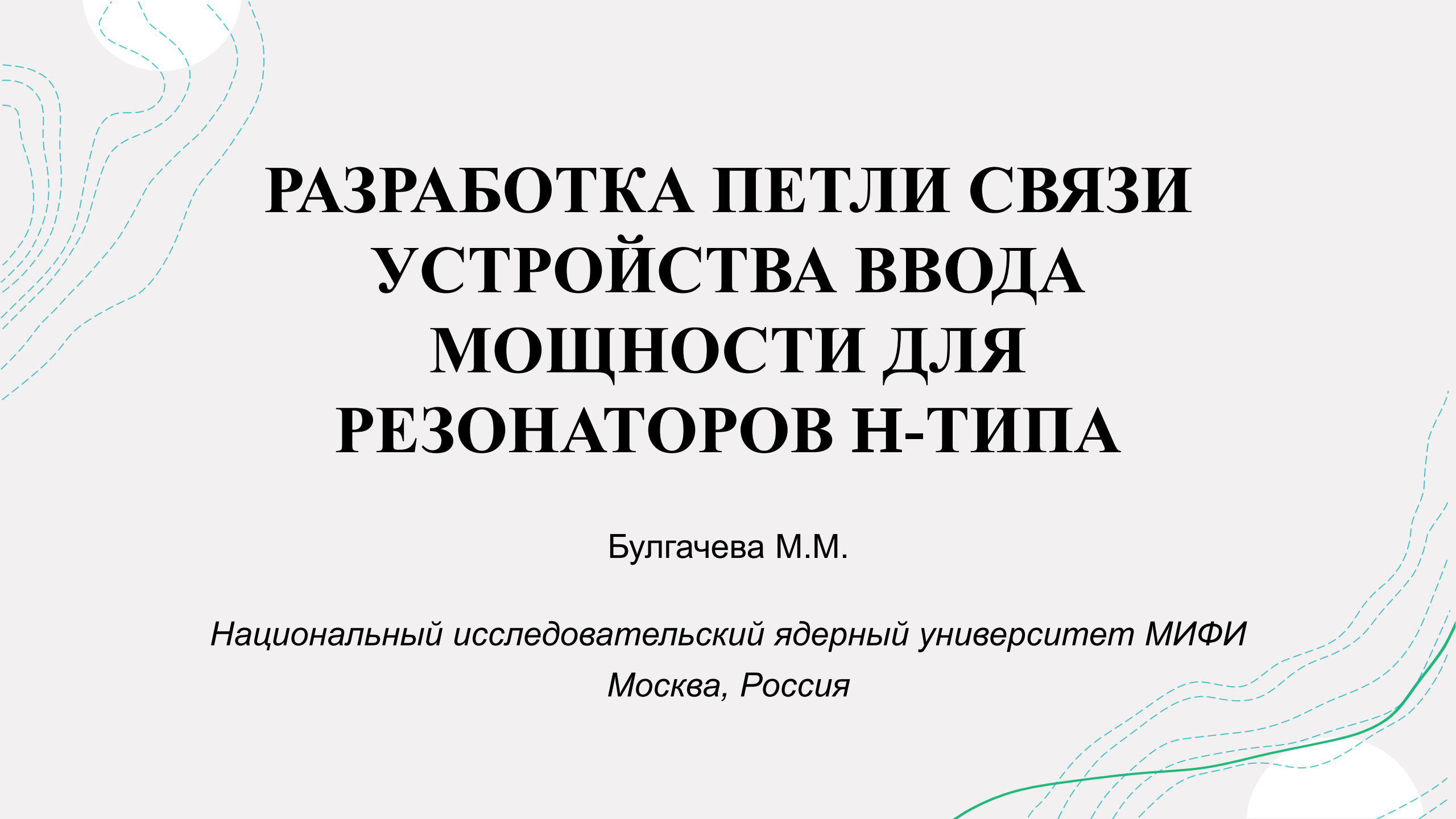




РАЗРАБОТКА ПЕТЛИ СВЯЗИ УСТРОЙСТВА ВВОДА МОЩНОСТИ ДЛЯ РЕЗОНАТОРОВ Н-ТИПА

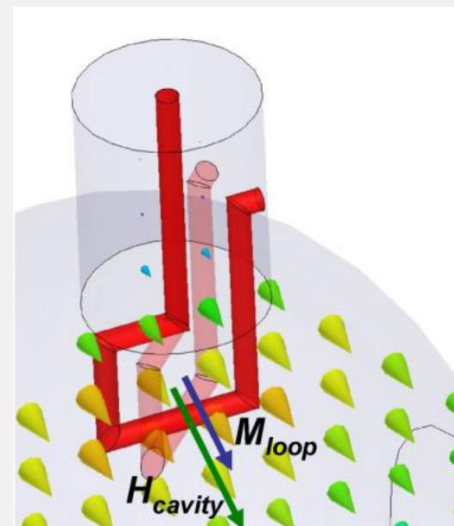
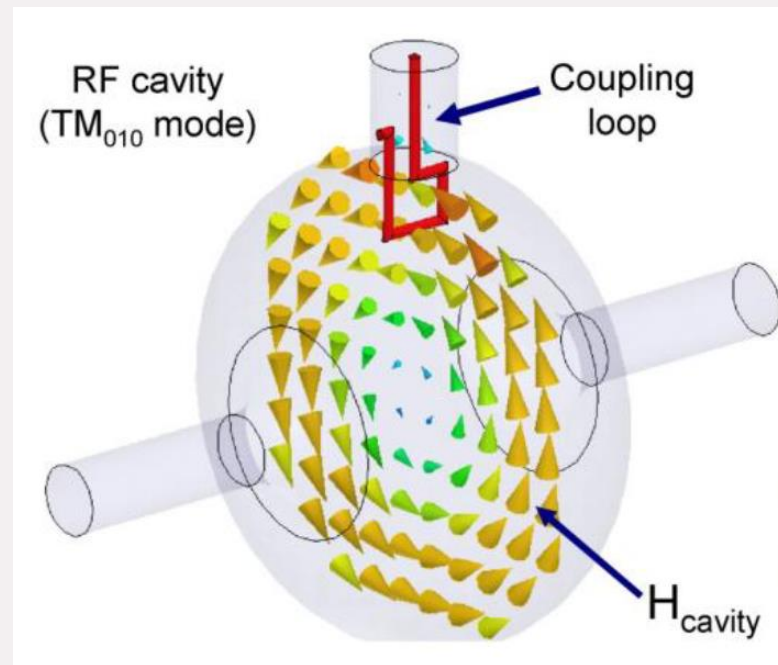
Булгачева М.М.

*Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ
Москва, Россия*

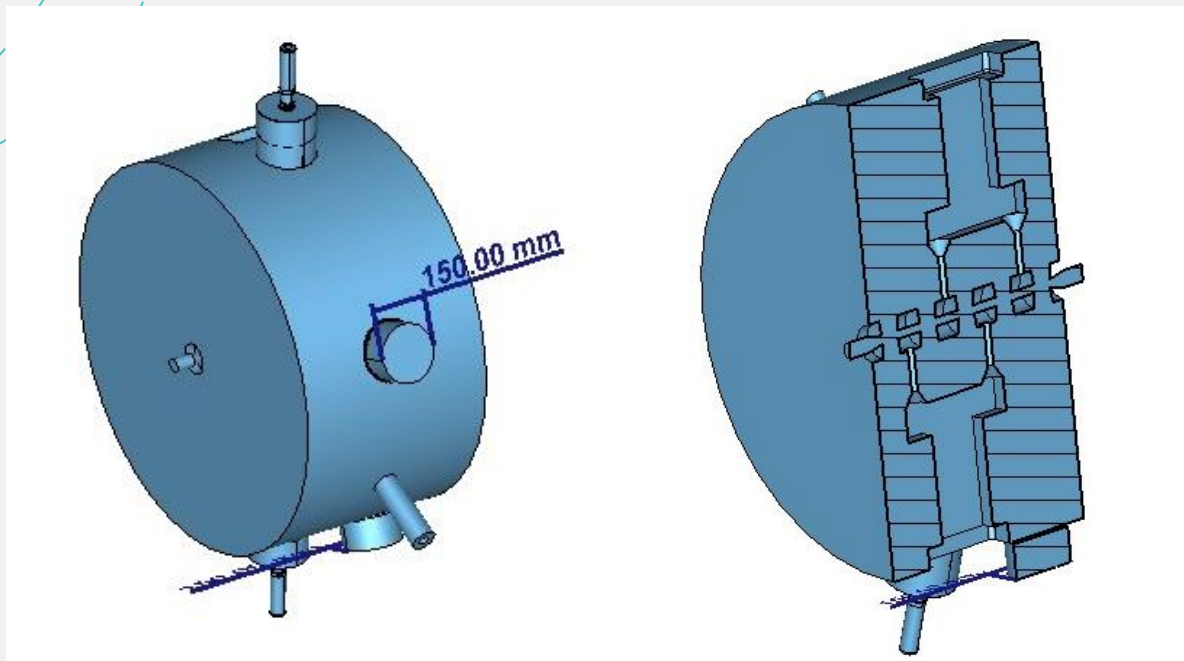
Введение

Устройства связи служат для поступления или вывода энергии электромагнитных колебаний.

Для возбуждения объемных резонаторов могут применяться штыри, петли связи, щели или отверстия. При проектировании устройств связи следует учитывать структуру полей в резонаторе. Это позволит получить нужную амплитуду и распределение поля в резонаторе при минимальных размерах узла связи и его максимальной электрической прочности.



Модель резонатора



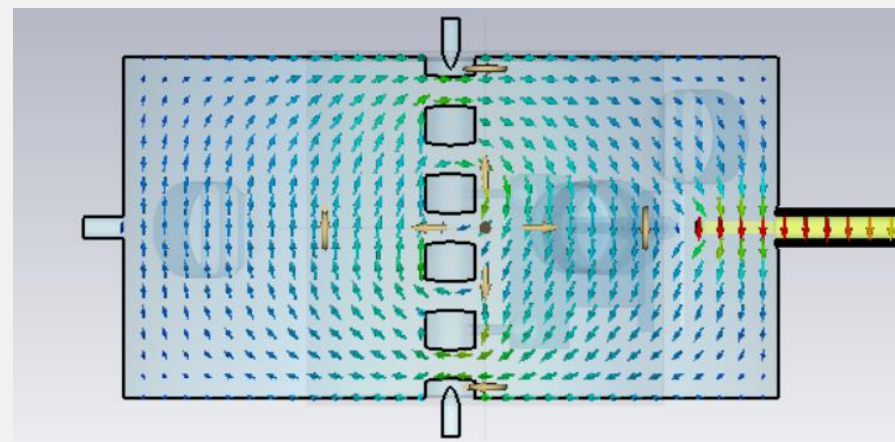
Модель резонатора

Частота: 80-85 МГц

Мощность: 150 кВт

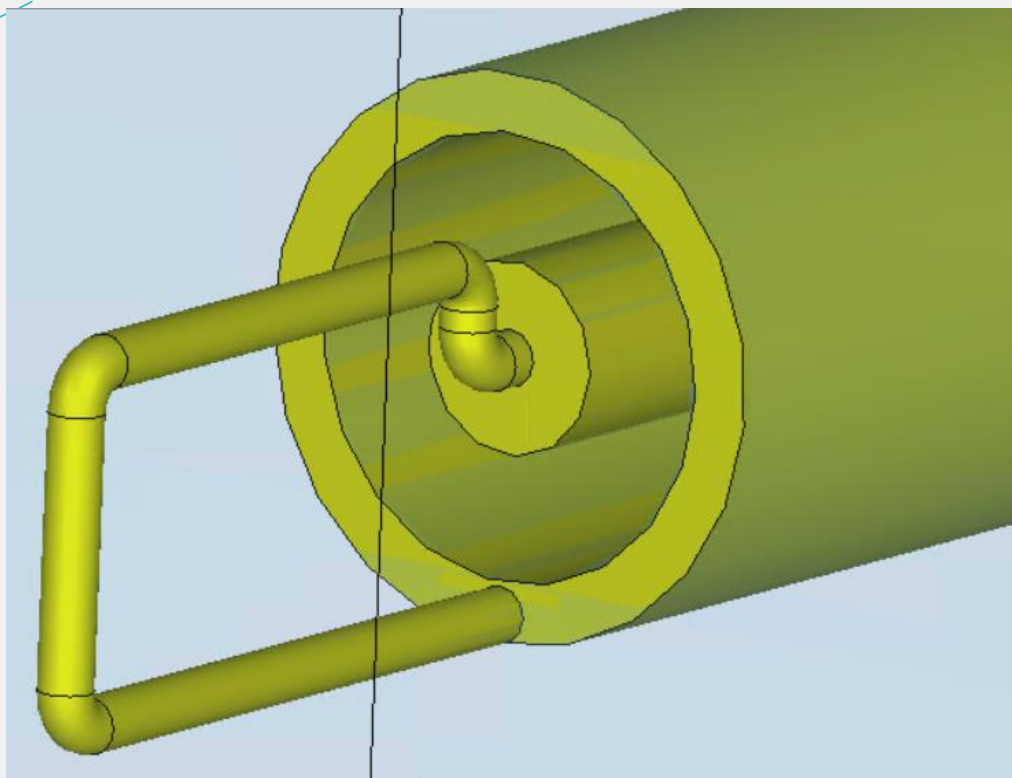
Импульсный режим

50 Ом

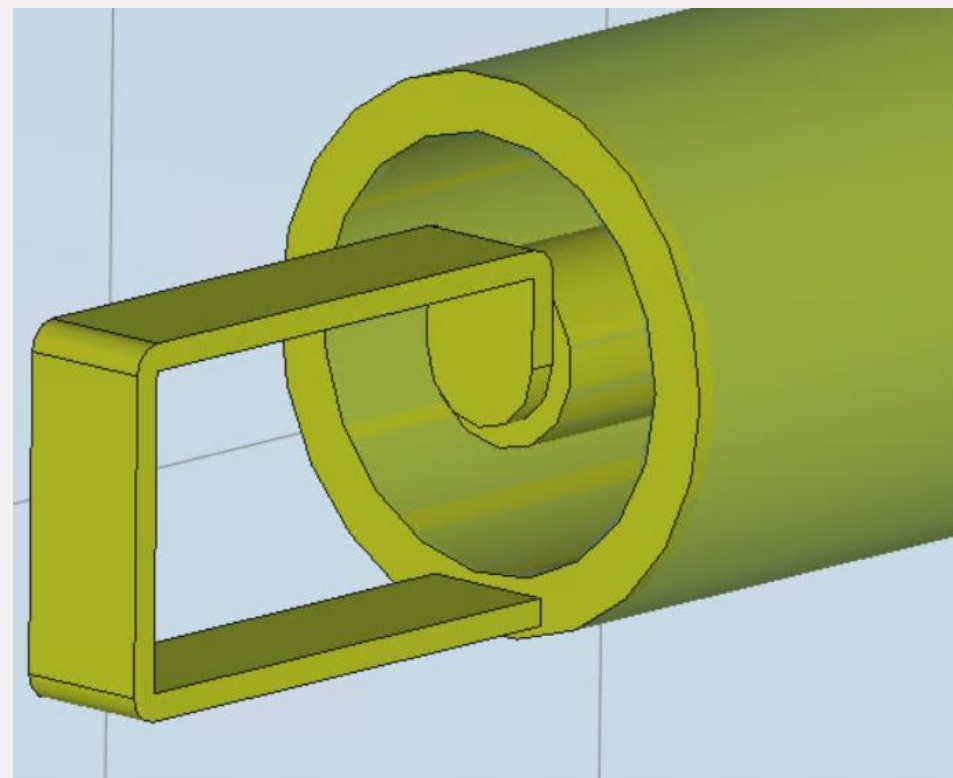


Два варианта геометрии петли

С круглым поперечным сечением

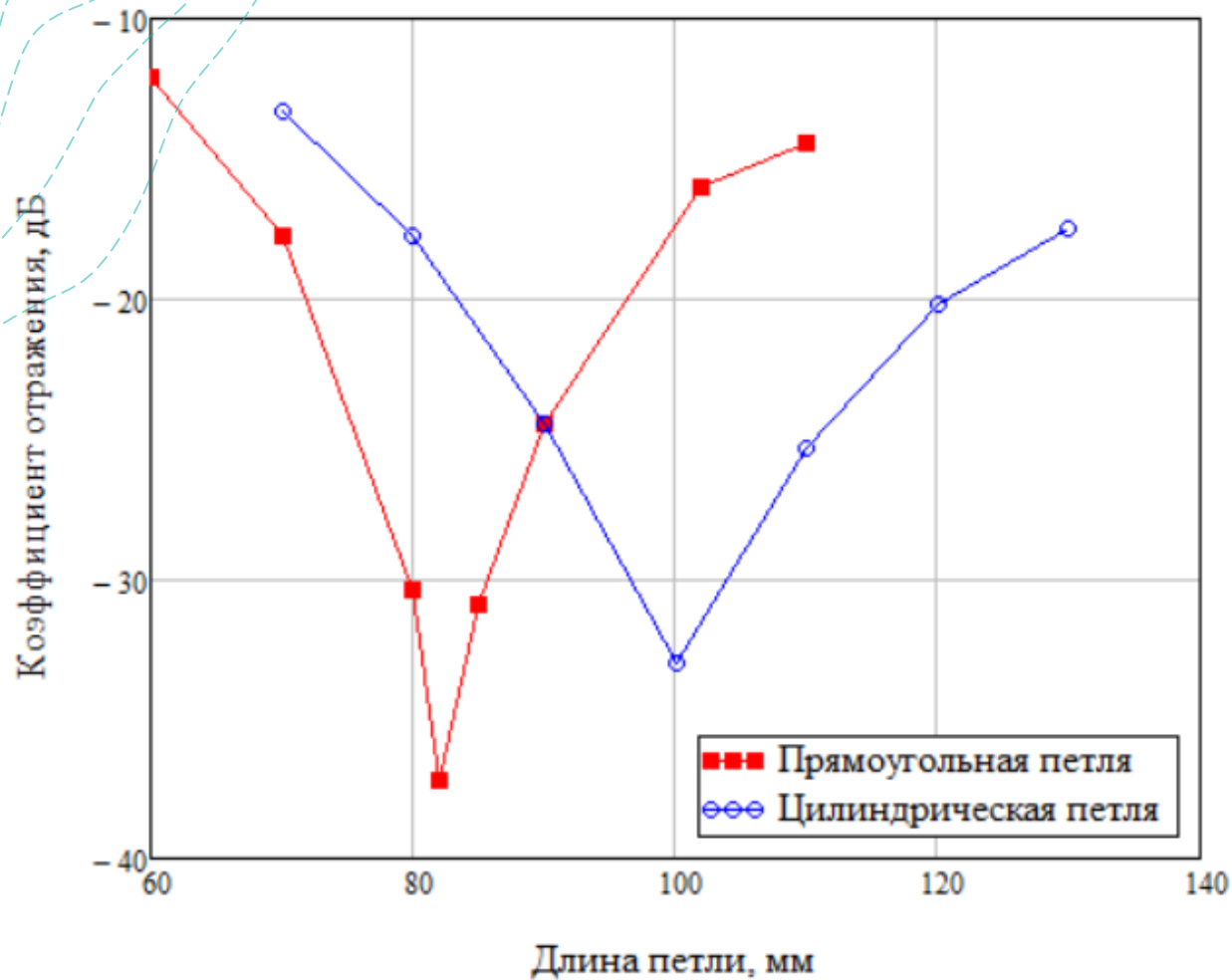


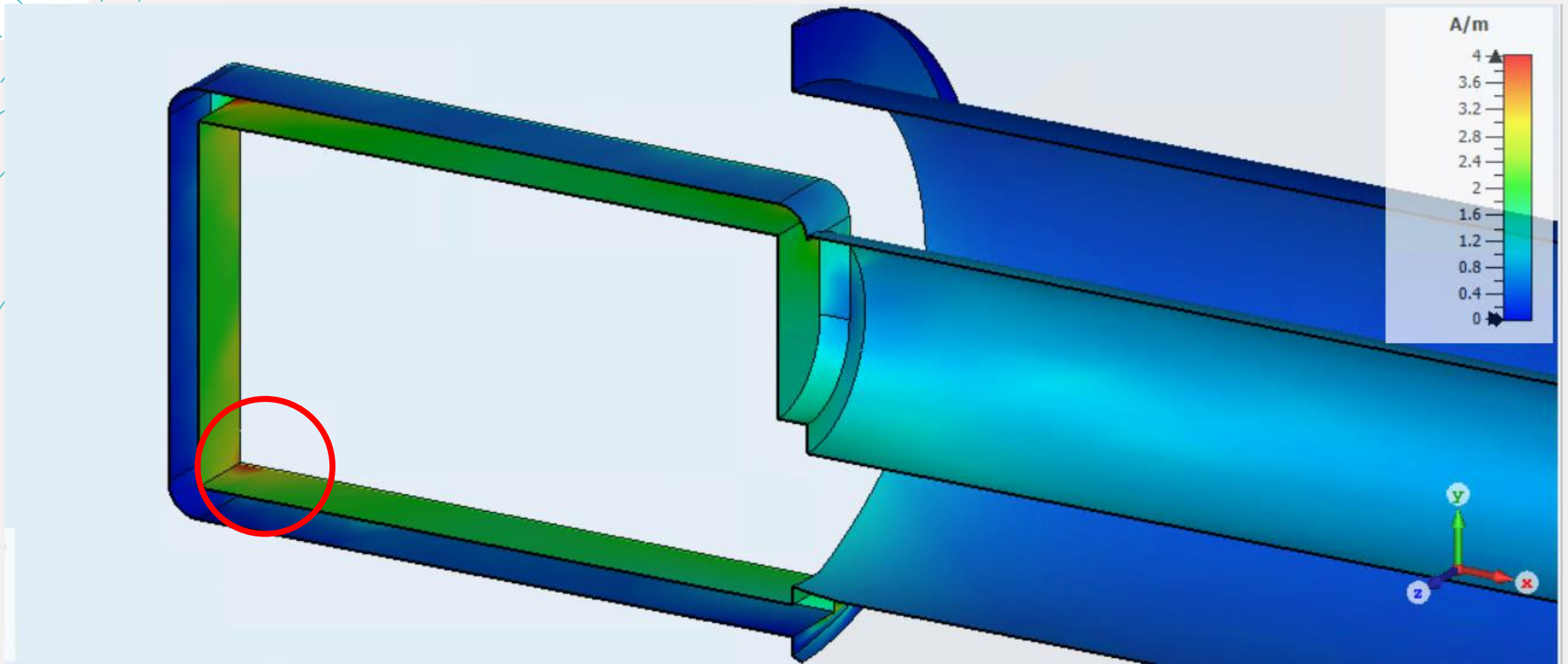
С прямоугольным поперечным сечением



В работе исследована зависимость отражения (параметра S_{11}) от длины петли для двух вариантов конструкции устройства ввода мощности.

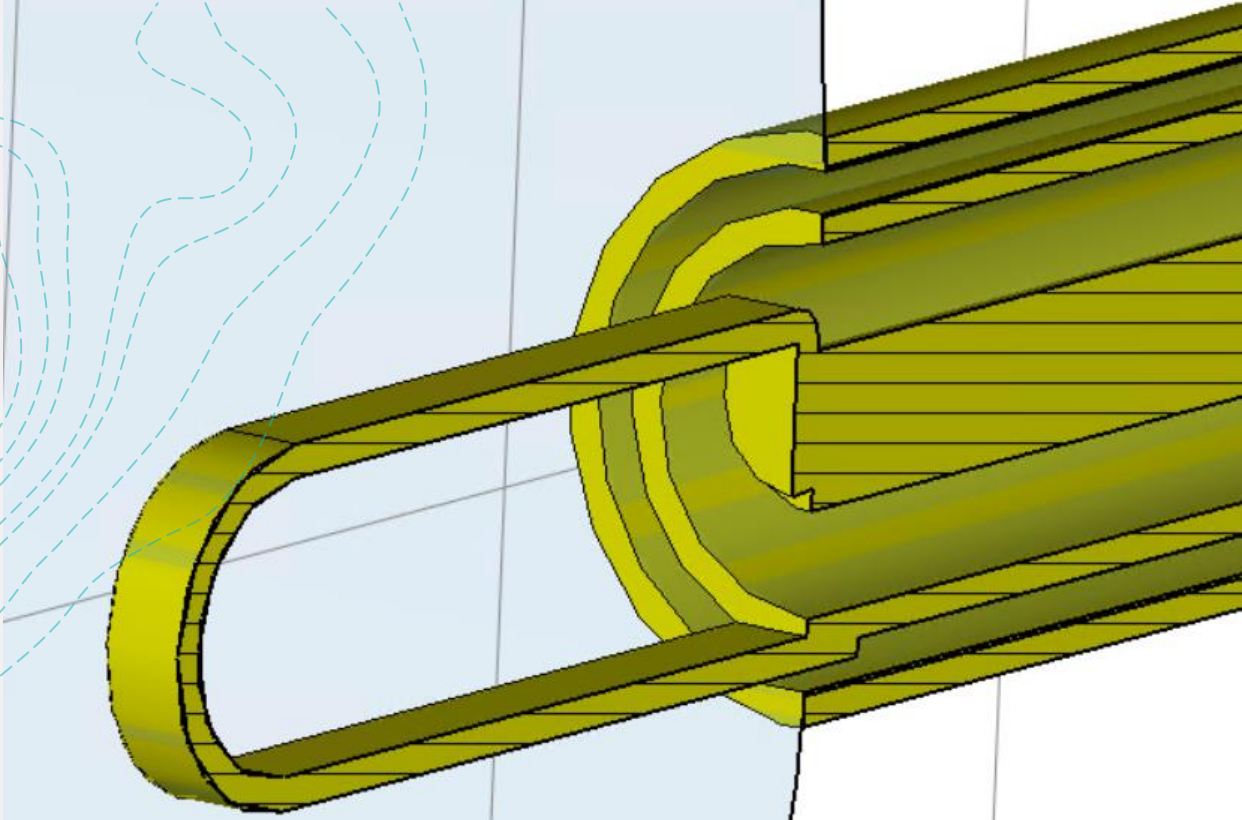
Для достижения необходимого коэффициента связи прямоугольная петля должна иметь длину 82 мм, а цилиндрическая – 100 мм.



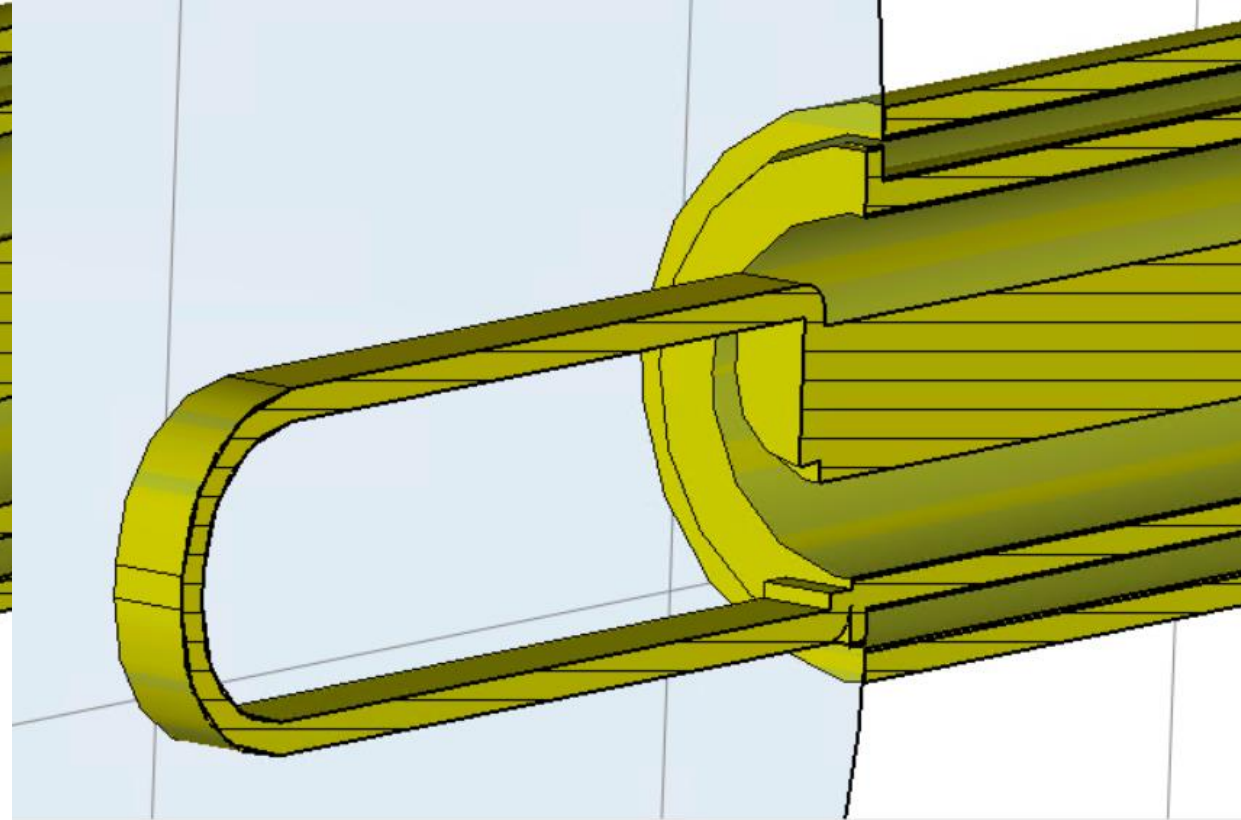


Также в работе было исследовано влияние формы петли на величину поверхностного тока.

Выяснилось, что в местах перегиба прямоугольной петли наблюдаются локальные скачки тока. Для устранения этого эффекта необходимо сделать скругление большего радиуса.



«Стакан»



«Площадка»

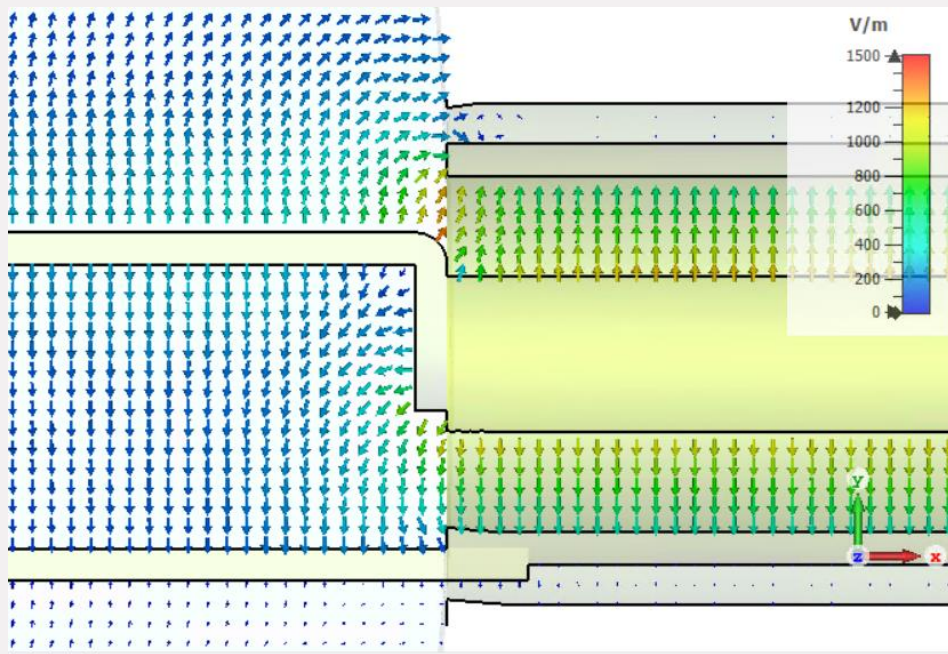
Варианты крепления

Рассмотрено два варианта крепления петли:

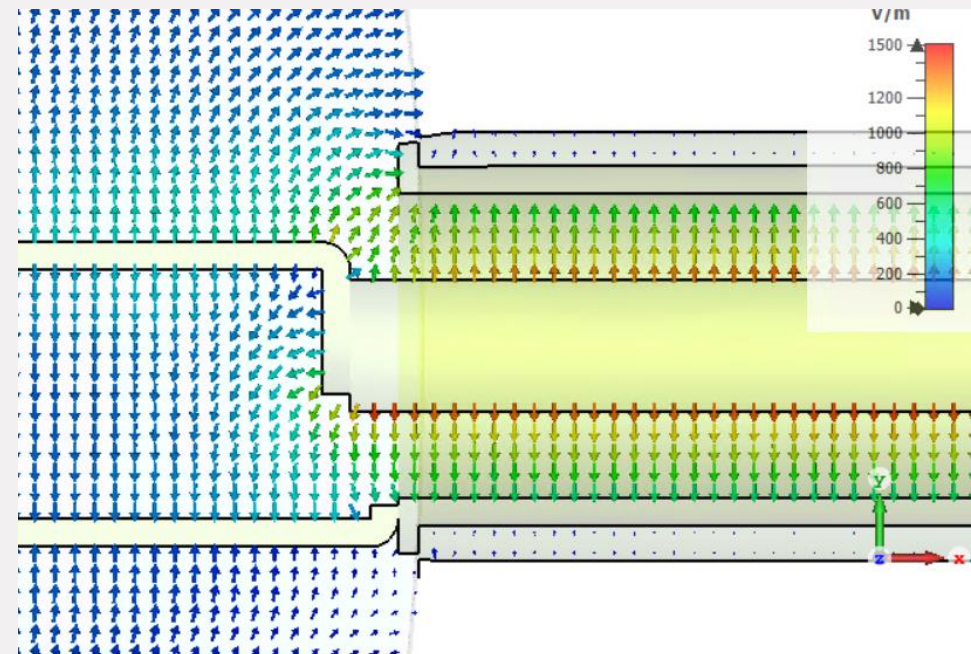
- 1) Петля крепится к внешней стороне внутреннего коаксиала
- 2) Петля крепится к верхней плоскости площадки

Проникновение поля в зазор (1 Вт)

1 вариант

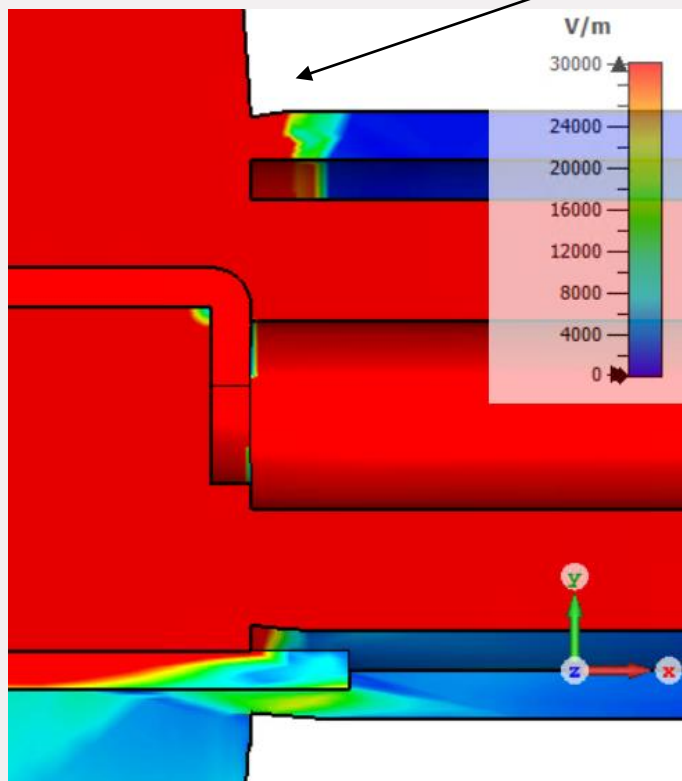


2 вариант



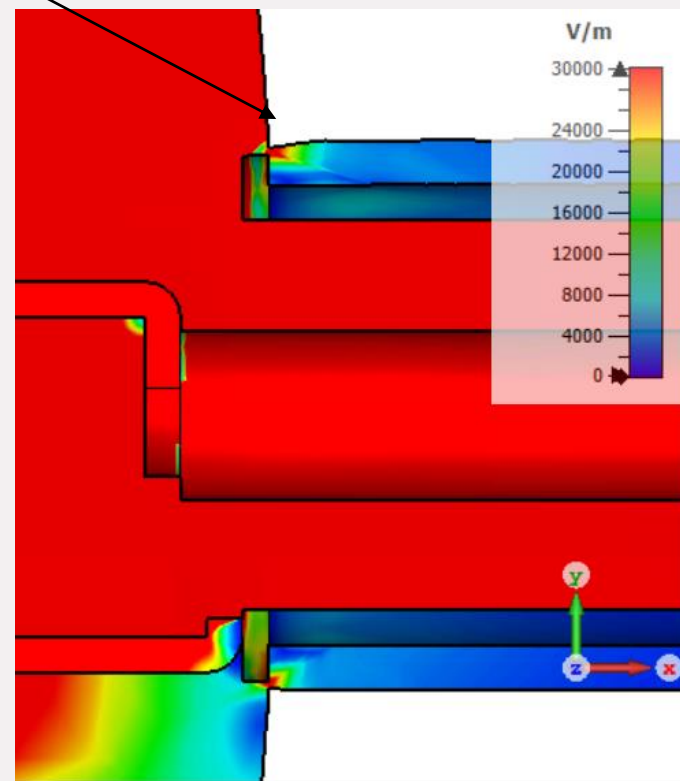
Поле в зазоре на 150 кВт

1 вариант



30 кВ/м

2 вариант



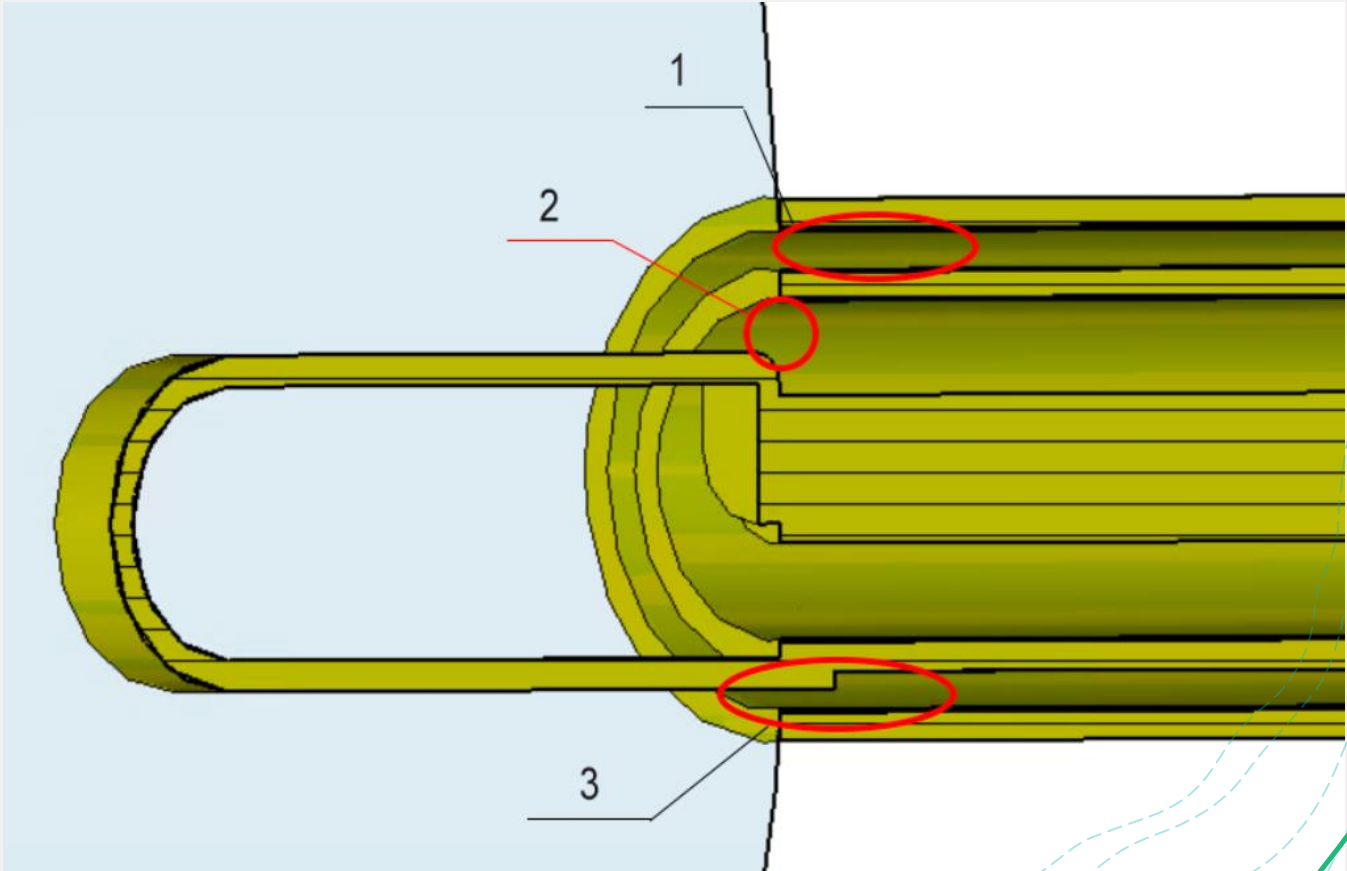
Мультипакторный разряд

В узком длинном зазоре опасность представляет двухповерхностный мультипакторный разряд низких порядков (число ВЧ периодов, за которое электрон возвращается к поверхности)

$$V = Ed = \frac{d^2(2\pi f)^2 m}{(2n-1)\pi e}$$

Величина пороговых уровней напряженности электрического поля E , при которых возникает мультипакторный разряд в зазоре на частоте $f = 80$ МГц при различной длине зазора d .

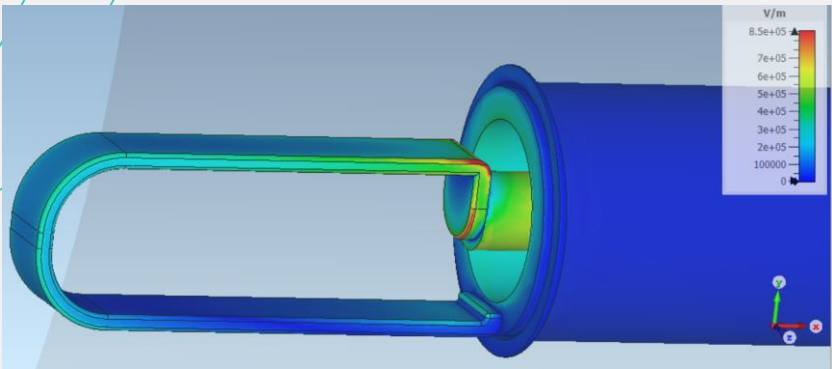
d, мм	1	2	3	4	5
n	E, В/м				
1	471,6	943,2	1415,0	1886,0	2358,0
2	157,2	314,4	471,5	628,7	785,9
3	94,3	188,6	282,9	377,3	471,5
4	67,4	134,7	202,1	269,3	336,8



Опасные области

5,3 кВт

Предел Килпатрика (ВЧ пробой)



Максимально достижимое электрическое поле в резонаторах ограничивается пределом Килпатрика.

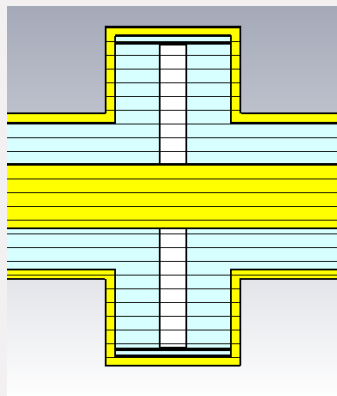
Экспериментально полученная зависимость частоты от максимальной напряженности электрического поля описывается выражением:

$$f = 1.64 \text{ MHz} \cdot \left(\frac{E}{E_0} \right)^2 \cdot \exp \left(-8.5 \frac{E_0}{E} \right), \quad \text{with } E_0 = 1 \frac{\text{MV}}{\text{m}}$$

Режим работы	Импульсный режим	Непрерывный режим
Средняя мощность	225 Вт	150 кВт
Максимальное значение напряженности электрического поля на торцах петли	30 кВ/м	850 кВ/м
Максимально допустимая напряженность электрического поля (предел Килпатрика)	57 МВ/м	

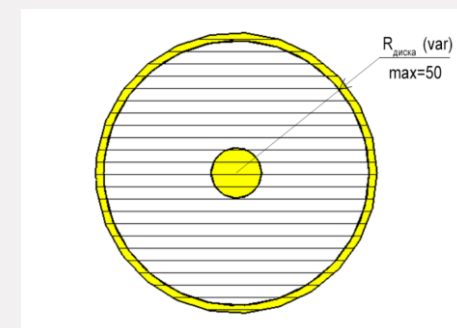
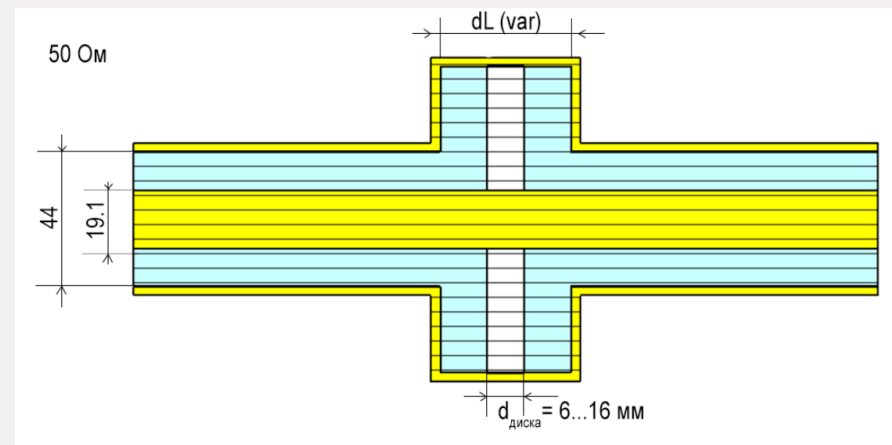
Вакуумное окно

Керамическая вставка представляет собой диск с толщиной от 6 до 16 мм с шагом 2 мм и диаметром до 100 мм. Материал диска – Al (96%). Толщина внешней медной стенки – 3 мм. Для настройки устройства на необходимый коэффициент отражения $S_{11}=0$ варьируются параметры: радиус керамического диска $R_{\text{диска}}$ и ширина вставки dL .



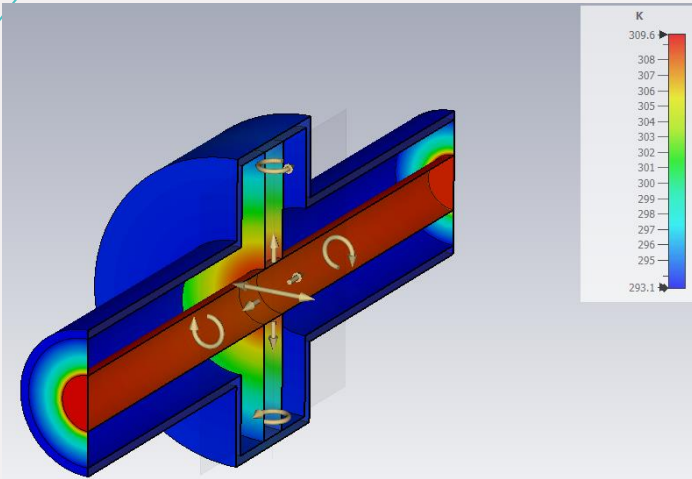
Вариант 2:

Вариант 1:

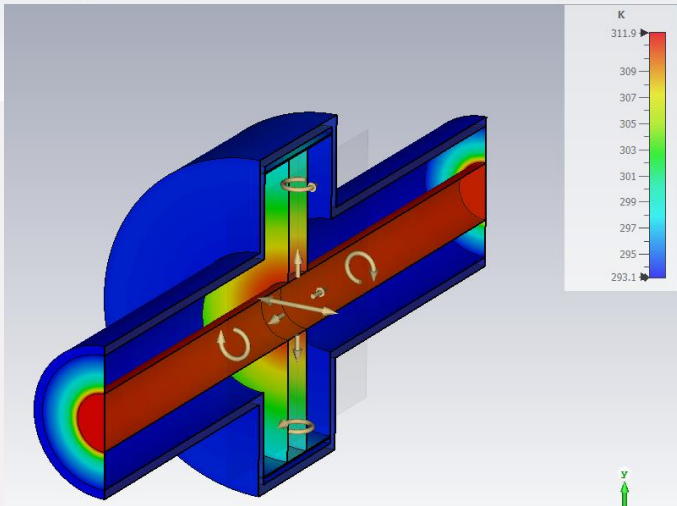


Температурные и механические расчеты

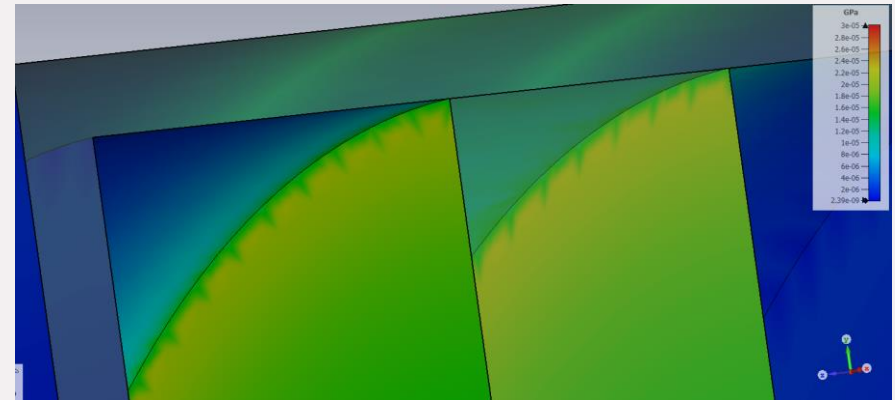
309,6 K



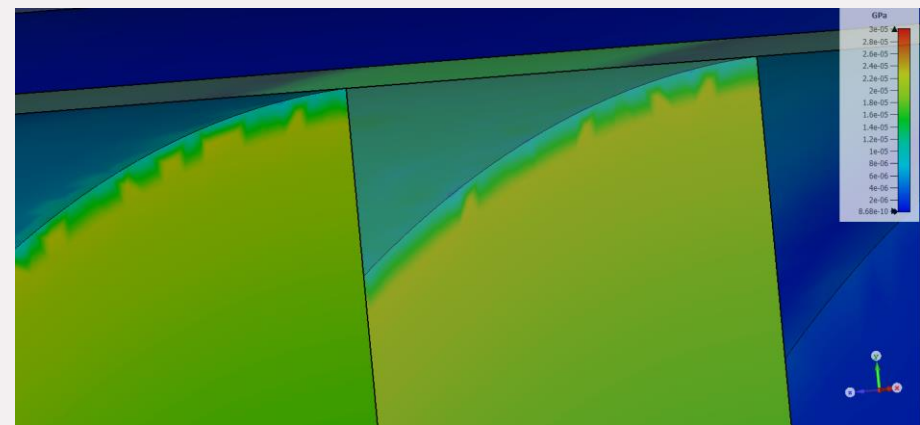
311,9 K



Распределение температуры



10 МПа



7,5 МПа

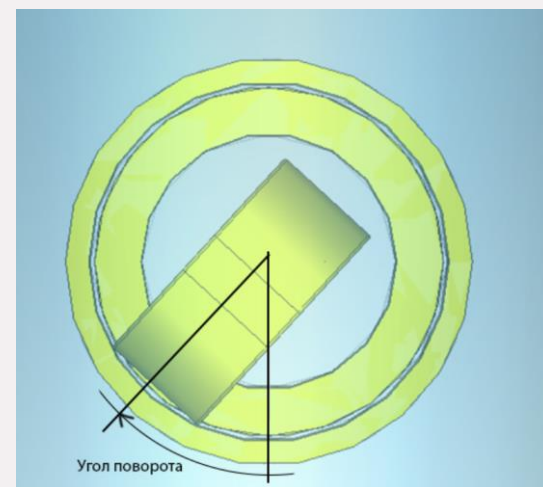
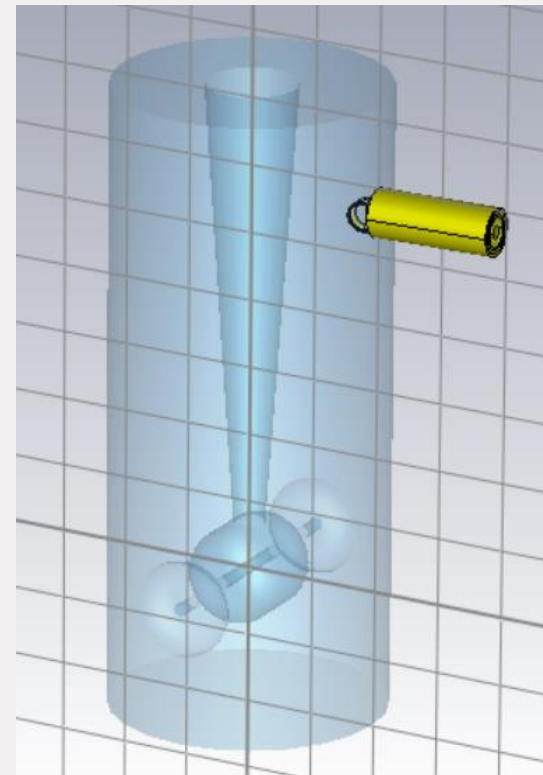
Механическое напряжение

Параметр	Сотни кВт средней мощности		Сотни Вт средней мощности	
	Без доп. цилиндра	С доп. цилиндром	Без доп. цилиндра	С доп. цилиндром
Температура, К	309,6	311,9	293,1734	293,1782
Напряжение по вон Мизесу (максимальное), ГПа	0,0926	0,113	0,00013	0,00017
Напряжение по вон Мизесу (в месте внешнего прилегания керамики к металлу), МПа	10	7,5	0,017	0,011
Смещение, мм	0,0337	0,0386	4,79e-05	5,8e-05

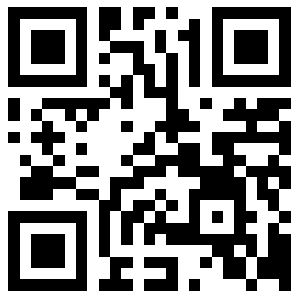
Результат

Разработано устройство ввода мощности, способное работать как на низком, так и на высоком уровне мощности.

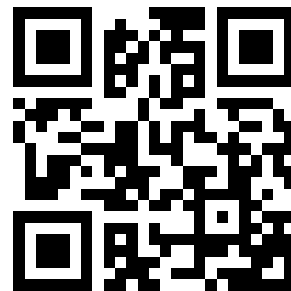
Ввод мощности подходит и для других типов резонаторов (QWR), используемых в ускорителе. Проведено моделирование четырех QWR с устройством ввода мощности.



Спасибо за внимание!



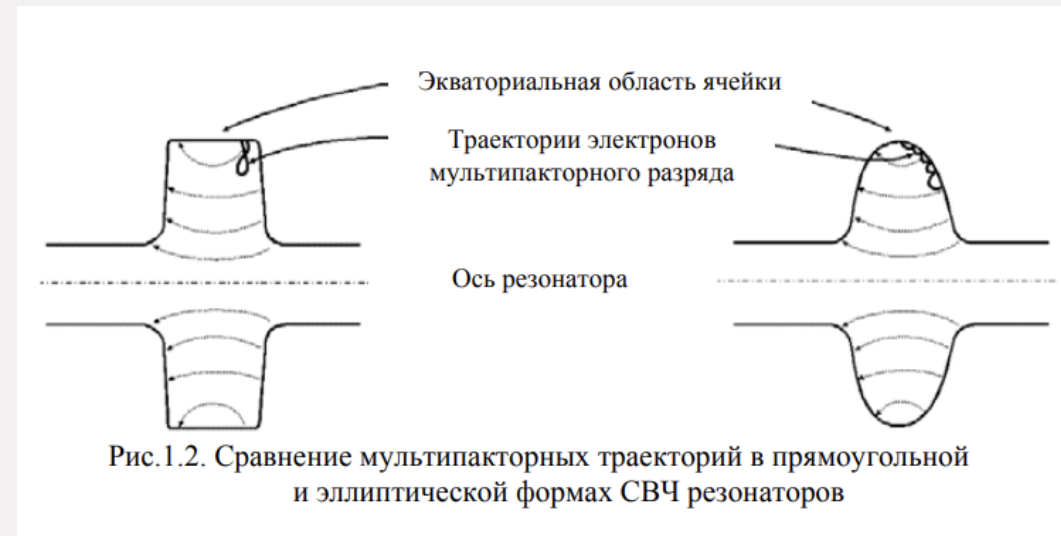
telegram



Группа «Мегасайенс МИФИ»
VK

Мультипакторный разряд

Наиболее изученная разновидность вторично-электронного (мультипакторного) разряда – вторично-электронный резонансный разряд (ВЭРР). Механизм ВЭРР может быть представлен следующей схемой. Электроны, вышедшие из электрода, когда он является катодом, ускоряются высокочастотным напряжением и, попадая на противоположный электрод, вызывают вторичную электронную эмиссию. Если время пролета первичных электронов близко к длительности любого нечетного числа полупериодов СВЧ напряжения, то вторичные электроны, вылетая из второго электрода, который к этому времени станет катодом, также ускорятся и вызовут вторичную электронную эмиссию уже из первого электрода



Резонаторы Н- типа

The regular part of the linac will consists of two groups of IH-cavities with geometrical velocities $\beta_g=0.057$ (six 5-gap cavities) and 0.099 (eight 5-gap cavities) to achieve the final energy of 7.5 MeV/nucleon

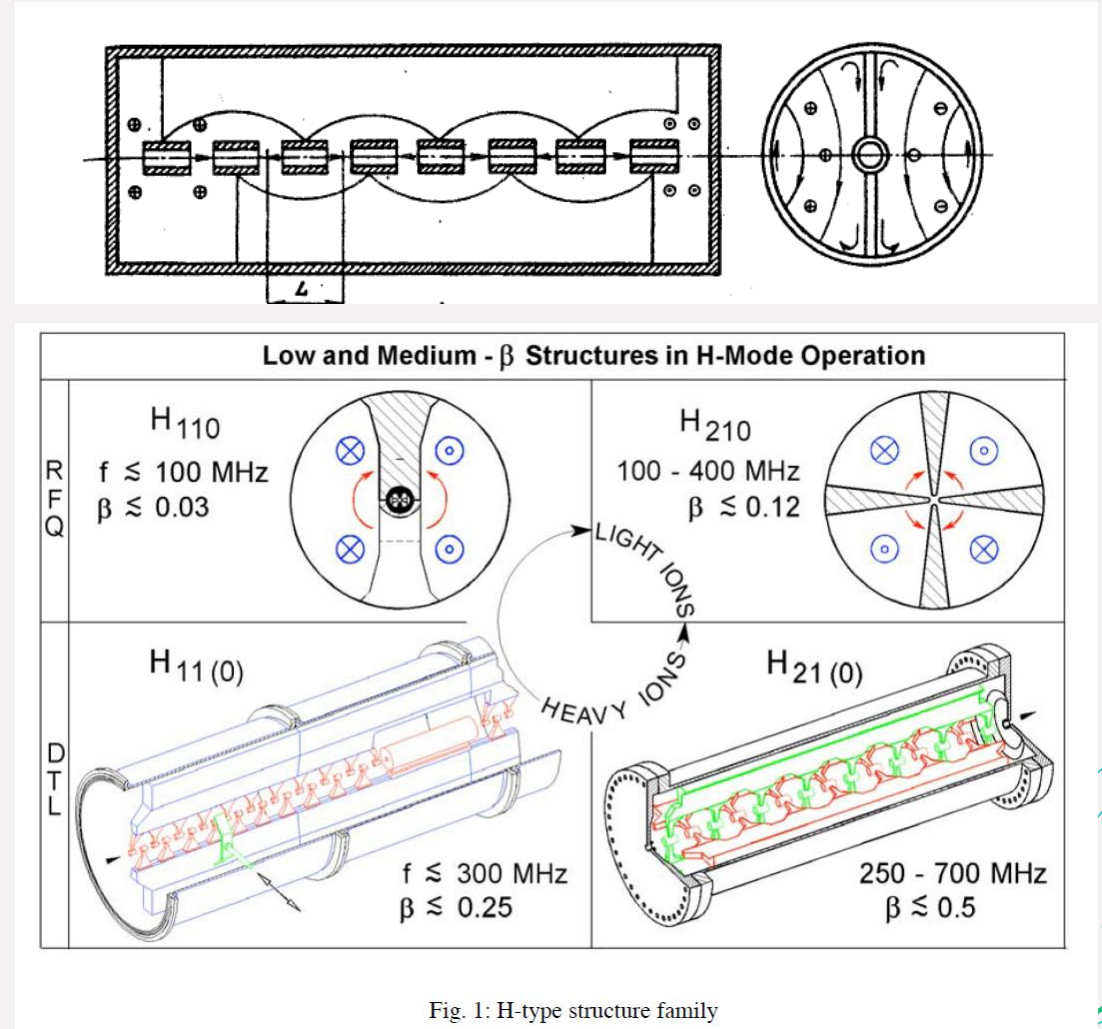
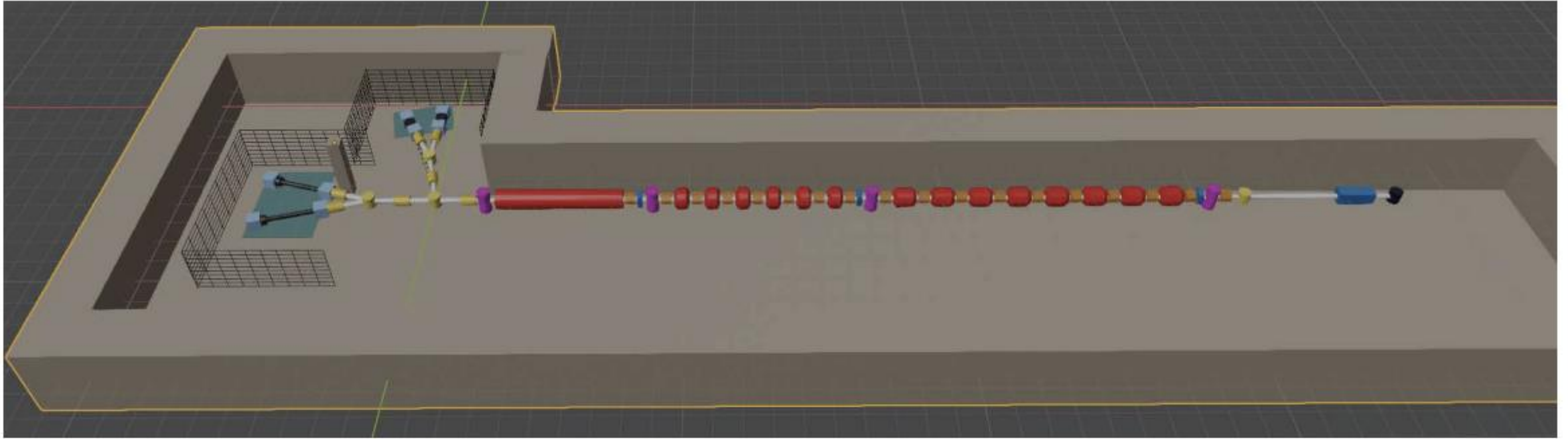


Fig. 1: H-type structure family



LU1 linac will accelerate ions from protons to oxygen up to energy of 7.5 MeV/nucleon with mass-to charge ratio $A/Z < 3.5$

