

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Моделирование процесса
образования и перемещения облака
при истечении СПГ из аварийных
отверстий и трубопроводов.

Чайка Иван
W4205

Санкт-Петербург, 2019

Цели и задачи



Основными целями работы являются: разработка методики расчета параметров пятна пролива, облака природного газа, определение пожаровзрывоопасной зоны.





Цели и задачи



Задачами работы

- Исследовать аналоги разрабатываемой методики;
- Описать физическую картину явления;
- Произвести математическое описание процессов;
- Разработать алгоритм и реализовать компьютерную программу;
- Провести расчеты, проанализировать результаты.



Исследование возможных утечек

- Расчеты с применением общепринятых программных продуктов CFD-моделирования (вычислительная динамика жидкости и газа) таких как DEGADIS, BLEVE, VCE, RPT: GASTAR и др. приводят к разнице в определении расстояния от точки разлива до границы зоны опасной концентрации до 2 раз.
- Ряд исследователей (Italian Association of Chemical Engineering (AIDIC)) утверждают, что средства вычислительной динамики жидкостей и газа пока не могут полностью заменить расчетные инженерные методы



Возможные опасные ситуации:

- Утечки СПГ при повышенном давлении (из трубопроводов отгрузки);
- Утечки СПГ при атмосферном давлении (из резервуаров хранения или из трубопроводов загрузки резервуаров);
- Утечки СПГ в воду;
- Резкое повышение давления в резервуаре хранения из-за самопроизвольного перемешивания СПГ (Rollover).

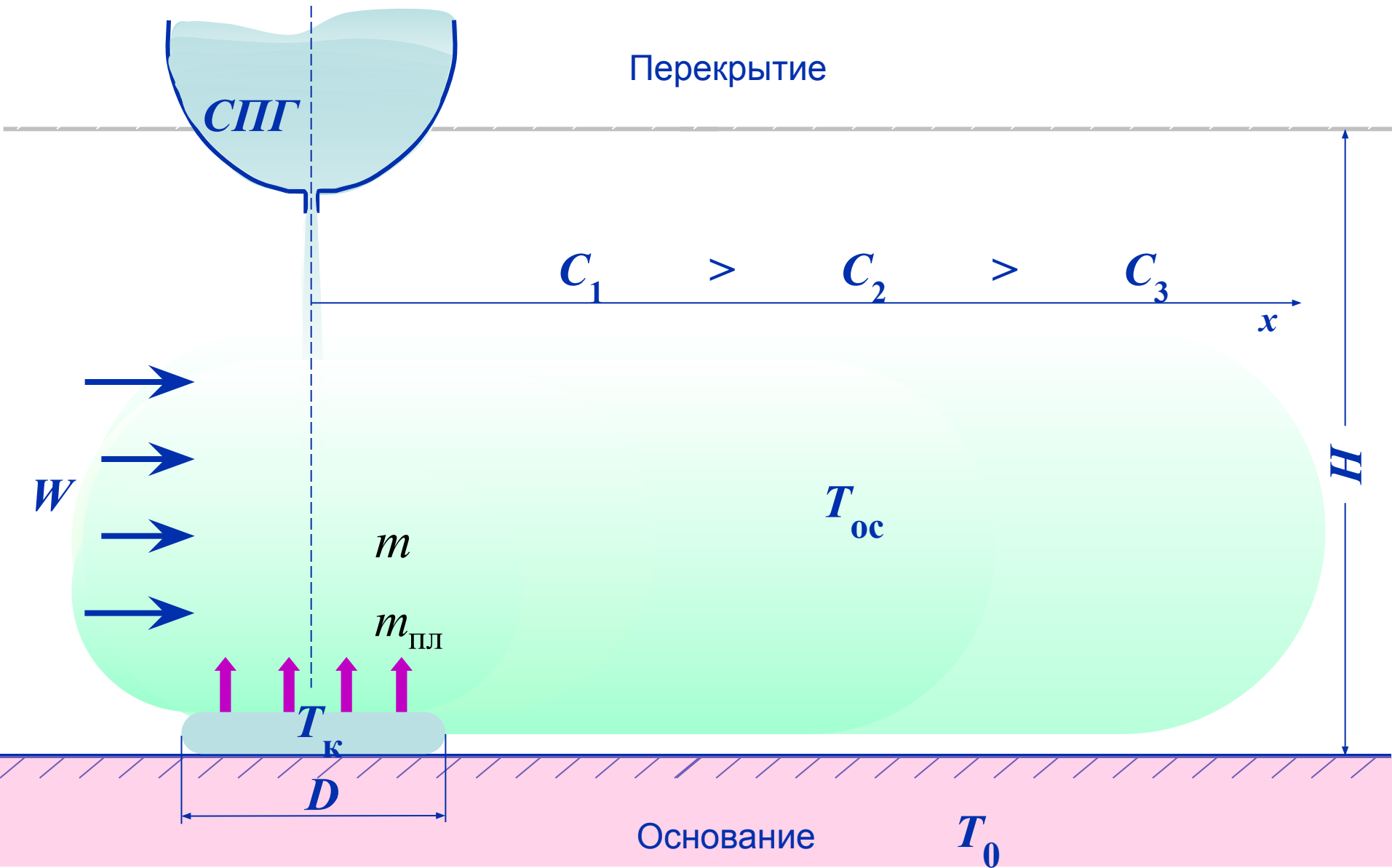


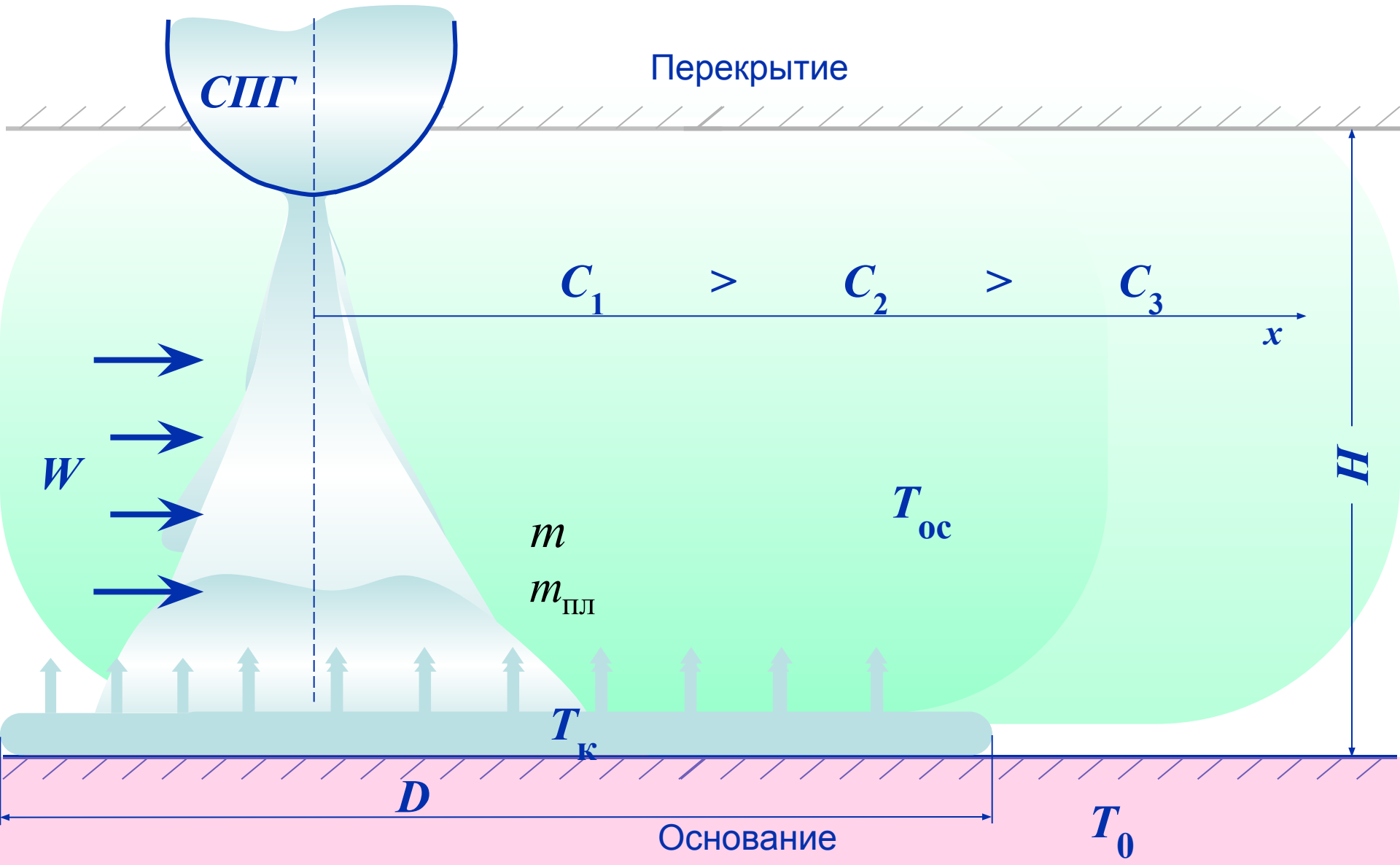


Методика расчета утечек должна учитывать:

- Скорость истечения и объем протечки СПГ;
- Свойства, в том числе температуру, поверхности пролива;
- Скорость ветра;
- Ограничение площади пролива.

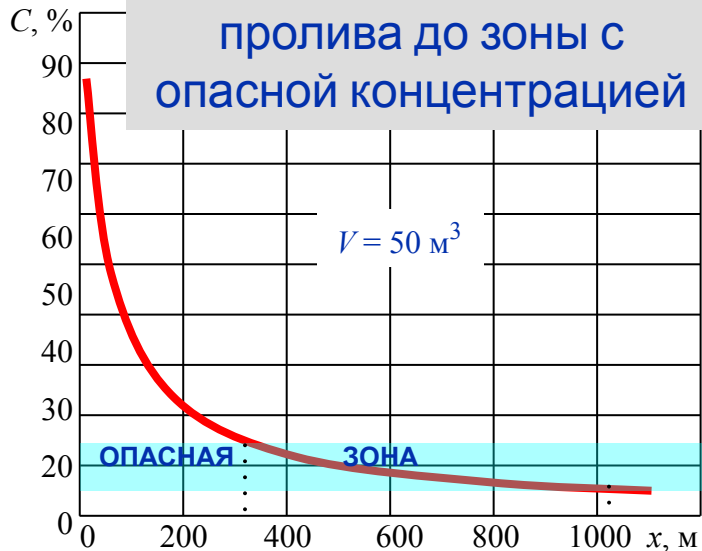




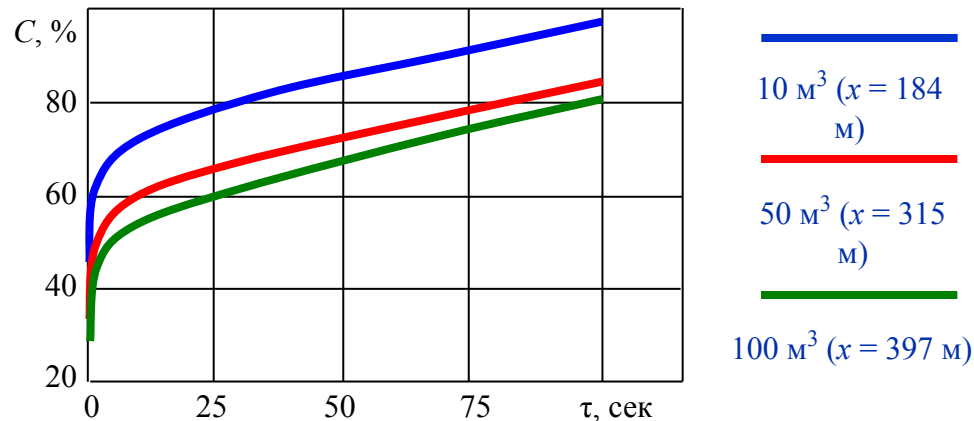




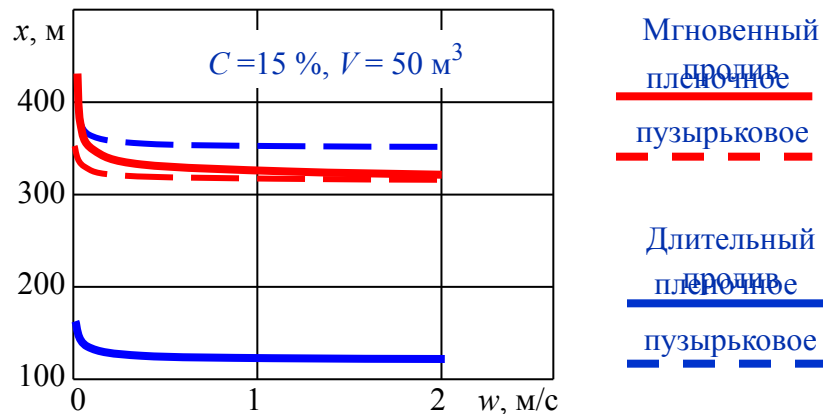
Расстояние от точки пролива до зоны с опасной концентрацией



Динамика изменения концентрации на границе облака в зависимости от объема вылившегося СПГ



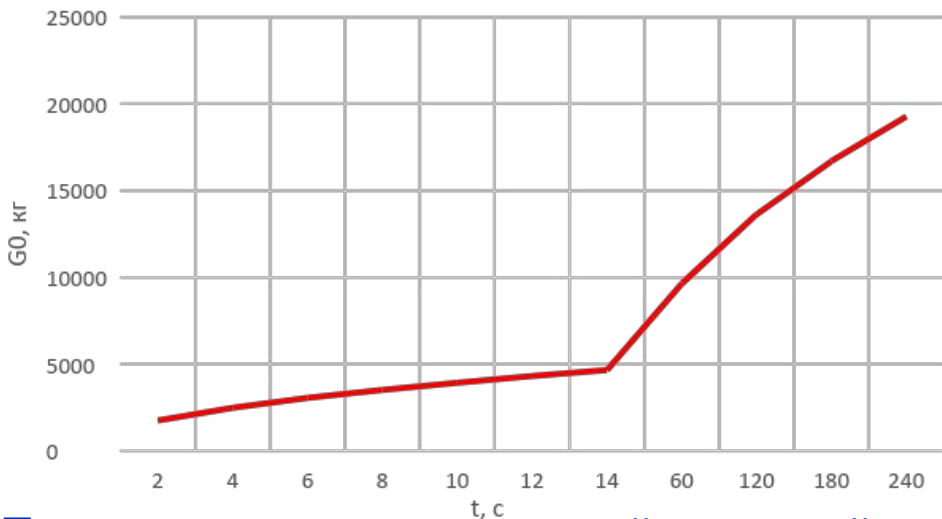
Влияние скорости ветра на расстояние до пожароопасной зоны



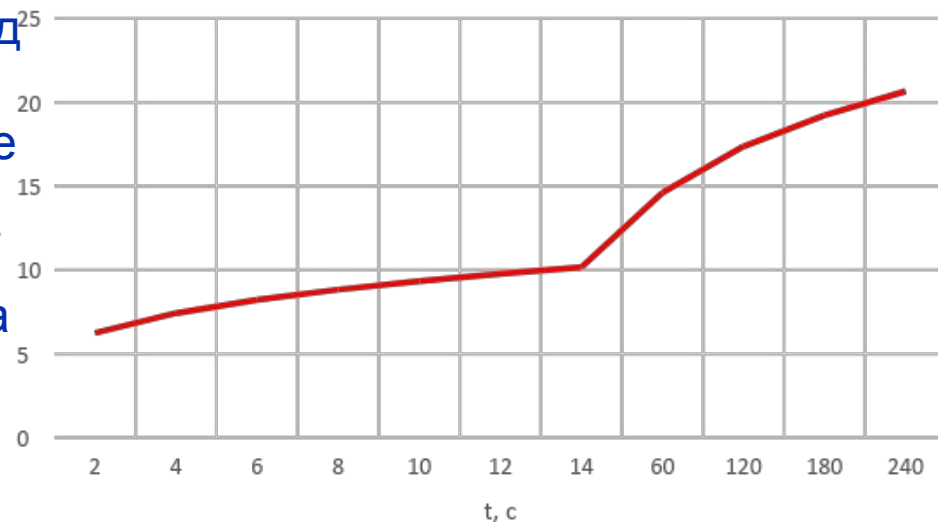
Пусть трубопровод СПГ имеет повреждение диаметром 250 мм. СПГ вытекает в пространство, ограниченное верхней палубой опорного основания и промежуточной палубой такой же формы. Боковая поверхность этой призмы может быть открыта и все пространство между верхней палубой опорного основания и промежуточной палубой высотой 8 м может продуваться, а может быть зашита панелями (проницаемыми или непроницаемыми). Длительность истечения 15 минут. За это время из трубопро

Показатель	Значение
Условия	Нормальные
Пролитый объем СПГ, м ³	50
Диаметр трубы, м	0.250
Расстояние "пол-потолок", м	8
Скорость ветра, м/с	0
Нач. температура поверхности, К	273
Время пленочного кипения, с	14
Расчетное время истечения, с	900
Минимальная опасная концентрация, %	15

Общая масса испарившегося СПГ



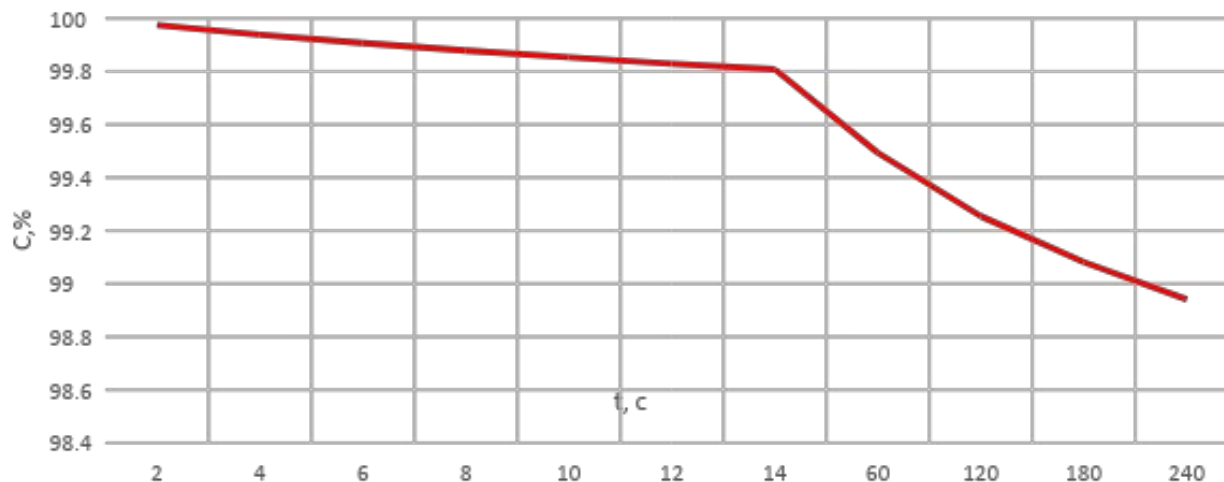
Горизонтальный радиус облака, м



При данных условиях из всей пролитой массы СПГ – 19285 кг за первые 14 секунд испаряется 4658 кг. Полностью СПГ испаряется за время, несколько большее 6 минут. Со 2-й секунды по 14-ю секунду радиус облака увеличивается от 6,2 м до 10,1 м. При этом концентрация метана на границе облака (ядра) за время полного испарения и росте радиуса облака до 20,65 м остается практически максимальной (около 98,9%).



Концентрация СПГ на границе облака, %

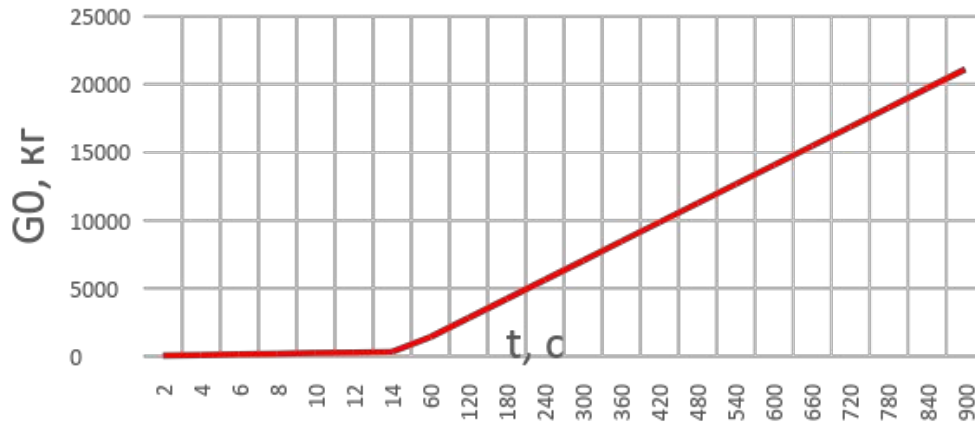


Пролитая масса СПГ, кг	19285
Испарилось при пл. кипении, кг	3297.8
Диаметр площади мгно. разлива, м	68.87
Площадь мгновенного пролива, кв.м	3722.9
Общая масса, испарившаяся за расч. время, кг	37345.6
Объем облака за расч. время, м3	10714.0
Радиус облака по горизонтали, м	20.65
Концентрация смеси на границе облака, %	98.9

Затем при отсутствии ветра будет происходить диффузионное расширение облака с постепенным снижением концентрации. Безопасное расстояние не рассчитывается, т.к. по методике эта величина определяется для случая с наличием ветра.

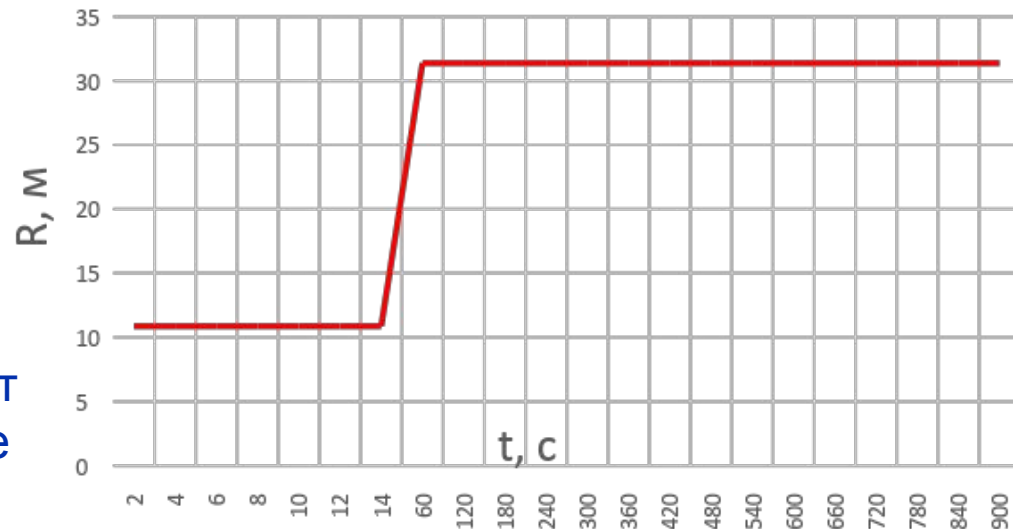


Общая масса испарившегося СПГ



В данном случае истечение происходит равномерно в течение 15 мин. Одновременно происходит испарение, поэтому пятно пролива 3090 м² меньше, чем в предыдущем примере (3723 м²). Окончательный радиус облака за это время достигает 31,7 м, а концентрация на его границе около 93,5 %.

Горизонтальный радиус облака, м





Пролитая масса СПГ, кг	21112
Средняя скорость истечения пролива, м/с	1.132
Диаметр пятна длительного. пролива, м	62.74
Площадь длительного пролива, кв.м	3089.6
Масса испар.ж. при плен. кипении, кг	328.4
Общая масса, исп. за расчетное время, кг	21112.0
Объем облака СПГ за расчетное, куб.м	11728.9
Радиус облака по горизонтали, м	31.37
Концентрация смеси на границе облака, % об	93.5