



**МГТУ имени Н.Э. Баумана
Всероссийская студенческая
конференция “Студенческая
научная весна”, посвященная 170-
летию В.Г. Шухова**



Апрель 2023

**Расчет истечения газа из герметичного отсека
космического аппарата при повреждении
космическим мусором**

Руководитель: Кудинов Александр Сергеевич, к.т.н. доцент

Автор(ы): Шитов Даниил Константинович, АК2-61

Москва, 2023

Цель и задачи

Проблема заключается в том, что при повреждении космическим мусором герметичный отсек космического аппарата может начать истечение газа, что может привести к серьезным последствиям, таким как потеря давления в кабине, потеря контроля над аппаратом и, в конечном счете, потенциальной угрозой для жизни и здоровья космонавтов. Расчет истечения газа является важным аспектом безопасности в космических полетах и требует тщательного изучения и анализа.

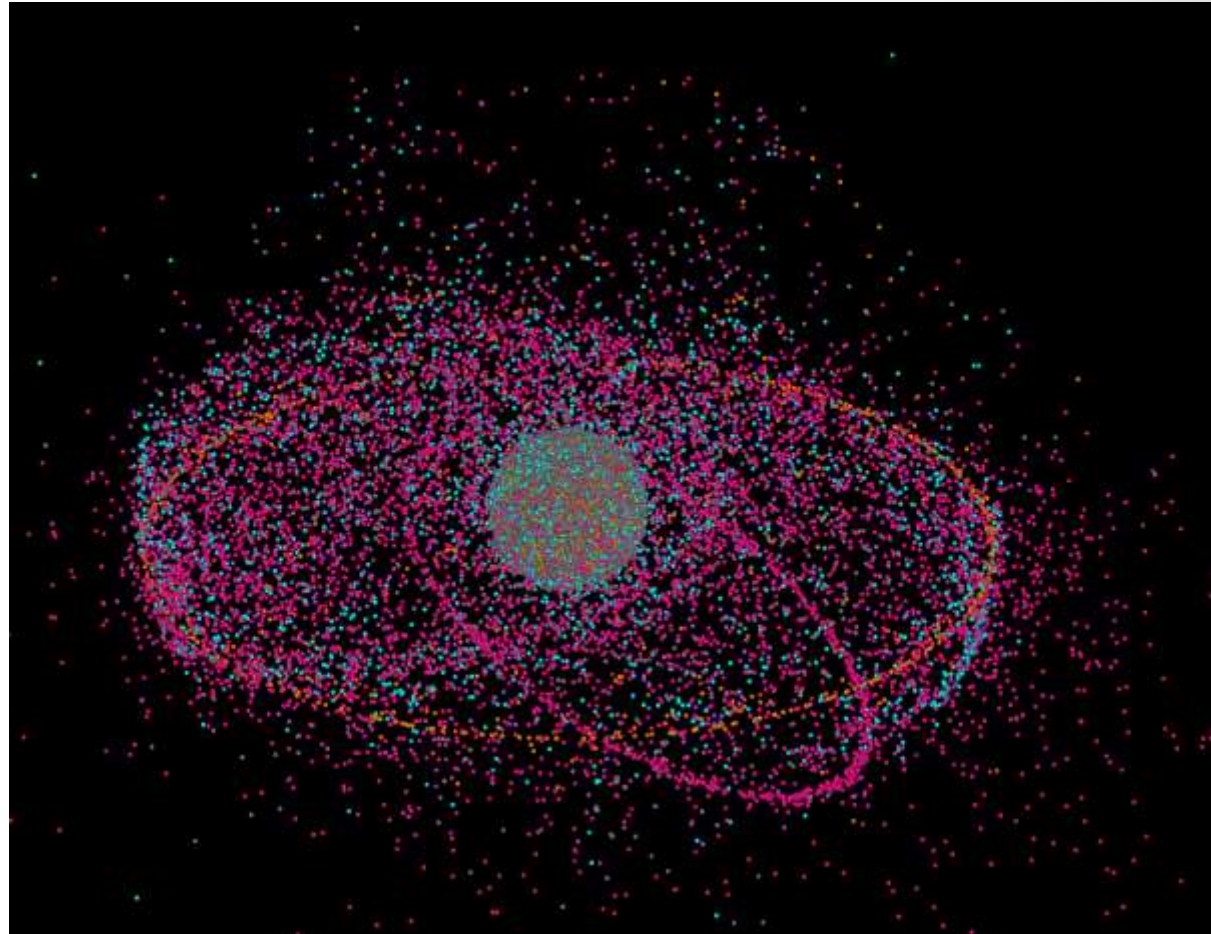
Цель научной работы заключается в разработке математической модели для расчета параметров истечения газа из герметичного отсека космического аппарата при повреждении космическим мусором. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить данные о космическом мусоре и его влиянии на космические объекты.
2. Разработать математическую модель для расчета параметров истечения газа при повреждении космическим мусором.
3. Провести численное моделирование процесса истечения газа при различных условиях повреждения.
4. Сравнить результаты расчетов с экспериментальными данными и оценить точность разработанной модели.
5. Предложить рекомендации для защиты космических аппаратов от повреждения космическим мусором на основе полученных результатов.

Это тоже еще исправлю

Космический мусор

По состоянию на 2021 год на всех высотах околоземного пространства (ОКП; пространство, ограниченное сферой, радиус которой равен среднему расстоянию от Земли до Луны) находилось 130 млн объектов размером 0,1—1 см. Из них 20 млн — на низкой околоземной орбите (НОО) на высотах до 2000 км. Количество объектов размером 1—10 см на всех высотах составило 900 тыс. Количество объектов свыше 10 см на НОО — 23 тыс.



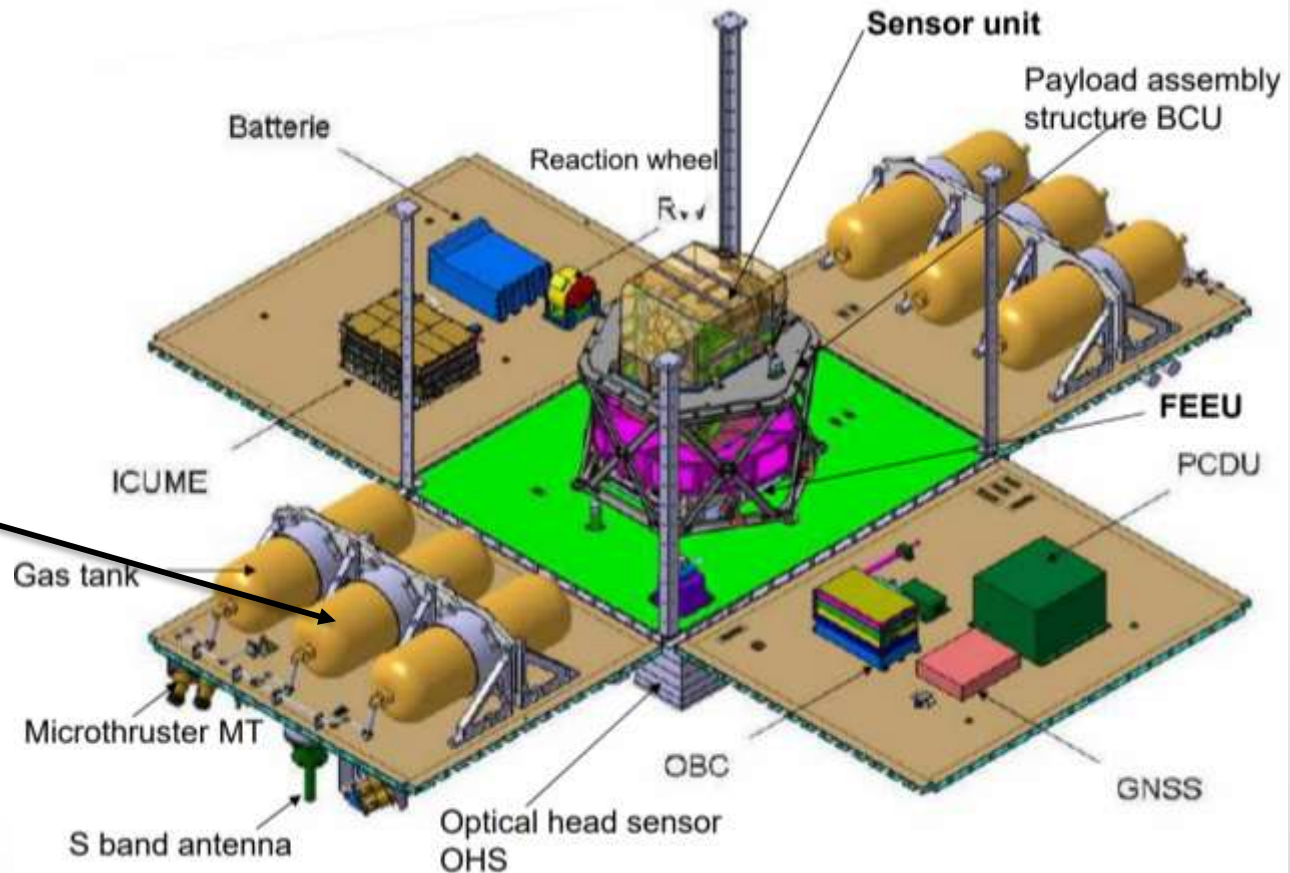
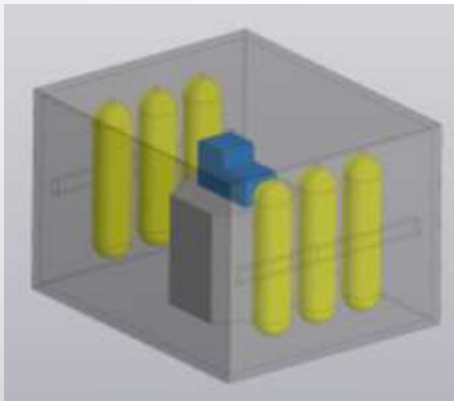
- Активный спутник
- Неактивный спутник
- Обломки
- Без категории

Начальные условия для КА “Microscope”

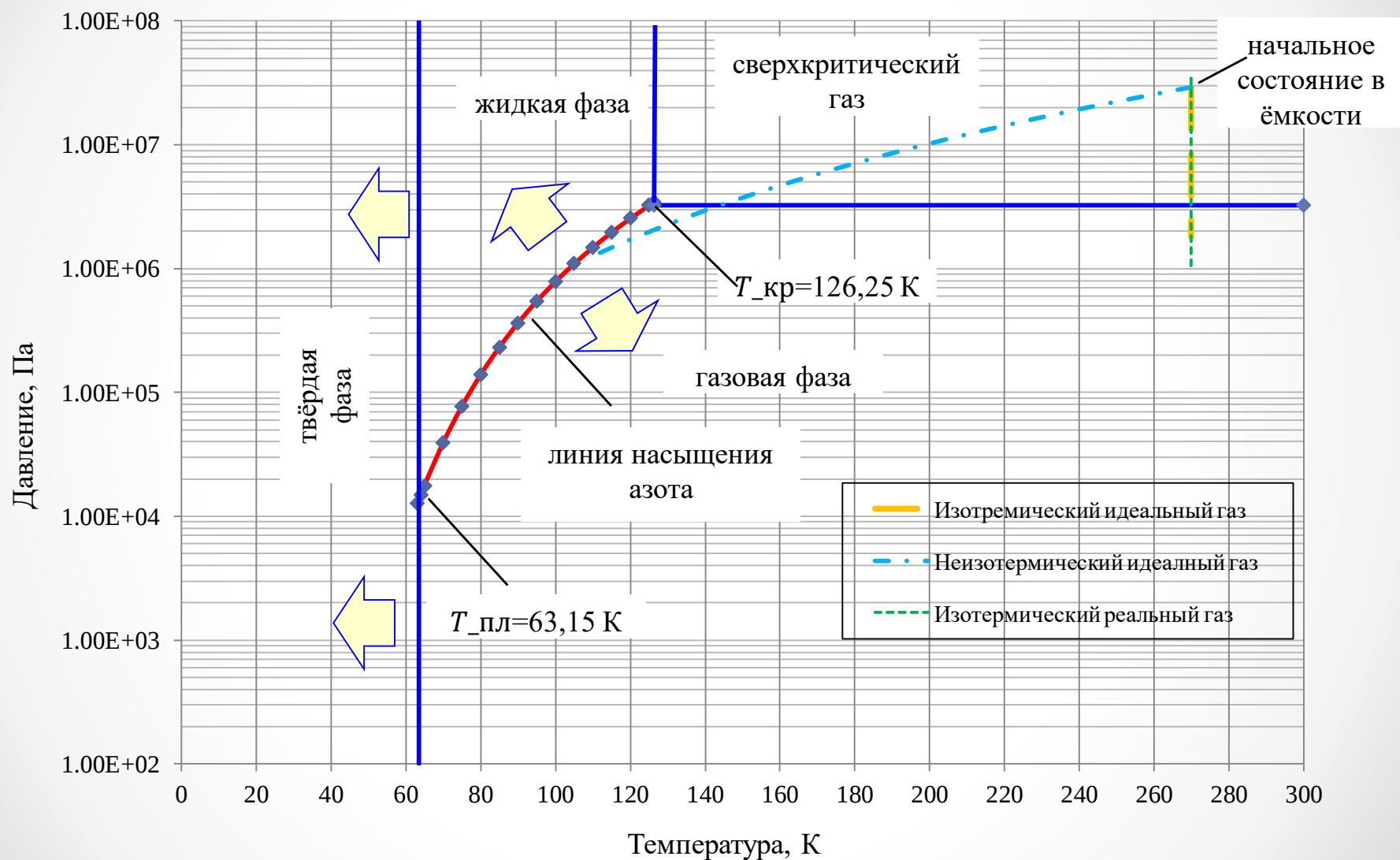
Ёмкость высокого давления, равная 345 атмосфер, заполненная азотом на типовом малоразмерном КА, в ёмкости объемом 9 литров и диаметром отверстия 1 мм.



Азот под
давлением
345 атмосфер



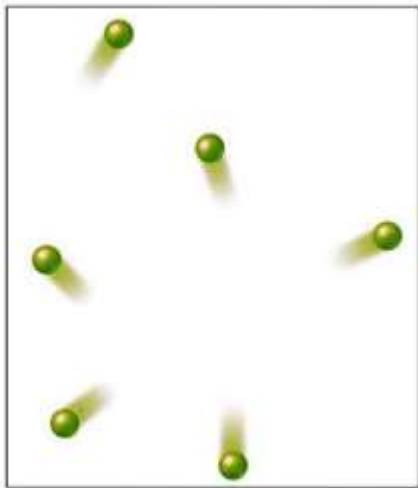
Фазовая диаграмма азота



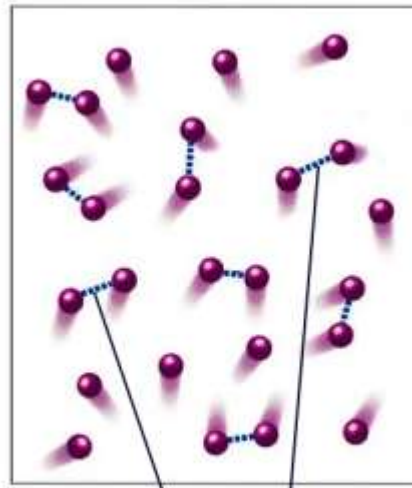
Фазовая диаграмма азота

Особенностью расчета истечения из баллона высокого давления являлось нахождение азота в сверхкритическом состоянии при высоком давлении и температуре, что не позволяло использовать модель идеального газа, поэтому была использована модель реального газа.

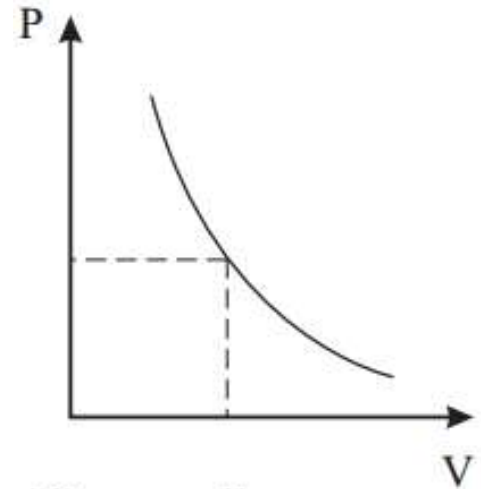
Идеальный газ



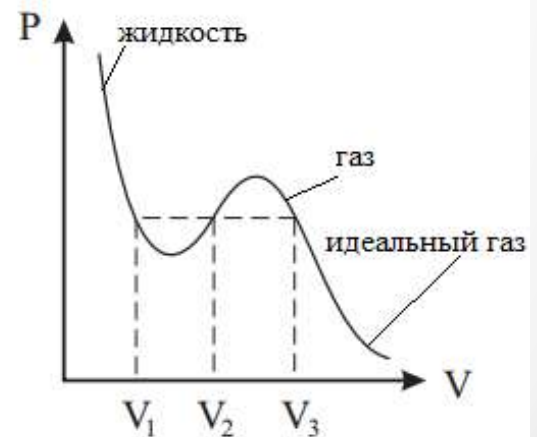
Реальный газ



межмолекулярные
взаимодействия

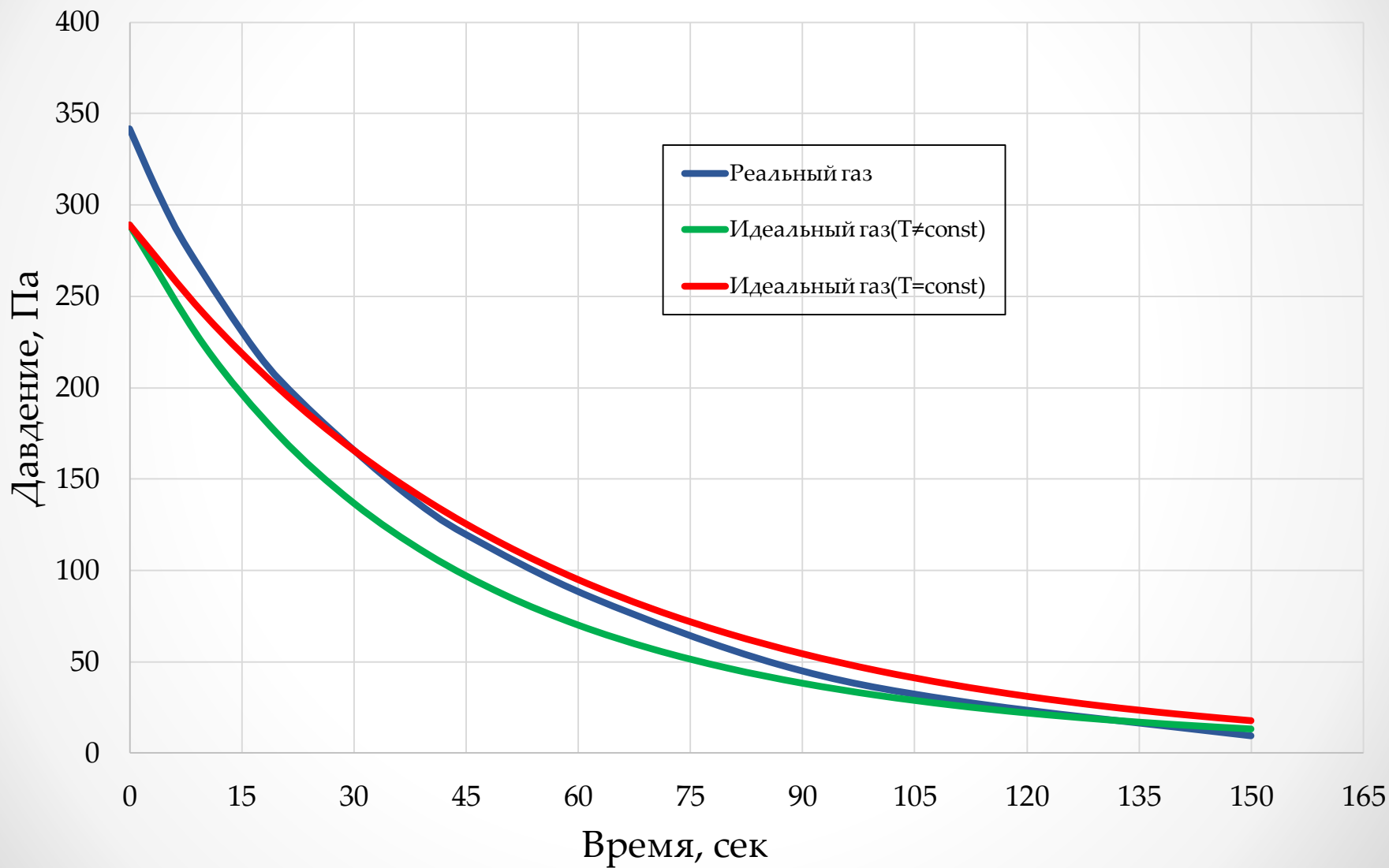


Идеальный газ

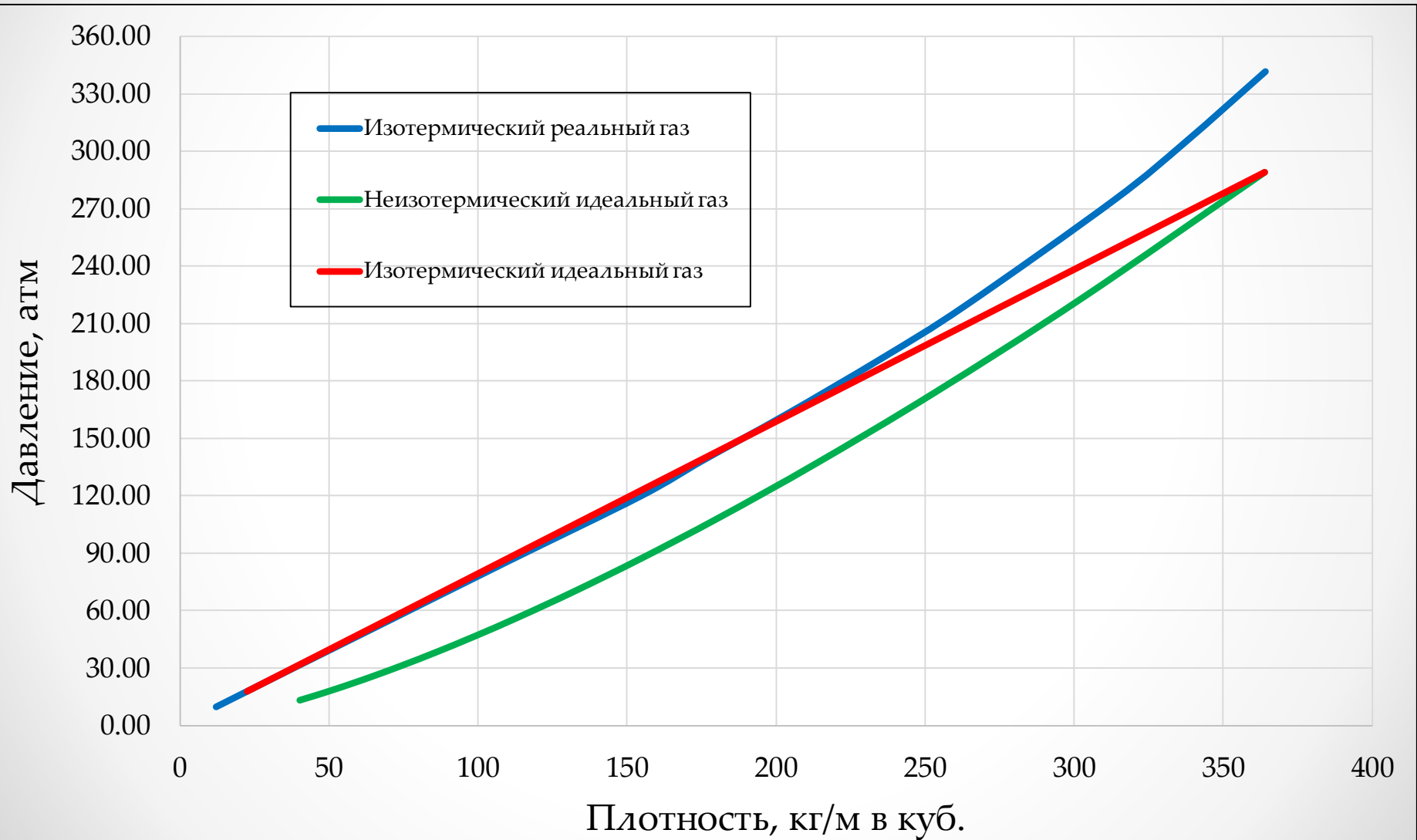


Реальный газ

Графики зависимости давления в емкости высокого давления в КА

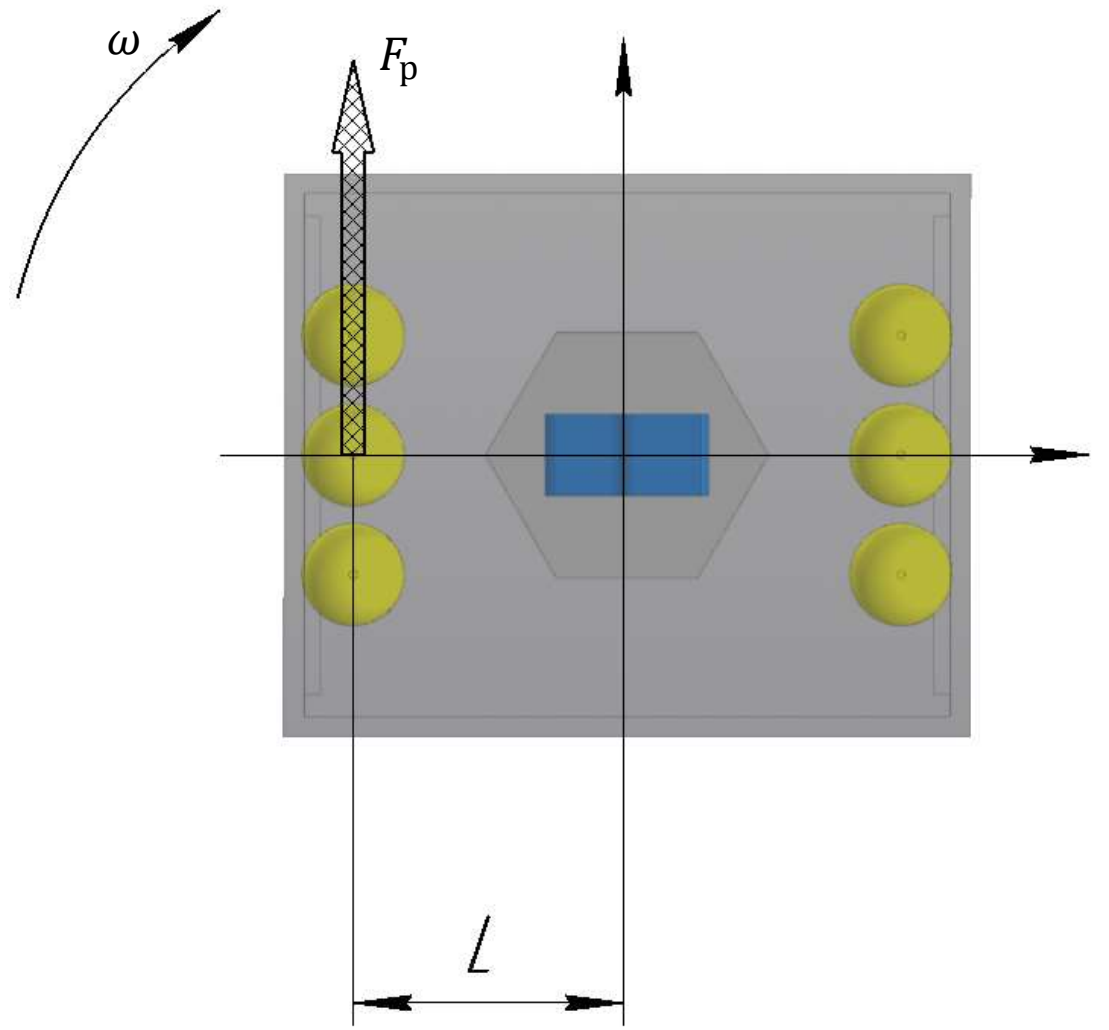


Графики зависимости давления в емкости высокого давления в КА

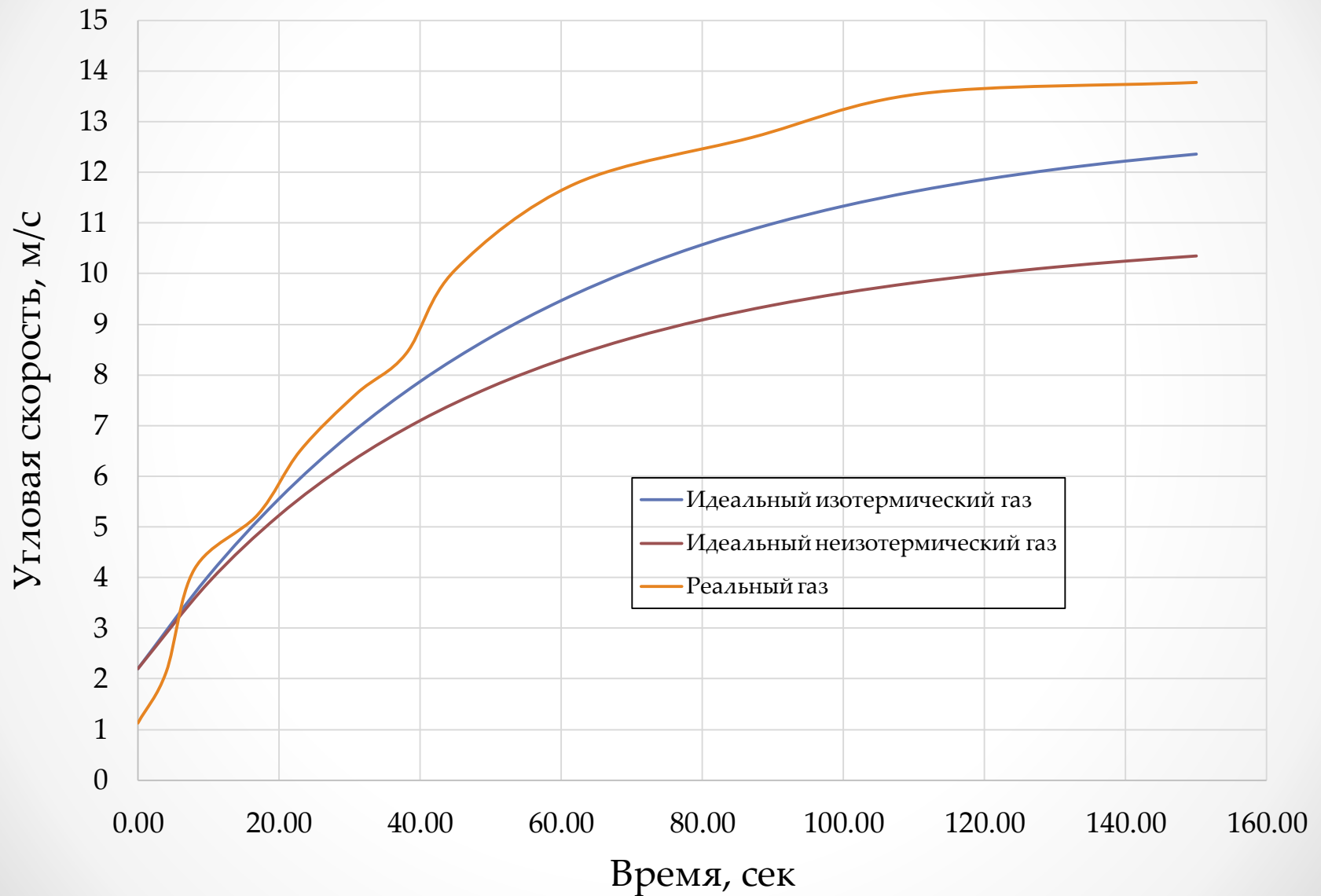


Реактивная сила от истекающей струи

- $I_x = 40 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, где I_x — момент инерции
- $L = \frac{1.04}{2m} = 0.52 \text{ м}$,
где L — плечо
- $F_p = \frac{dm}{dt} \cdot u_{\text{п}}$, где F_p — реактивная сила
- $M_p = F_p \cdot L$, где M_p — реактивный момент
- $\omega = \frac{M_p \cdot \Delta t}{I_x}$, где ω — угловая скорость



Угловая скорость КА от истекающей струи



Начальные условия для модуля “Звезда”

Крупногабаритный модуль космической станции объемом 46.7 куб.м. с нормальным начальным давлением 1 атмосфера и различными диаметрами отверстий: 1мм, 3мм и 5мм.

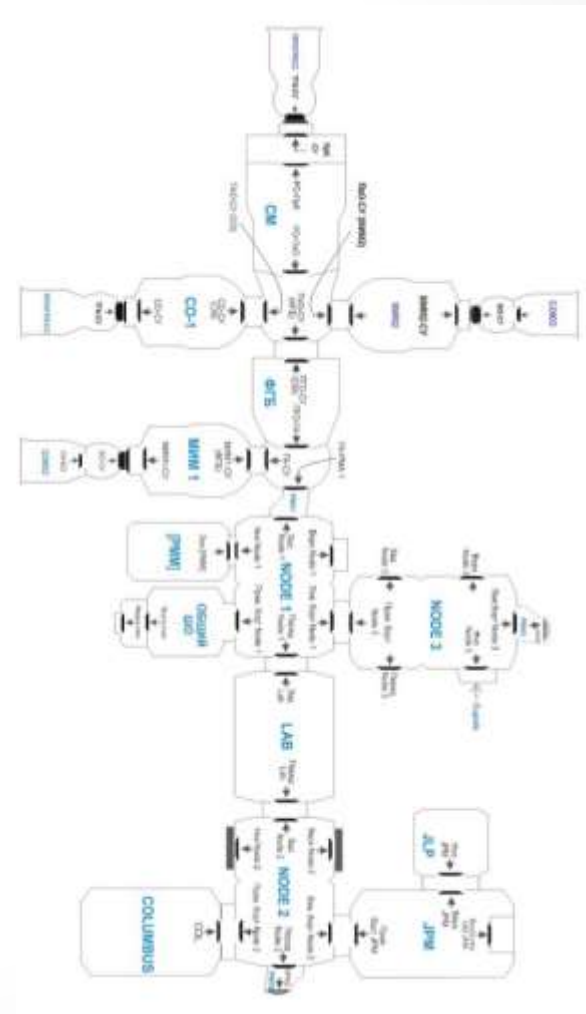
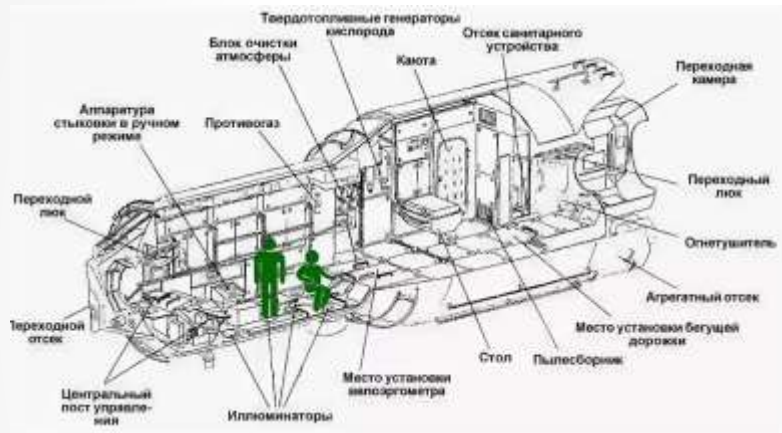
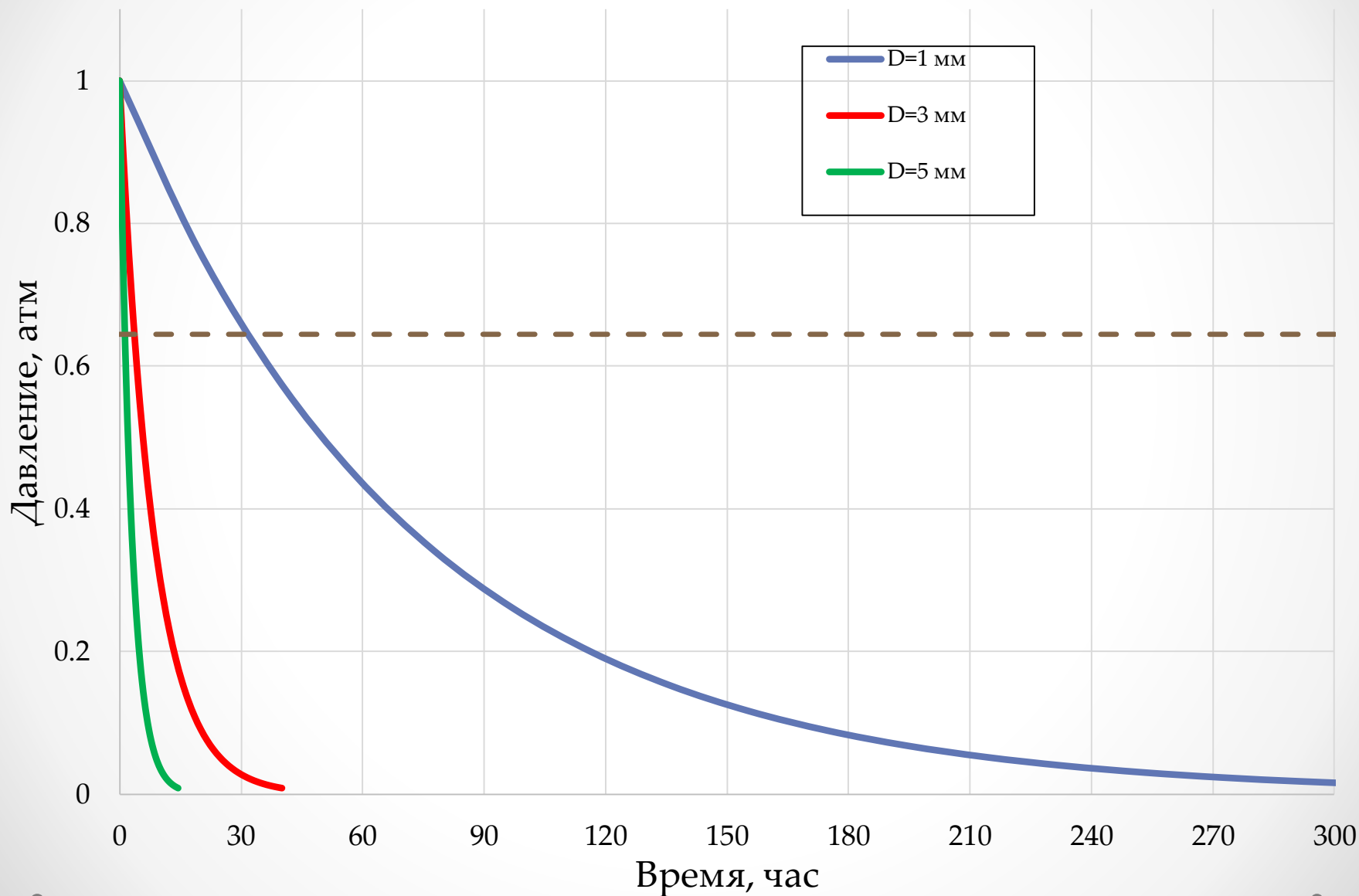
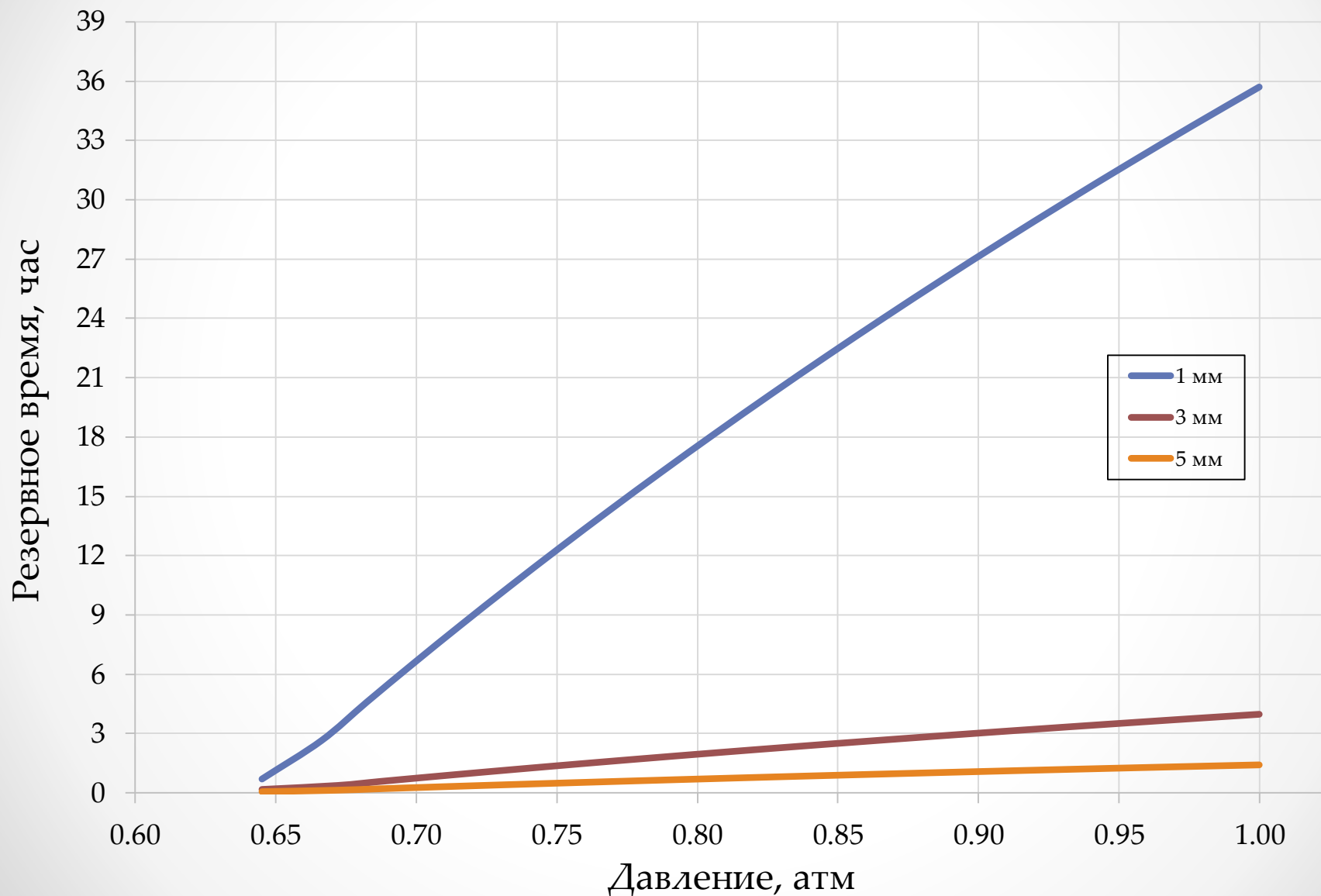


График зависимости давления в модуле “Звезда”



Зависимость резервного времени от давления



Начальные условия для модуля “Звезда”

Резервное время $T_{\text{рез}}$ рассчитывается компьютером бортовой вычислительной системы МКС автоматически по формуле: $T_{\text{рез}} = P_{\text{тек}} * \left(\frac{1}{\left(\frac{dP}{dt} \right)} \right) * \ln\left(\frac{P_{\text{тек}}}{P_{\text{мин}}} \right)$,

где $T_{\text{рез}}$ — резервное время, мин; $P_{\text{тек}}$ — текущее значение полного давления в модуле, Па; $\frac{dP}{dt}$ — скорость изменения давления атмосферы, Па; $P_{\text{мин}} = 65145$ Па — минимально допустимое давление атмосферы.

Отверстие 1 мм: $T_{\text{рез}} = 101000$

Это еще переделаю

Сравнение результатов расчетов с реальными условиями

- Попробую поискать какие
нибудь реальные случаи

Методы защиты космических аппаратов от космического мусора

Выводы

Список литературы

