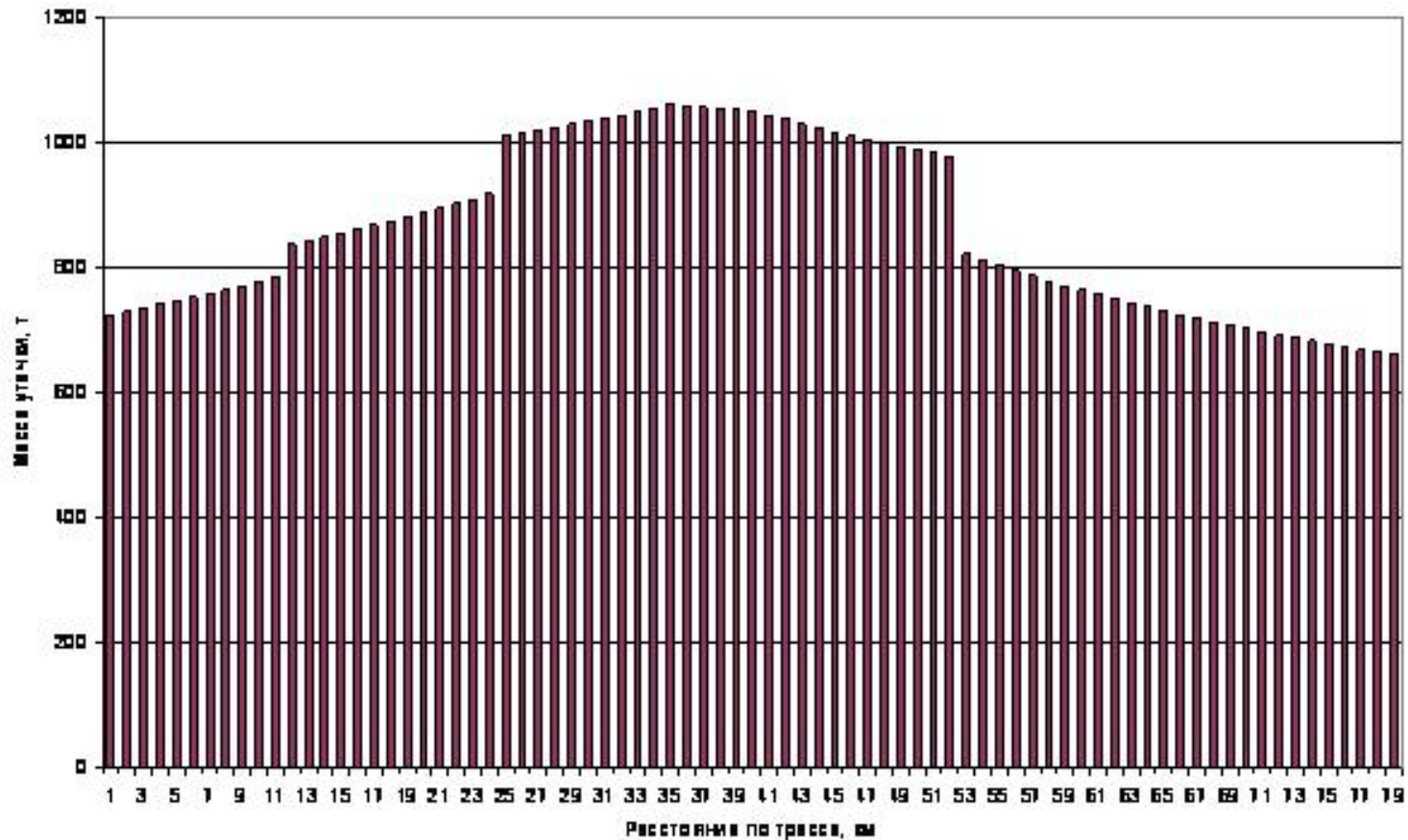
Масса утечки жидкость+газ





Расчеты трубопровода по варианту 1 (гильотинный разр.)

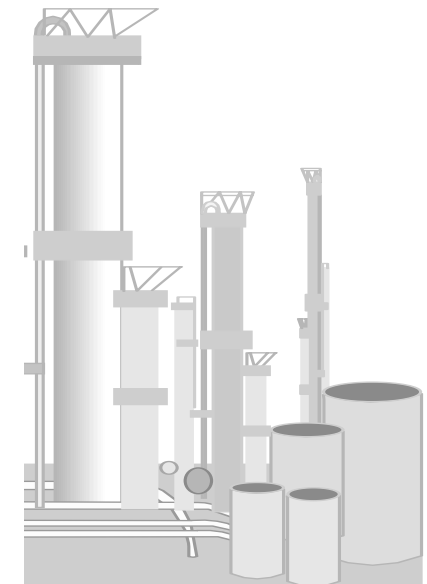
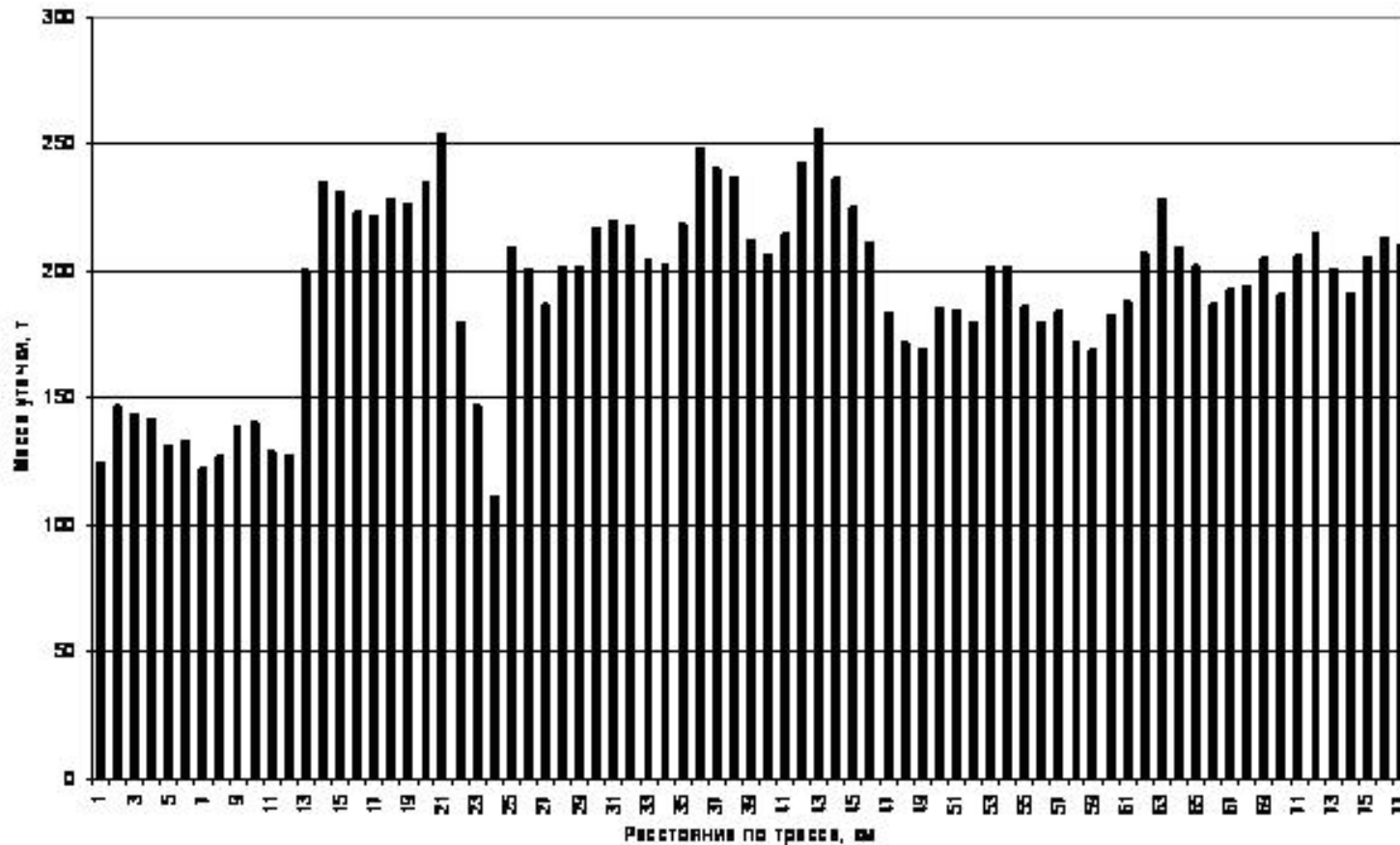
Масса утечки жидкость





Расчеты трубопровода по варианту 1 (свищ)

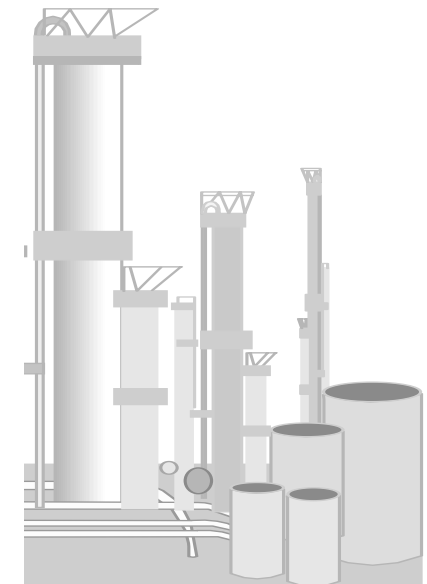
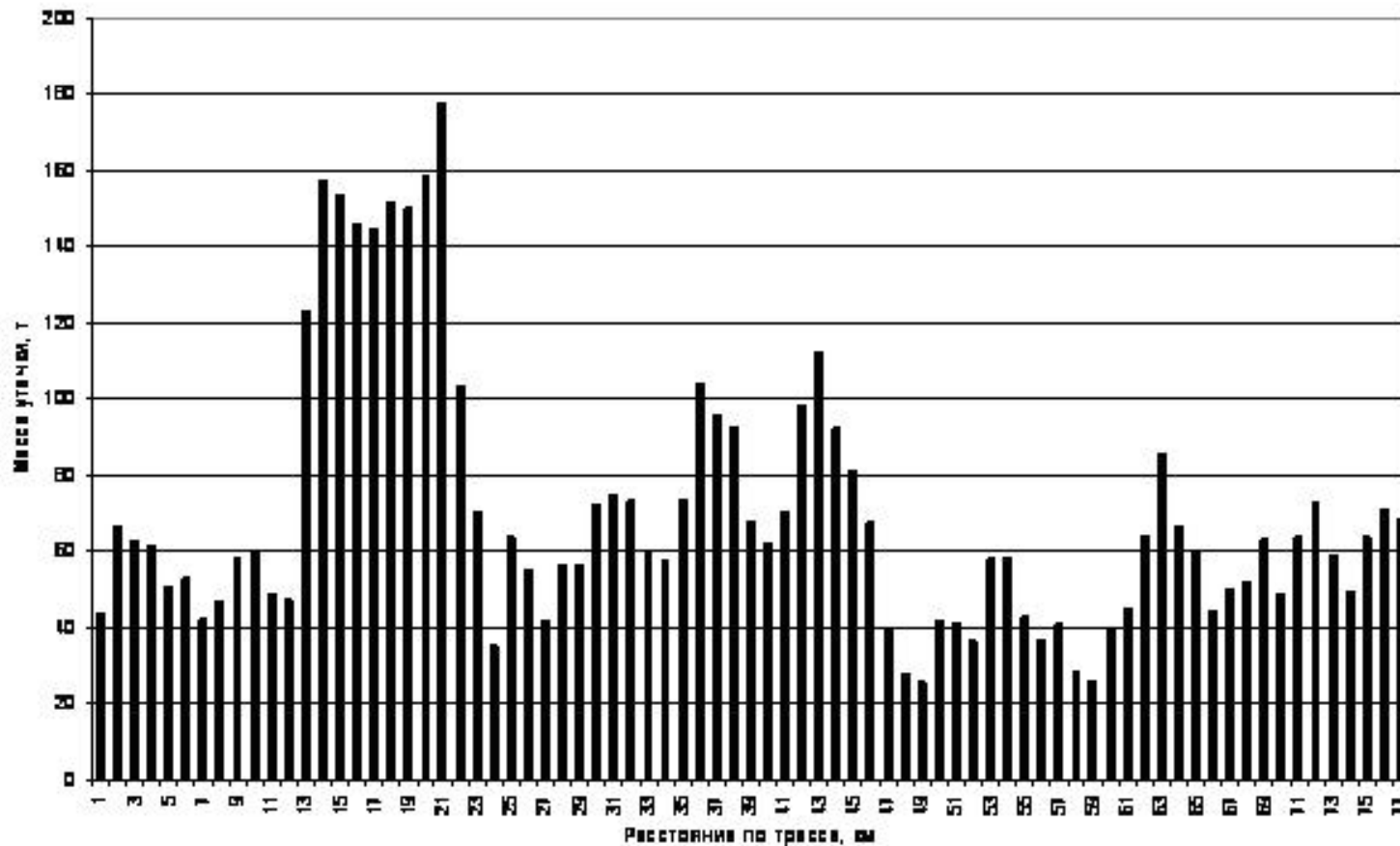
Масса утечки жидкость+газ





Расчеты трубопровода по варианту 1 (свищ)

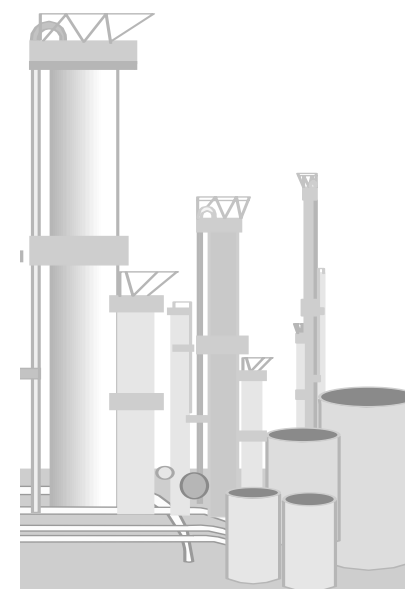
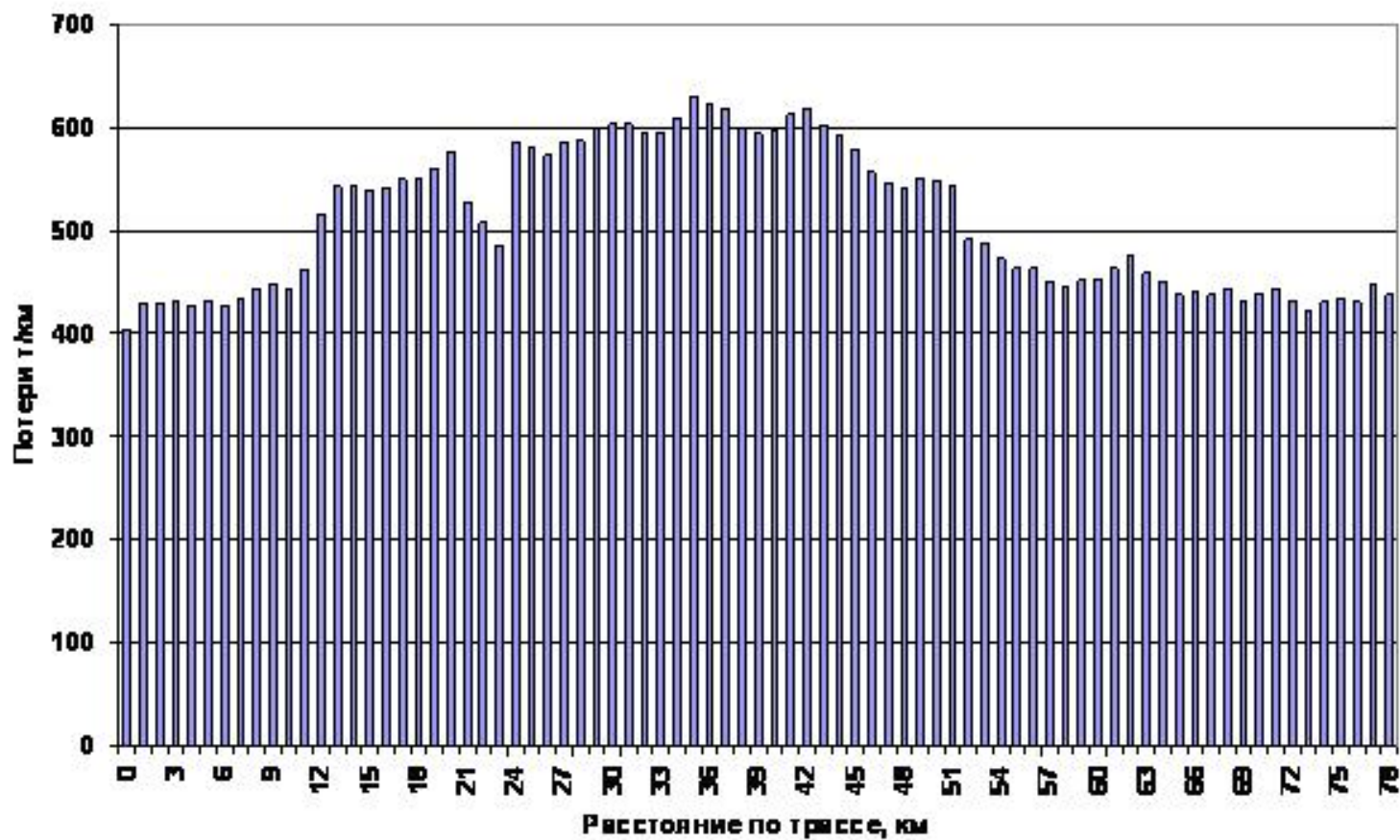
Масса утечки жидкост





Расчеты трубопровода по варианту 1 (осредн)

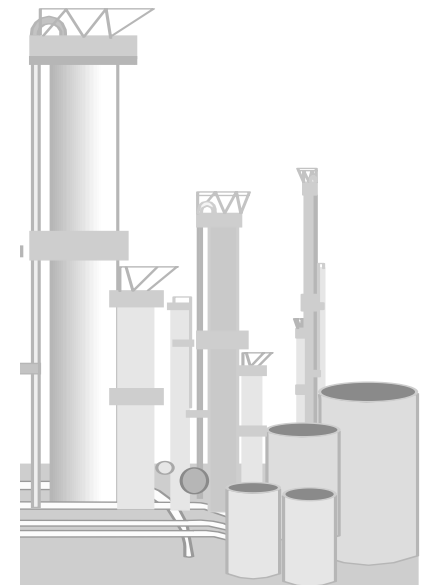
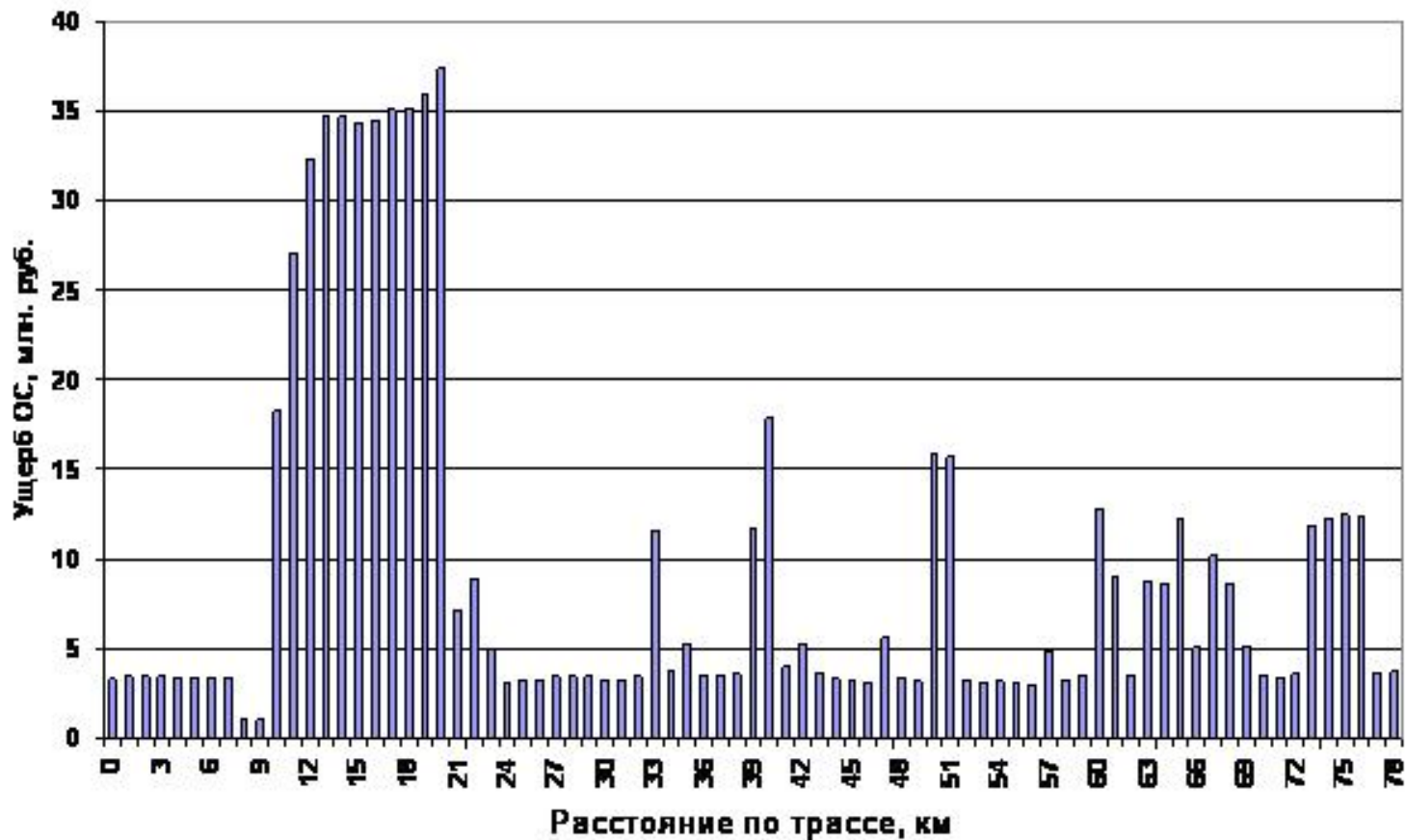
Масса жидкость+газ осреднен





Расчеты трубопровода по варианту 1 (ущерб эк.)

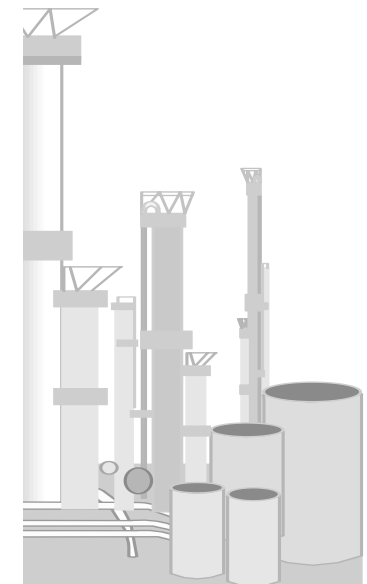
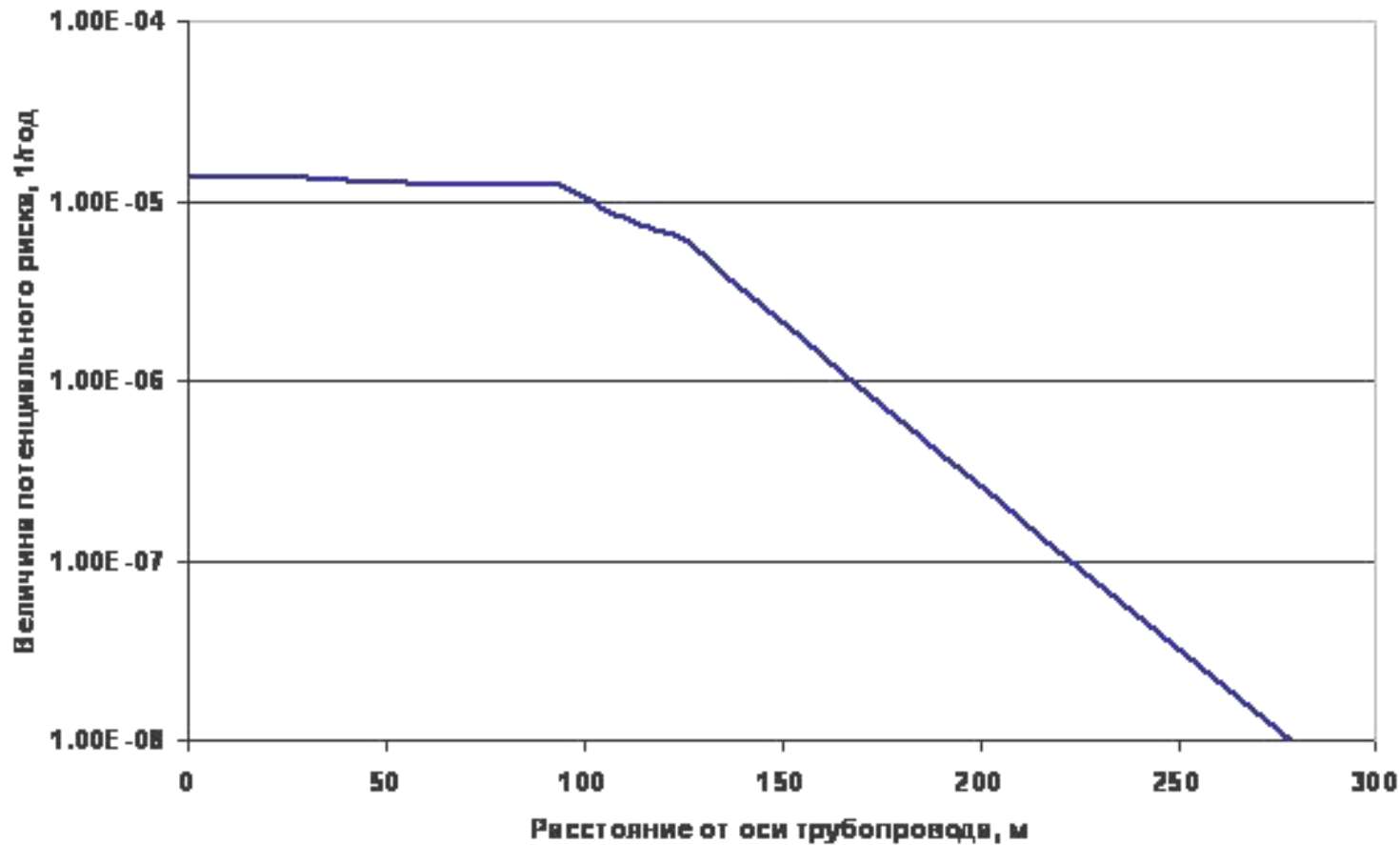
Масса утечки жидкость





Расчеты трубопровода по варианту 1 (зоны пораж)

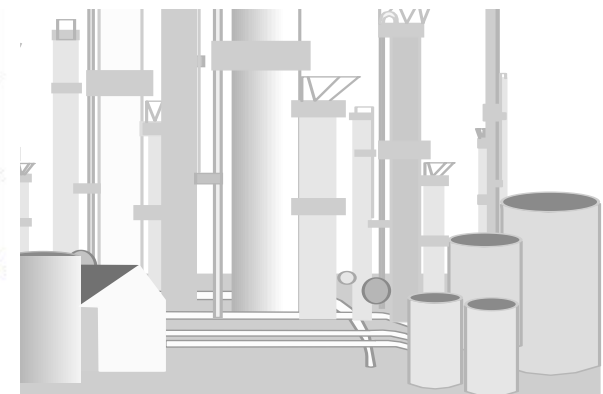
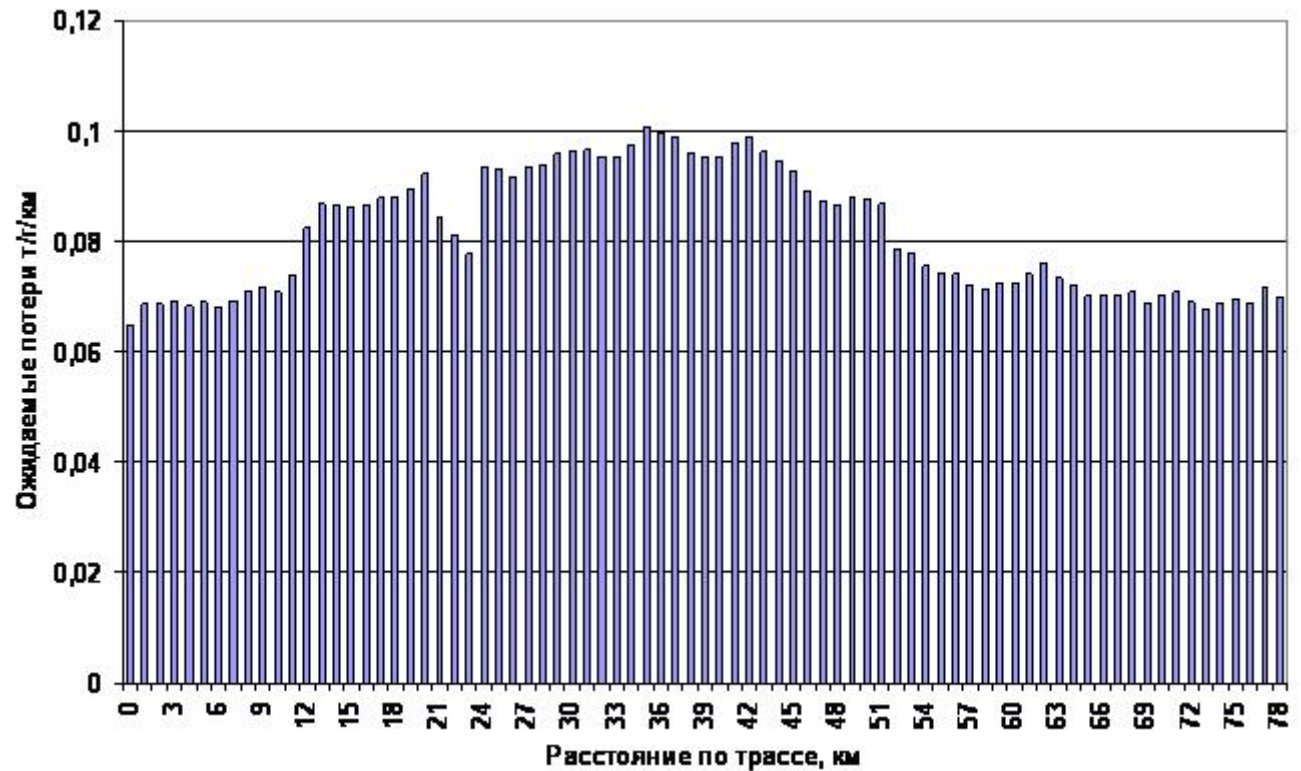
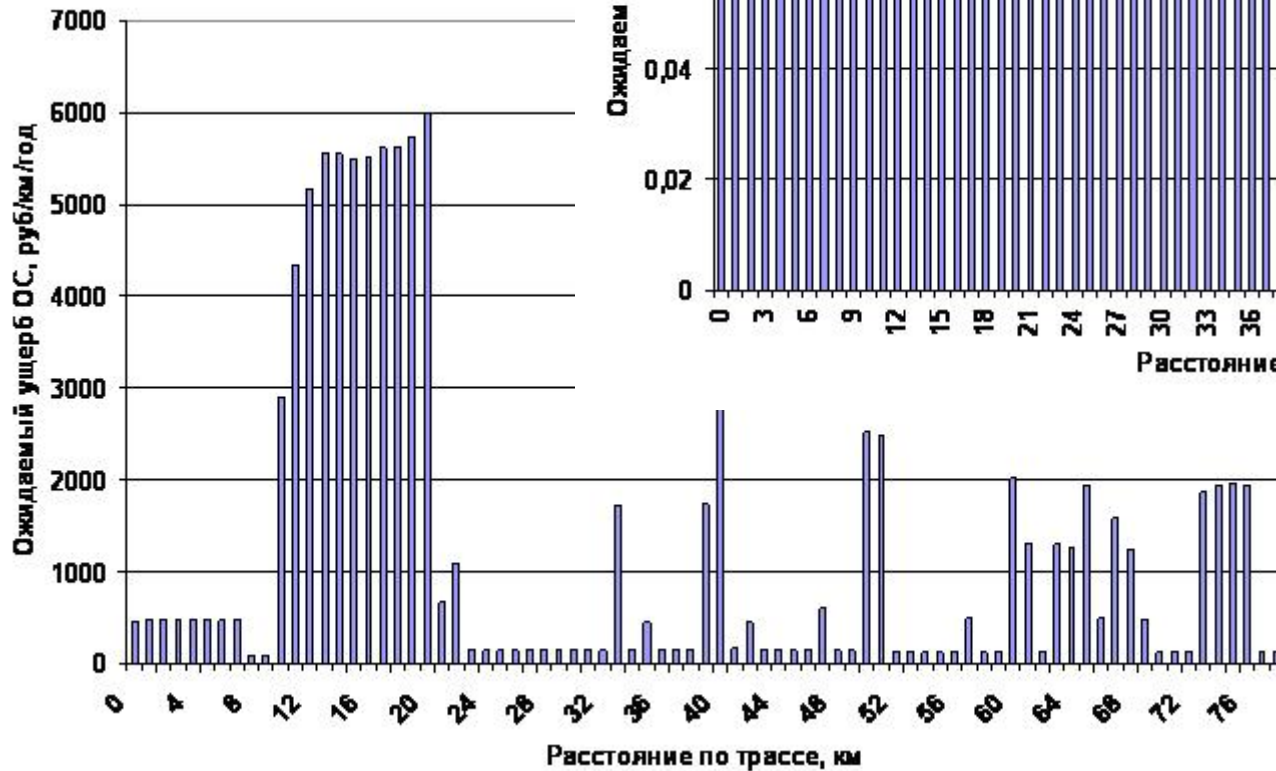
Факел 249-329 м, пожар в котловане 154-203 м





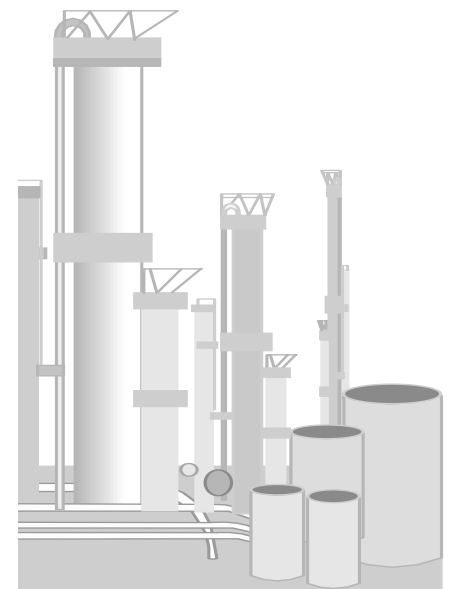
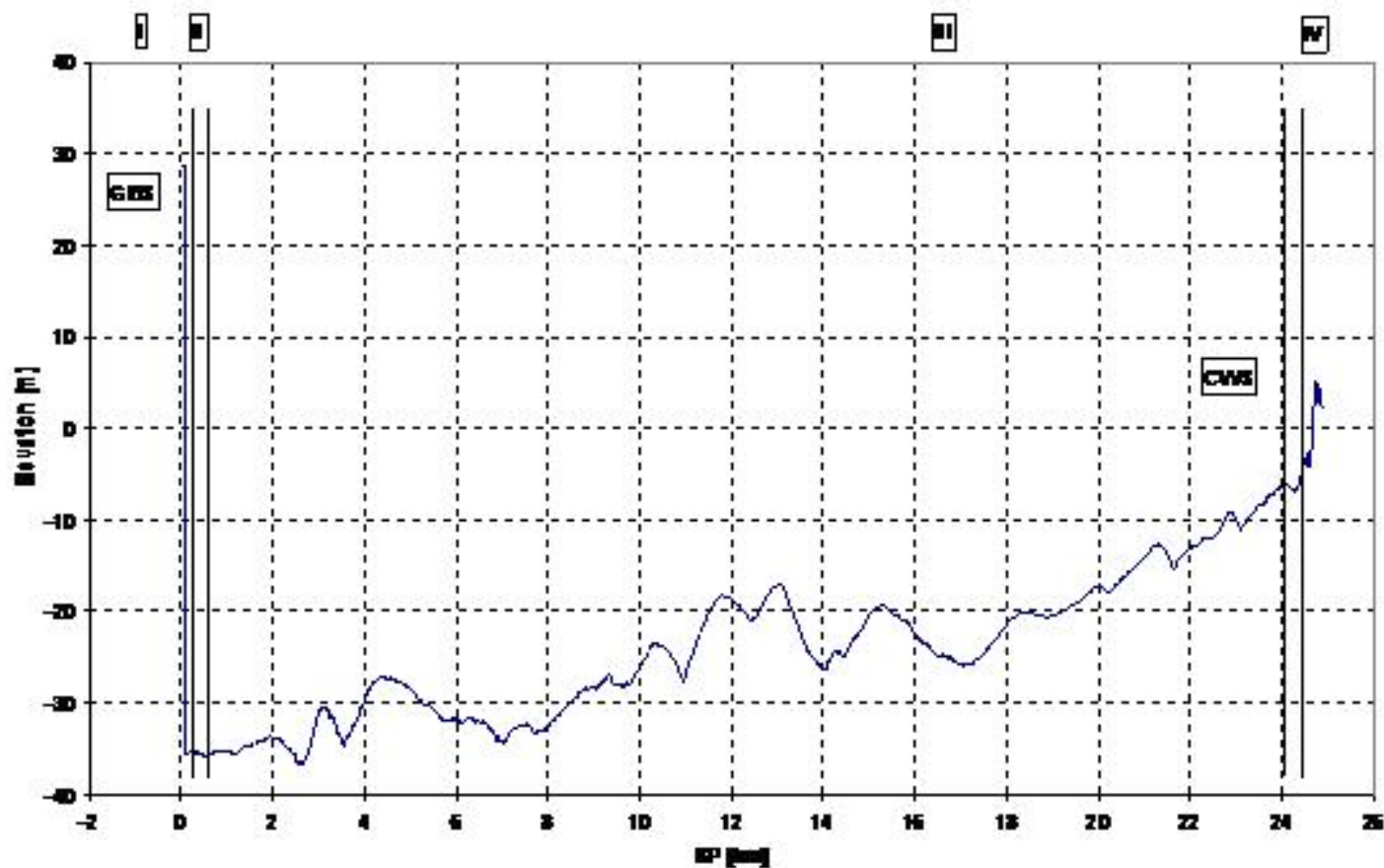
Расчеты трубопровода по варианту 1 (ожд. ущербы)

*Ожидаемые
ущербы*





Расчеты трубопровода по варианту 2 (профиль)

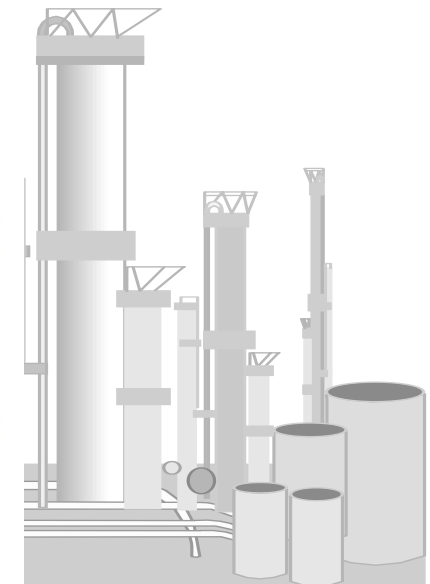
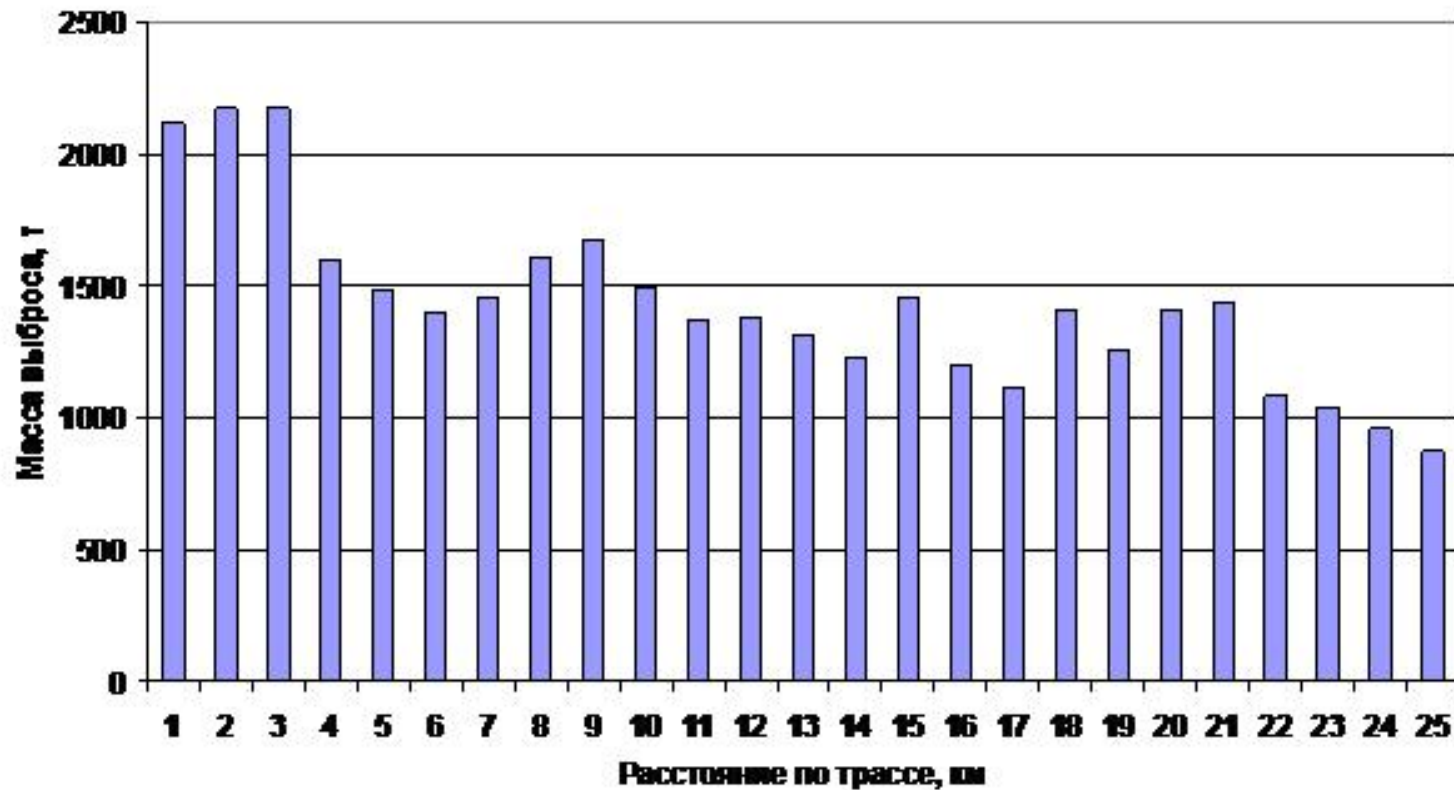




Расчеты трубопровода по варианту 2 (гильотин. разрыв)

Утечки жидкость + газ

Гильотинный разрыв (жидк. + газ)

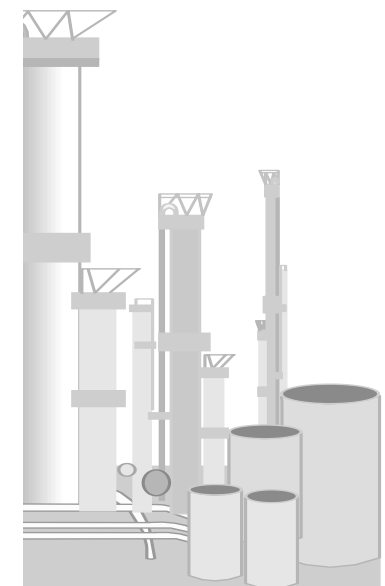
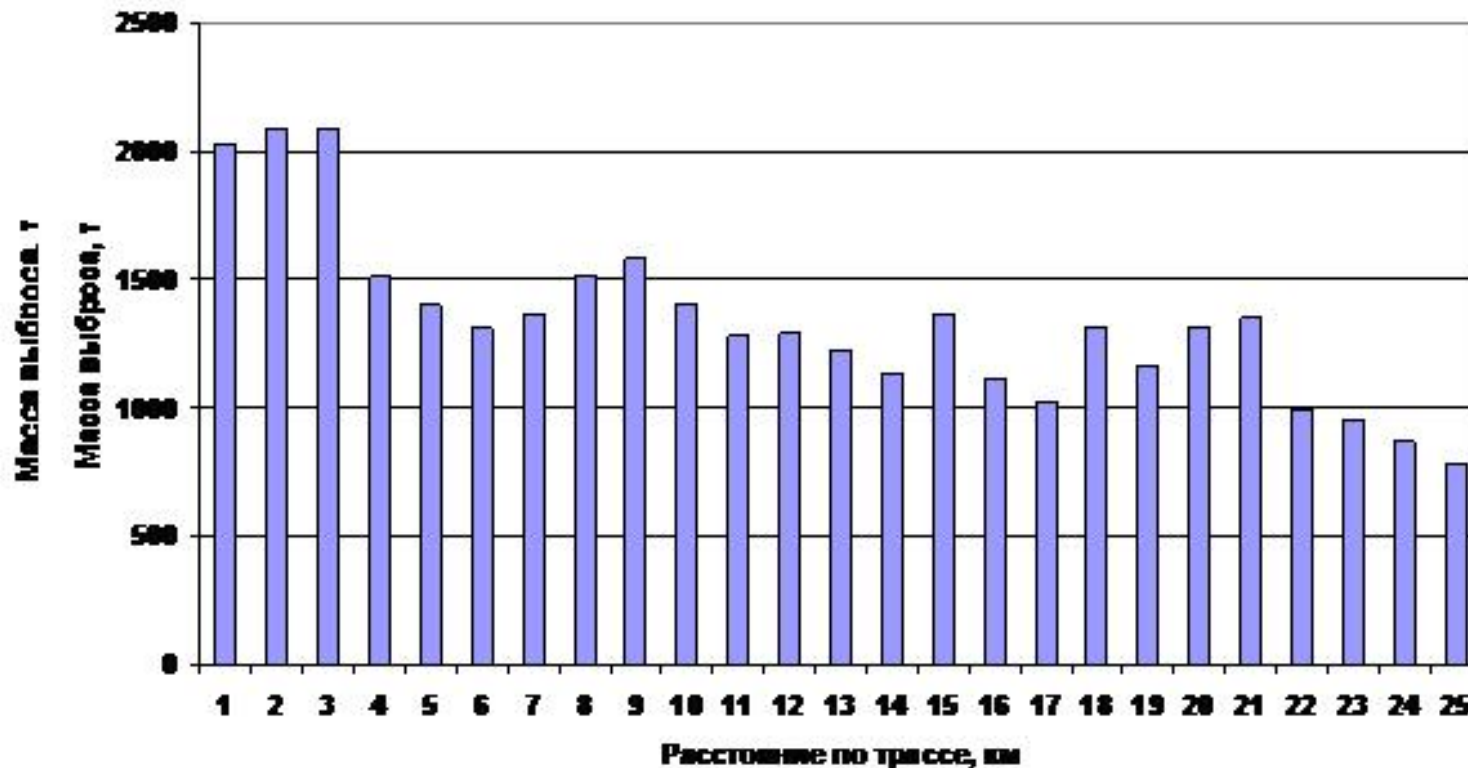




Расчеты трубопровода по варианту 2 (гильотин. разрыв)

Утечки жидкость

Гильотинный разрыв (жидк.)

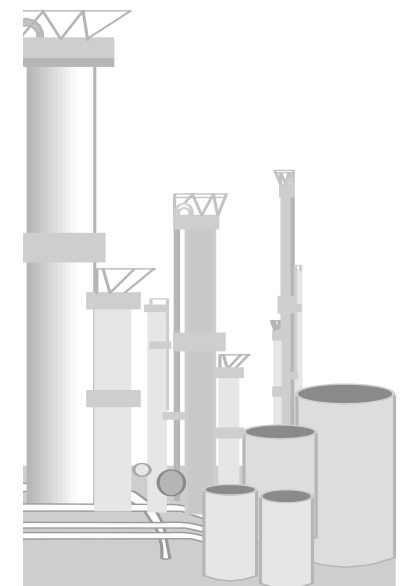
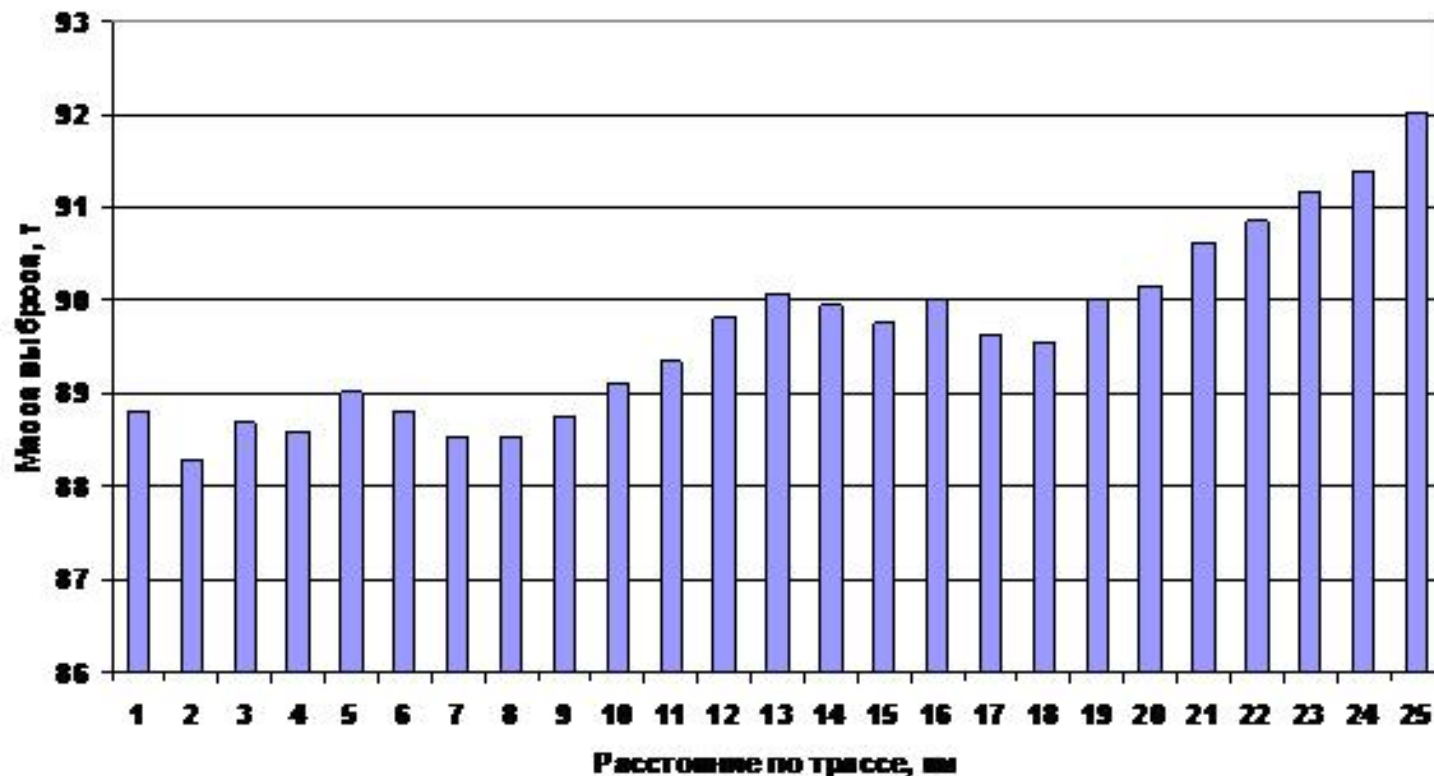




Расчеты трубопровода по варианту 2 (гильотин. разрыв)

Утечки газ

Гильотинный разрыв (газ)

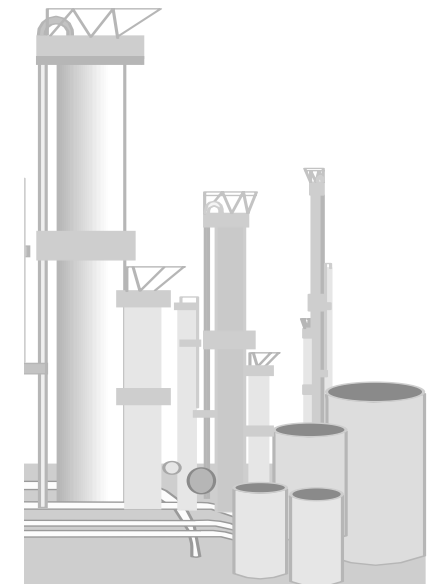
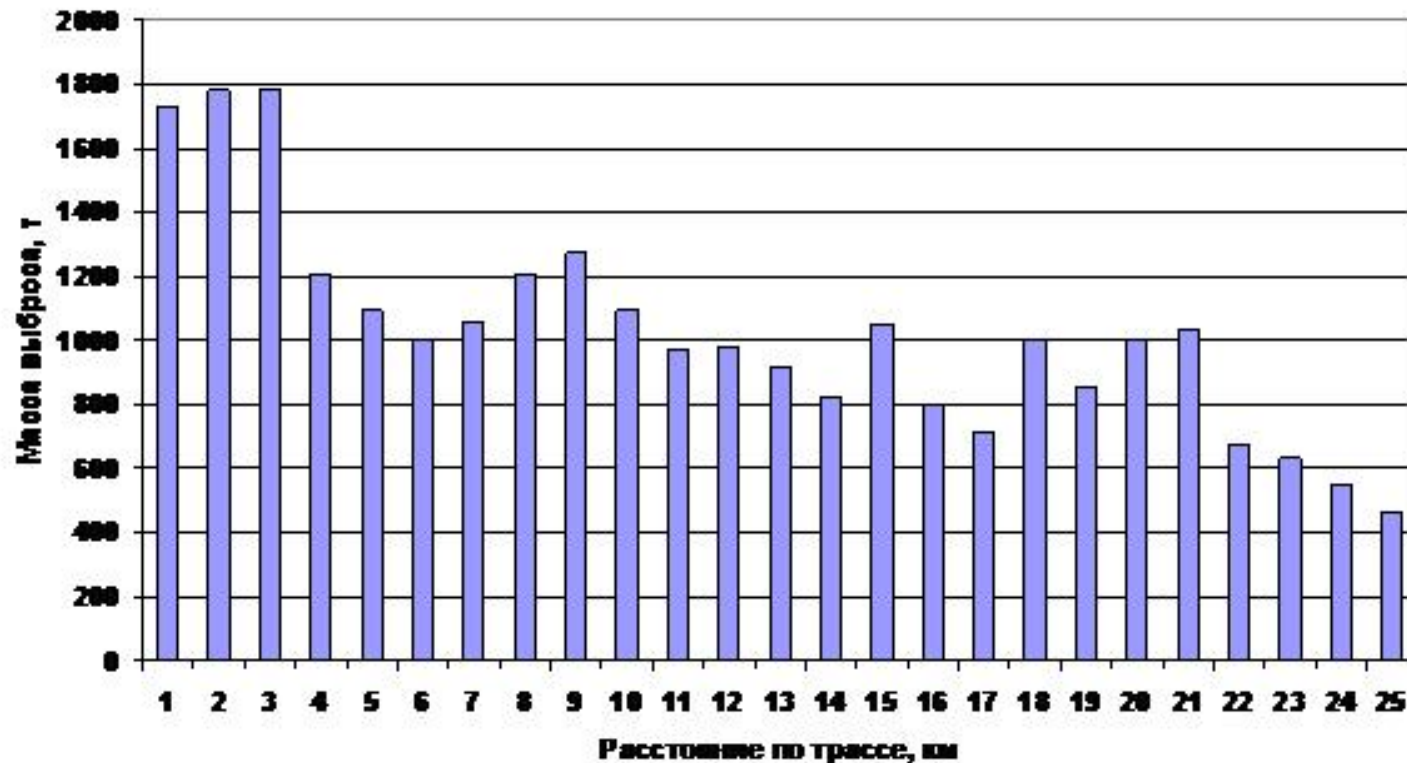




Расчеты трубопровода по варианту 2 (свищ)

Утечки жидкость+газ

Свищи (жидк. + газ)

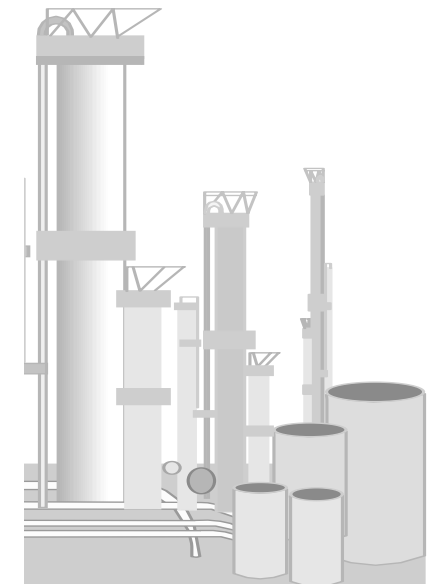
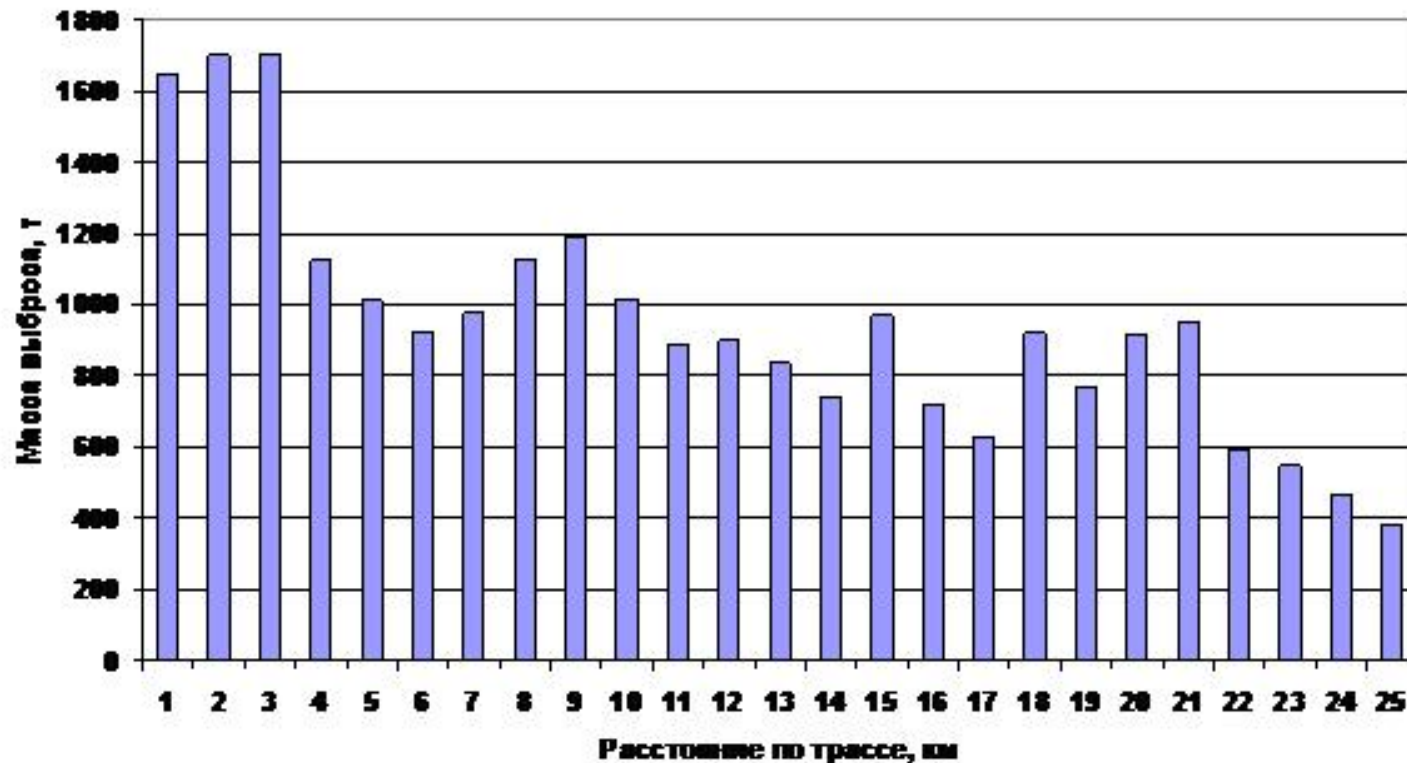




Расчеты трубопровода по варианту 2 (свищ)

Утечки жидкость+газ

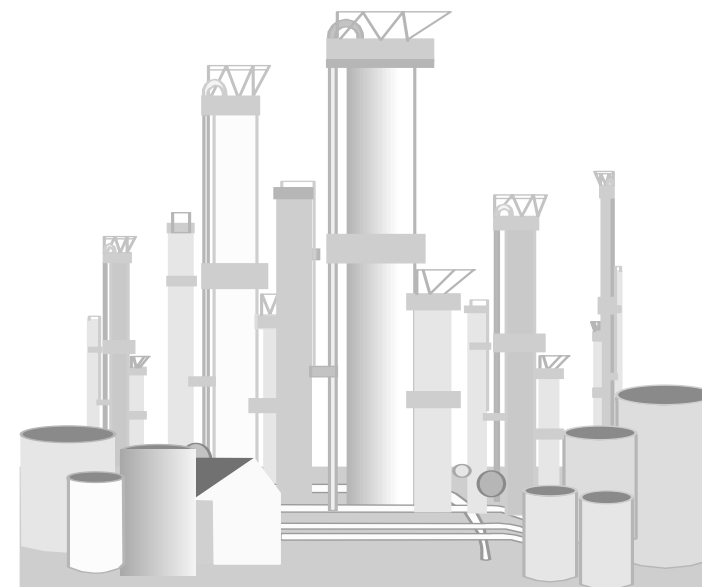
Секция (модуль)





Расчеты трубопровода по варианту 2 (зоны пораж)

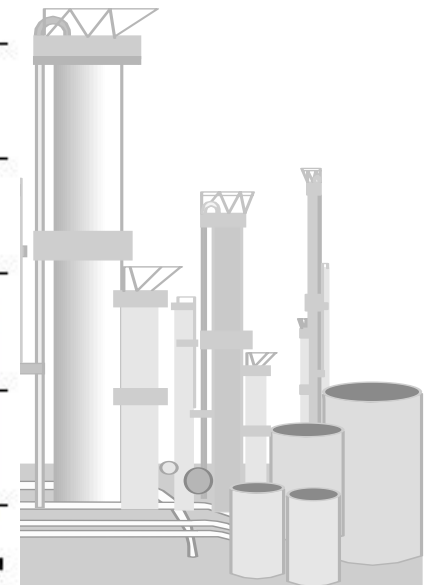
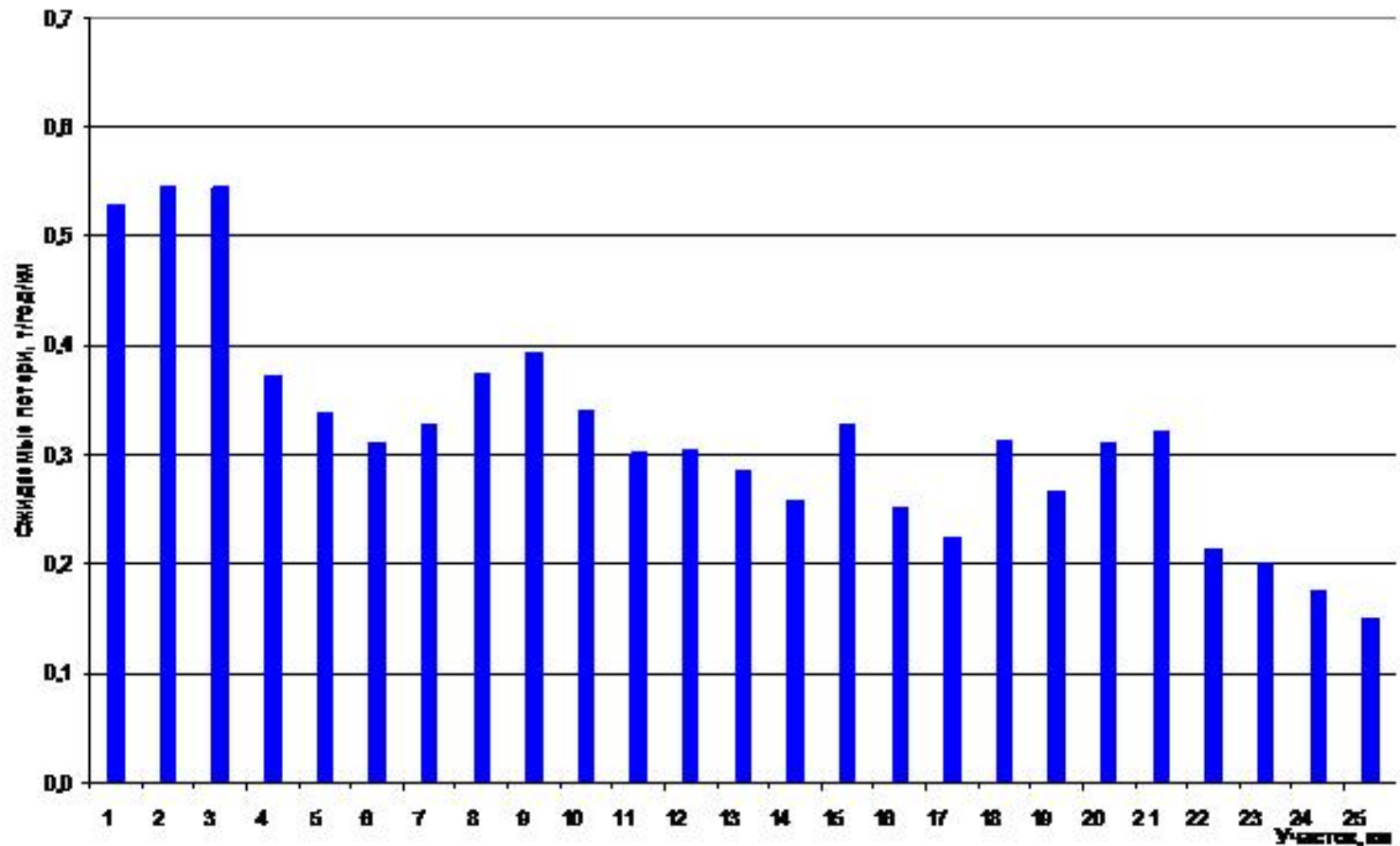
Факел 233 м





Расчеты трубопровода по варианту 2 (ожид. потери)

пролукиии





Сравнение вариантов 1 и 2

- частота , 1/1000 км/год - 0,160 и 0,3
- средняя масса потерь, т - 509 и 1147
- ожидаемые удельные потери, т/год/1000 км 82,3 и 344

