

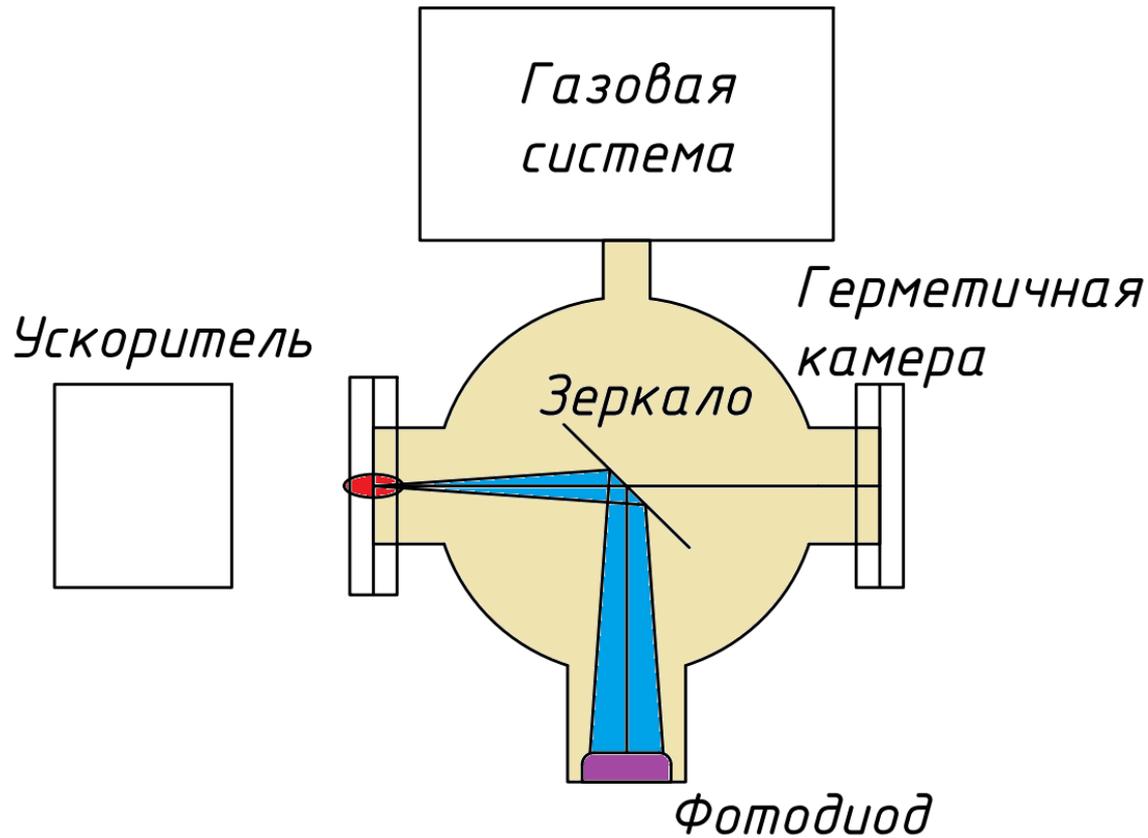
Черенковские чтения 2019

Монитор энергии пучка для  
индустриальных электронных  
ускорителей, основанный на  
черенковском излучении

Шведунов В.И., Труханов К.А., Владимиров И.Ю.\*

Измерение энергии пучков электронов с помощью излучения Вавилова-Черенкова было показано в работах:

- *Jennings R.E., Kalmus P.I.P.* A gas Cherenkov detector for the accurate determination of electron beam energy. 1960
- *Trukhanov K.A, Poliektov V.V., Shvedunov V.I.* Theoretical and experimental study of beam energy spread diagnostics with Vavilov-Cherenkov radiation at optical and RF wavelength. 2004
- *Полиектов В.В.* Измерение энергетического спектра пучка электронов с помощью излучения Вавилова-Черенкова. 2007

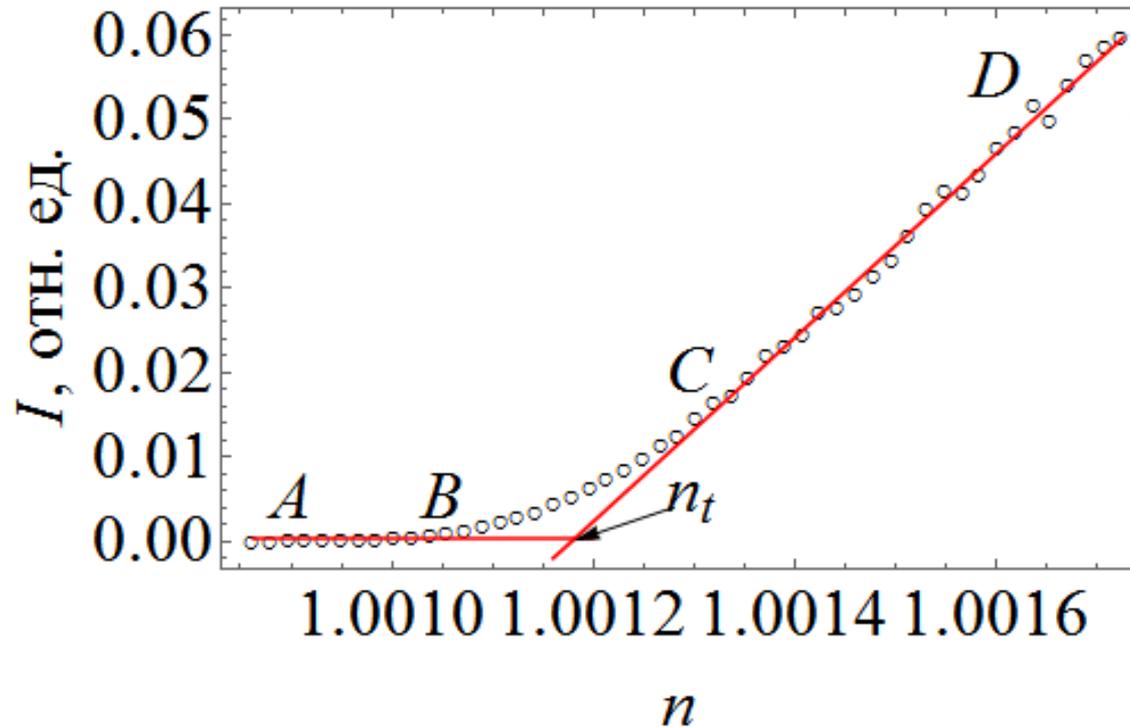


$v = c/n$  – пороговая скорость электрона

$n = 1 + (n_0 - 1) \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T}$  – показатель преломления газовой среды

$n_0, p_0, T_0$  – показатель преломления, давление и температура при нормальных условиях

Зависимость интенсивности  $I$  излучения Вавилова-Черенкова от показателя преломления  $n$



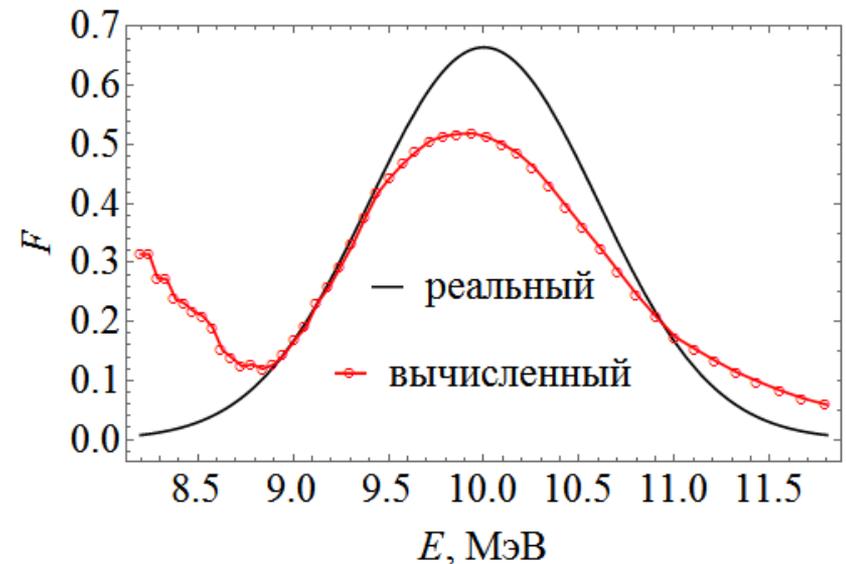
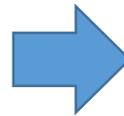
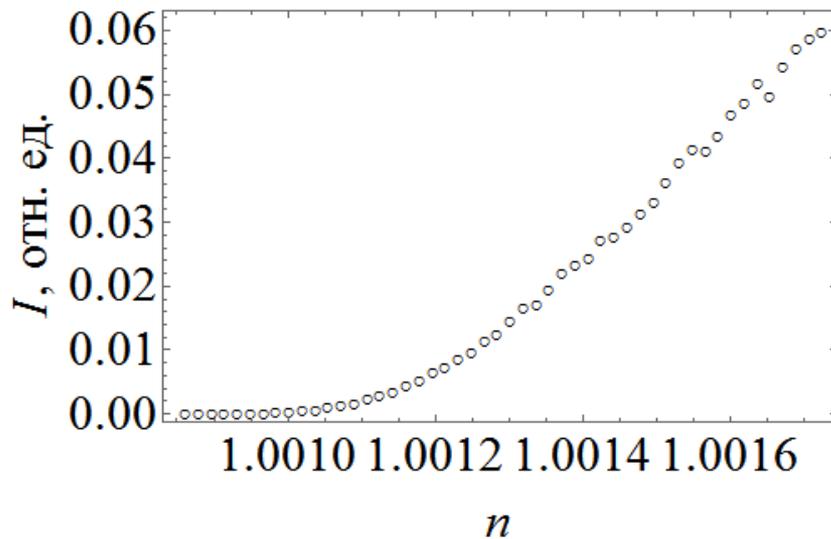
$$E = \left( \frac{n_t}{\sqrt{n_t^2 - 1}} - 1 \right) m_0 c^2 - \text{средняя энергия пучка электронов}$$

$$I(n) = A \int_{1/n}^1 \left( 1 - \frac{1}{n^2 \beta^2} \right) F(\beta) d\beta$$

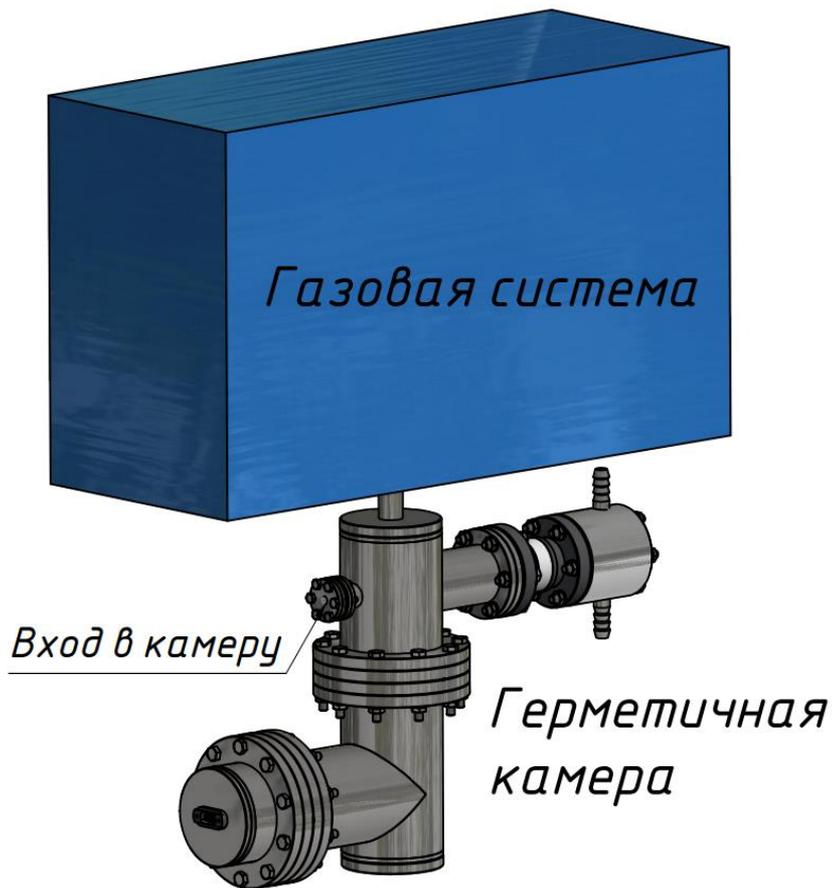
$I$  – интенсивность черенковского излучения

$A$  – постоянная величина

$F(\beta)$  – спектр пучка электронов



Зная зависимость интенсивности черенковского излучения от показателя преломления  $I(n)$ , можно вычислить спектр  $F(\beta)$  пучка электронов



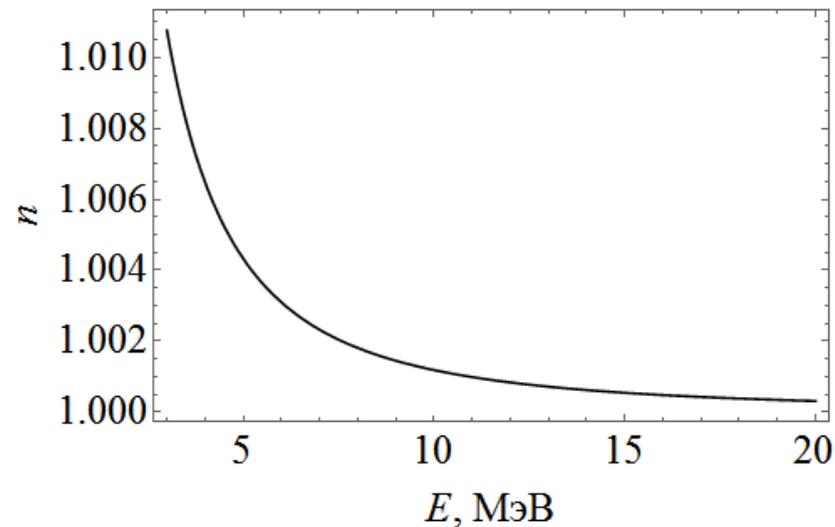
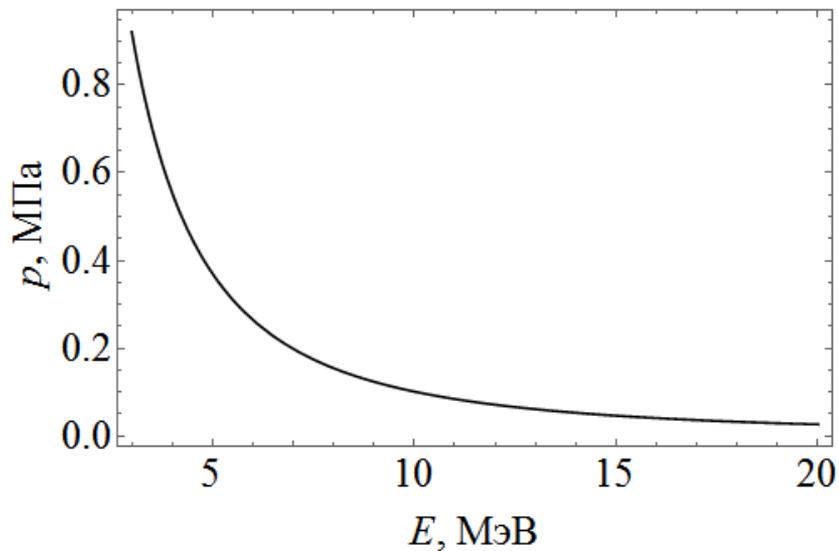
На данный момент изготовлена герметичная камера, ведется работа по изготовлению газовой системы.

Размеры камеры 420×292×117 мм  
Масса камеры 11 кг

Для регистрации черенковского излучения используется фотодиод PIN-25DP

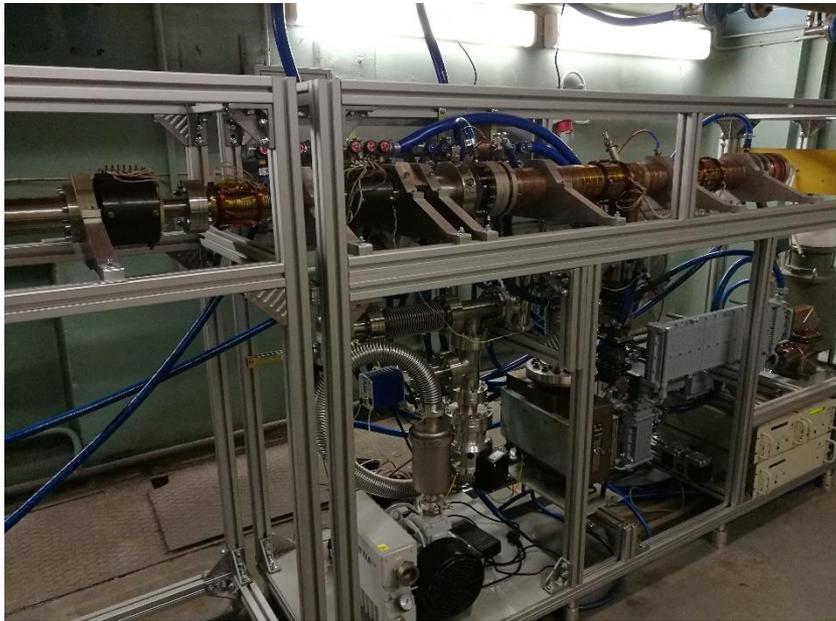
Диаметр чувствительной области 28 мм





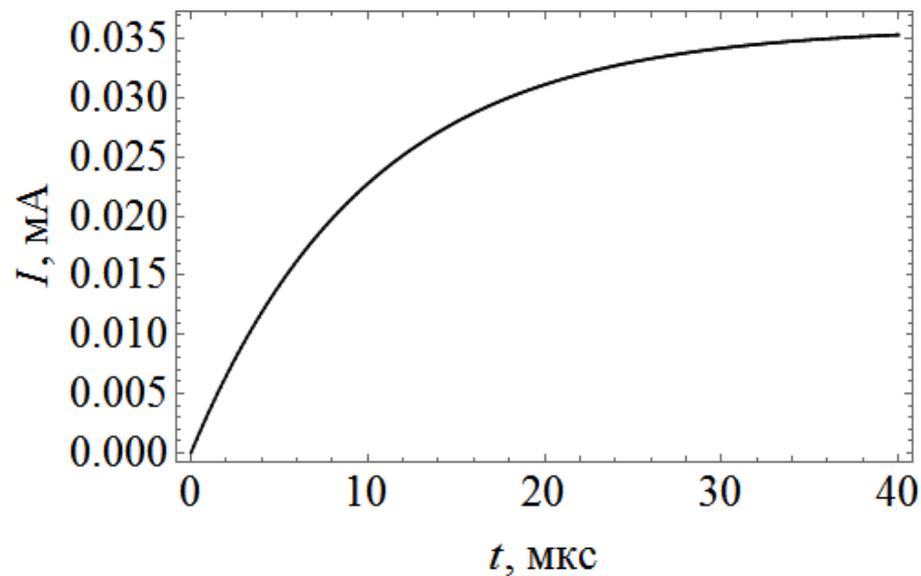
Предполагается, что с помощью прибора можно будет измерять энергию электронов **3-20 МэВ**. Для этого камера должна выдерживать давление до **0.9 МПа**.

Испытания прибора будут проводиться на линейном ускорителе электронов в НИИЯФ МГУ



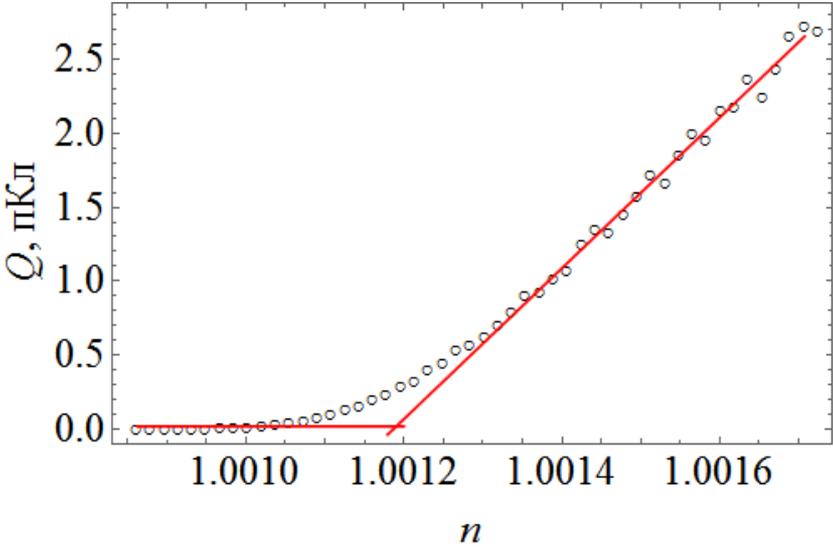
### Характеристики пучка

Параметр	Значение
Средняя энергия	10 МэВ
Дисперсия	0.6 МэВ
Импульсный ток	0.48 А
Длительность импульса	40 мкс



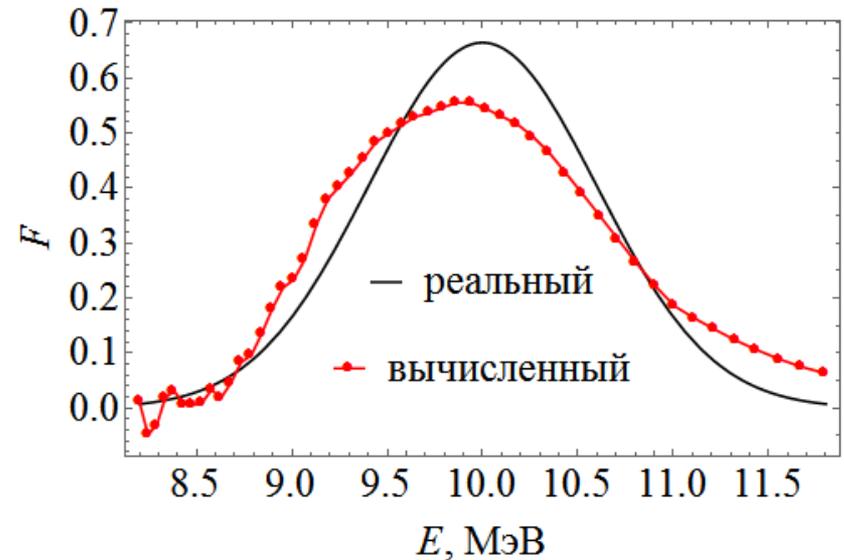
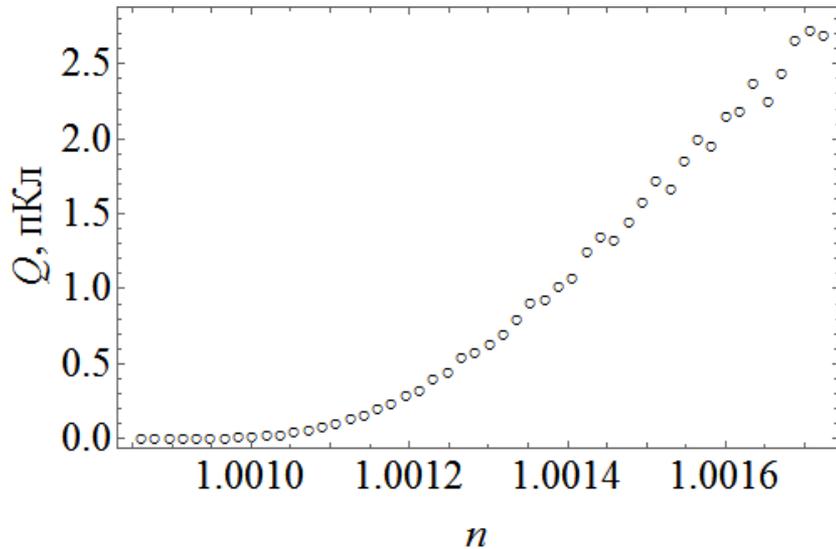
Токовый сигнал с фотодиода, когда давление в камере **0.1198 МПа** и показатель преломления **1.0014** (пороговая энергия **9.16 МэВ**).  
Интегрируя сигнал получаем заряд **1.086 пКл**

Зависимость заряда  $Q$  на фотодиоде от показателя преломления  $n$ .  
Давление в камере изменяется от 0.0738 МПа до 0.1477 МПа



Применение метода измерения энергии с помощью  
аппроксимирующих прямых  $\Rightarrow$   
средняя энергия пучка 9.97 МэВ

Зависимость заряда  $Q$  на фотодиоде от показателя преломления  $n$ .  
Давление в камере изменяется от 0.0738 МПа до 0.1477 МПа



Применение метода восстановления спектра пучка  $\Rightarrow$   
средняя энергия пучка 10.01 МэВ  
дисперсия 0.68 МэВ

Спасибо за внимание