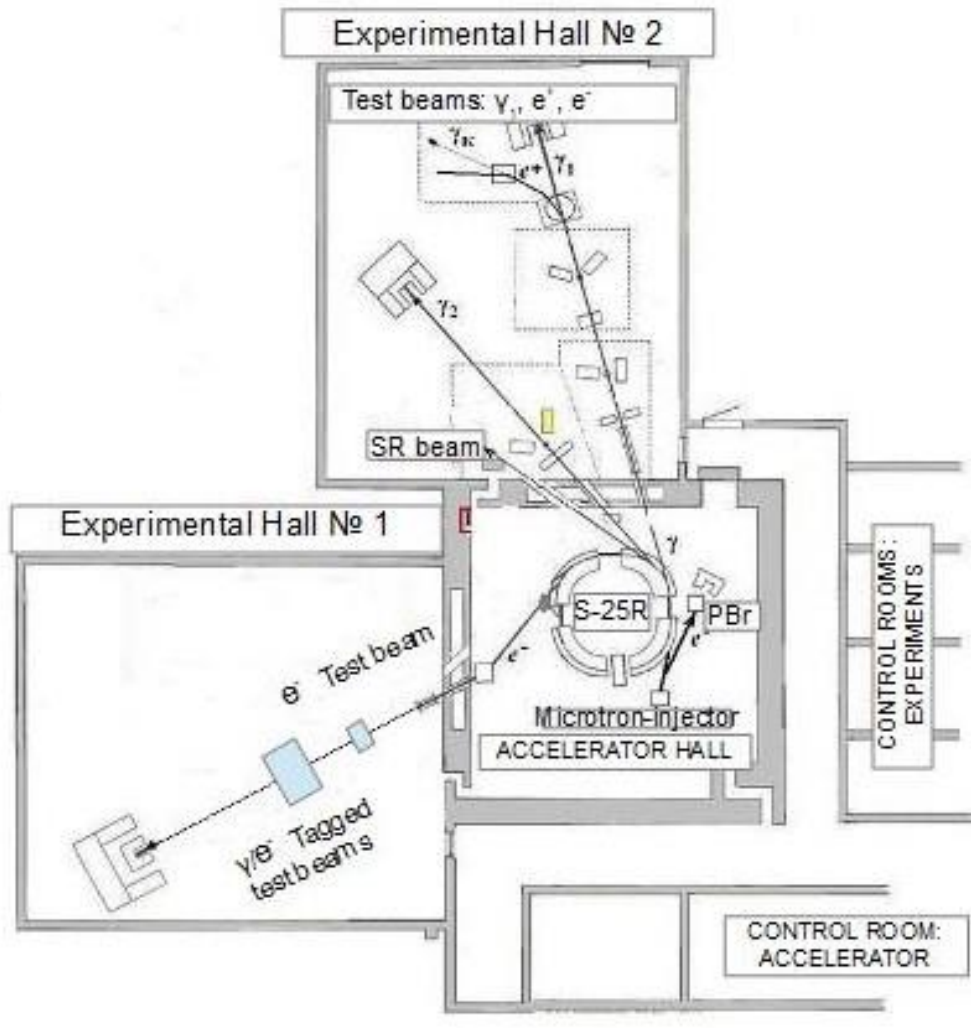

CALIBRATION BEAMS OF THE ACCELERATOR S-25R "PAKHRA"

V.I. Alekseev, V.A. Baskov, V.A. Dronov, V.A. Koltsov, A.I. Lvov, Yu.F. Krechetov*, E.I. Malinovski,
I.A. Mamonov, V.V. Polyanskiy, S.S. Sidorin

*P.N. Lebedev Physical Institute of the RAS,
Department of Nuclear Research TSD (Troitsk Separate Division), Moscow
* - Joint Institute for Nuclear Research, Dubna*

ELECTRONIC SYNCHROTRON S-25R DNR LPI



Number of rotary magnet sections – 4

Equilibrium orbit radius in the magnet, R_0 – 400 cm

Field in the magnet, H_{max} – 1 T

Resonator excitation frequency – 55 MHz

Injection energy (field) – 7,4 MeV (0,006 T)

Energy of electrons in the ring (today!), E – 200 - 850 MeV

Number of electrons in the ring, I_{max} – $\sim 10^{12}$ e-/sec

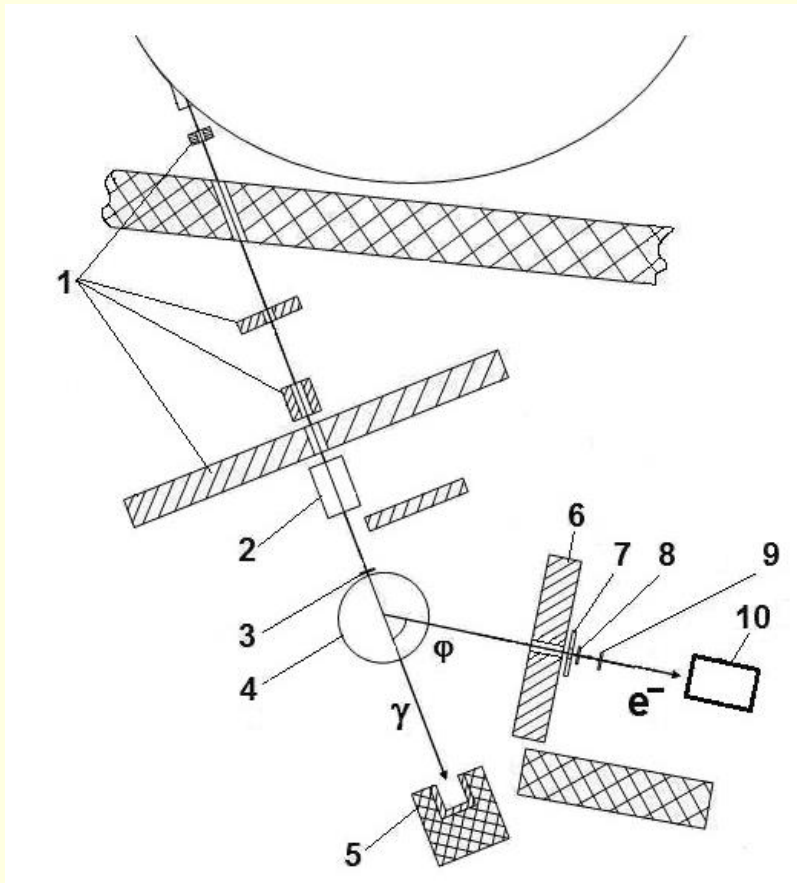
Beam dumping repetition rate, f – 50 Hz

Stretching time of beam dumping, ΔT_{max} – ~ 2 ms

Duty factor – 0.15

Accelerator beams schema
S-25R «PAKHRA» DNR LPI.

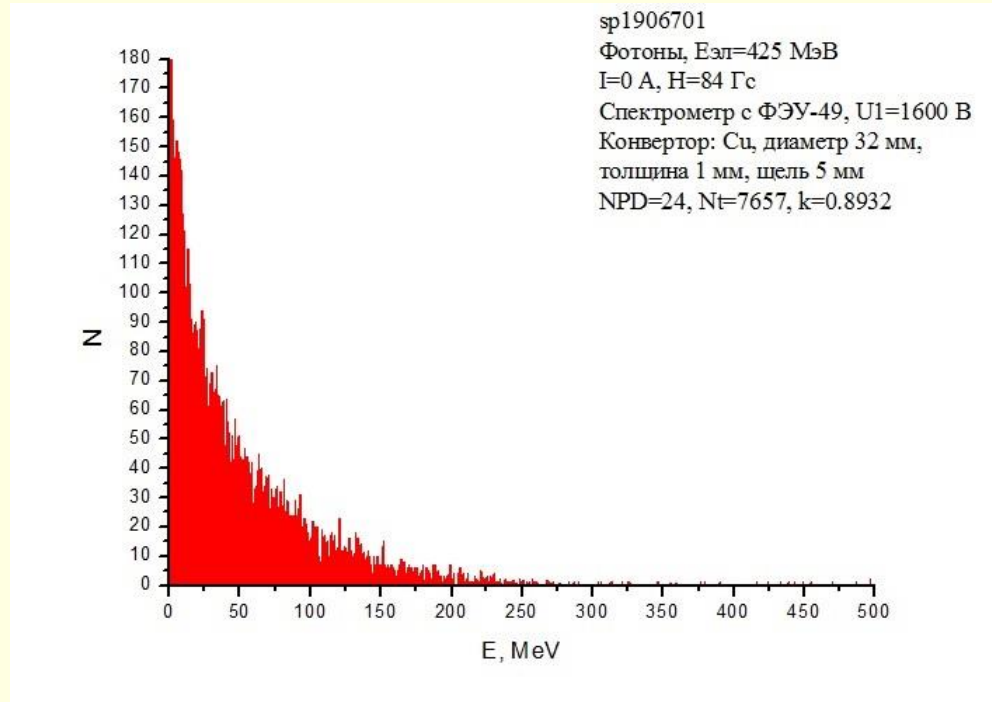
The Secondary electrons calibration beam



The Calibration beam scheme (secondary electrons):

- 1 – lead collimators and protection walls;
- 2 - SP-3 cleaning magnet;
- 3 – converter;
- 4 – SP-57 spectrometric magnet;
- 5 – photon beam absorber;
- 6 – collimators and Pb-wall;
- 7 – scintillation counter anti-coincidences A;
- 8, 9 – trigger scintillation counters S_1 и S_2 ;
- 10 – Total absorption Cherenkov spectrometers (TACHS).

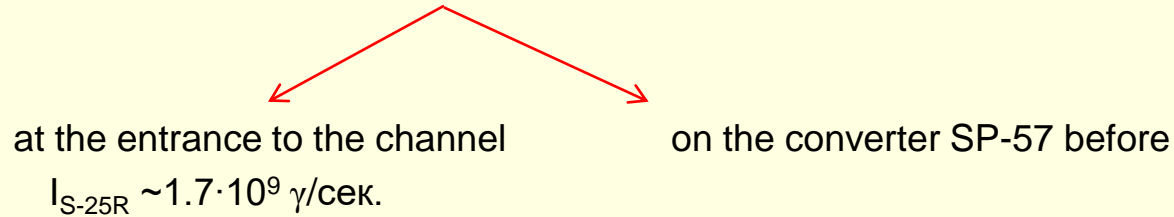
The gamma-beam



The bremsstrahlung radiations spectrum obtained by using TACHS (and the 5 mm width slotted lead collimator was used).
 $\langle E \rangle = 56$ МэВ.

Gamma-beam monitoring

Photon beam monitoring system (intensity control):

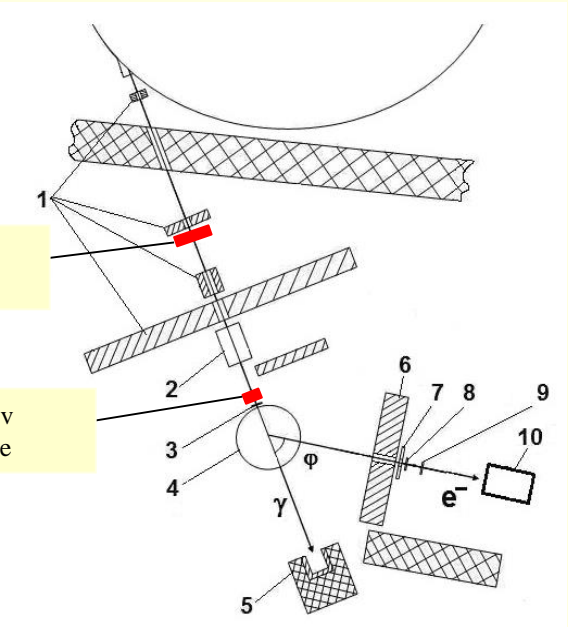


The Cherenkov radiation of conversion $e + e^-$ pairs was used, because:

1. The Fast time for the formation of the Cherenkov radiation pulse (the scintillation pulse by $\sim 3-5$ times in comparison);
2. The interaction of photons with matter in comparison with the interaction of electrons is less intense $\sim 10^3 - 10^4$ less;
3. The high radiation resistance of plexiglass compared to scintillator.

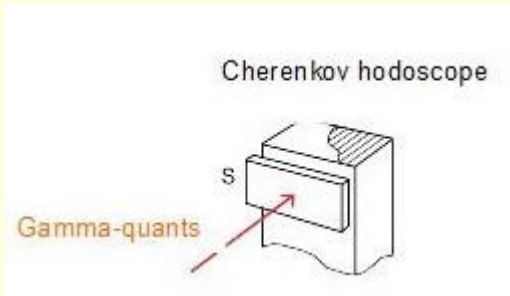
All this makes it possible to use Cherenkov counters in photon beams with an intensity up to $\sim 10^{10} \gamma/\text{sec}$. With a beam diameter in the SP-57 region about 30 mm and a channel width of the Cherenkov hodoscope based on plexiglass around 5 mm, the channel count can be about $10^3 - 10^4$ 1/s. This makes it possible to use such a hodoscope as an active radiator to determine the point of conversion of a photon into an electron-positron pair and the point of entry of this pair into the SP-57 magnetic field.

Gamma-beam monitoring

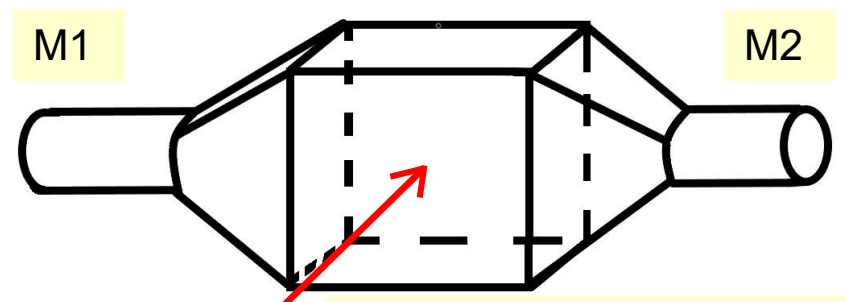


Cherenkov monitor

Cherenkov hodoscope



Cherenkov hodoscope



M1

M2

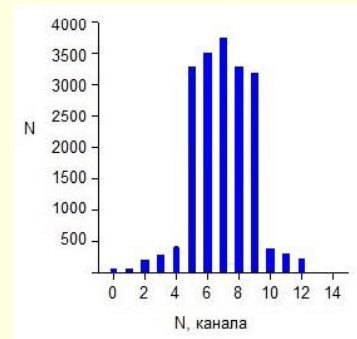
Gamma-quants

$$V = 100 \times 100 \times 10 \text{ мм}^3$$

$$N_{M1} = N_{M2} \sim 10000 \text{ 1/сек}$$

$$N_{M1 \times M2} \sim 2000 \text{ 1/сек}$$

Cherenkov monitor



The photon beam profile measured by the hodoscope based on Cherenkov counters in front of the radiator (3) at the pole slice of the SP-57 magnet (4).

The Working Area of the Experimental Hall



Trigger: $T = (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3) \cdot A$

Size of trigger counters:

$C_1, C_2, C_3 - 15 \times 15 \times 1 \text{ mm}^3$

$A - 40 \times 90 \times 10 \text{ mm}^3$, hole diameter $\varnothing 10 \text{ mm}$



The workplace –
general view



Coordinate table :

Positioning range: on X - |50| cm: Y - |15| cm

Positioning accuracy: $\Delta x (\Delta y) = 2 \text{ mm}$

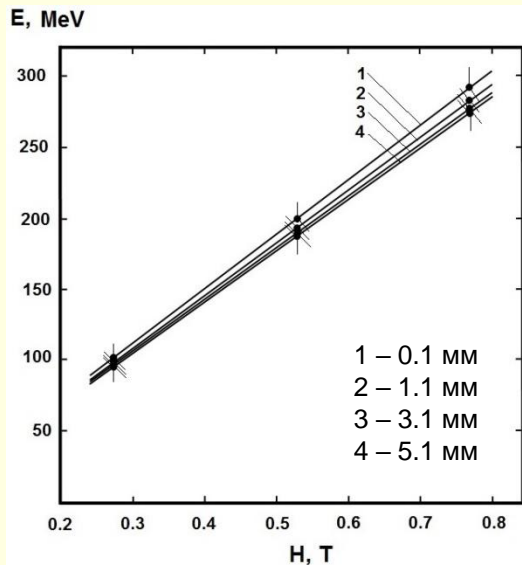
P_{detector} up to 30 kg

The secondary electron beam

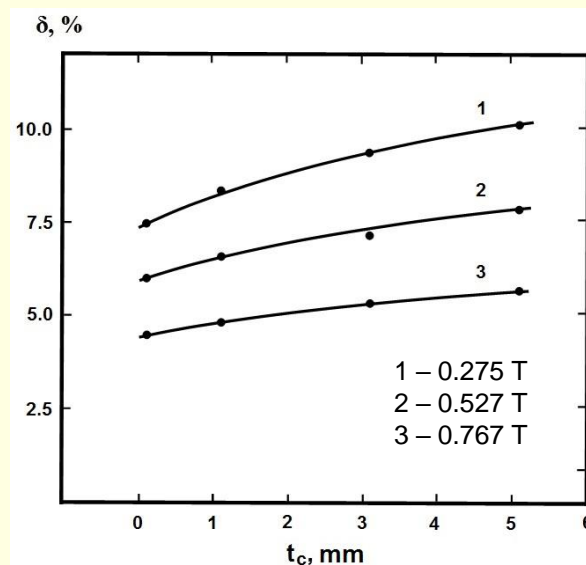
- The energy diapazone of gamma-quants, E_{\max} – 200 - 500 MeV
- The intensity of gamma-quants – $\sim 1.7 \cdot 10^9$ γ /sec
- Converter thickness (3) – 0.1 – 5 mm Cu
- Collimator diameter (6) – 10 mm
- The field of SP-57 magnet (4) – 0.2 – 1.0 T
- The energy of secondary electrons (calibration beam) – $E_e = 30 - 300$ MeV

The energy resolution:

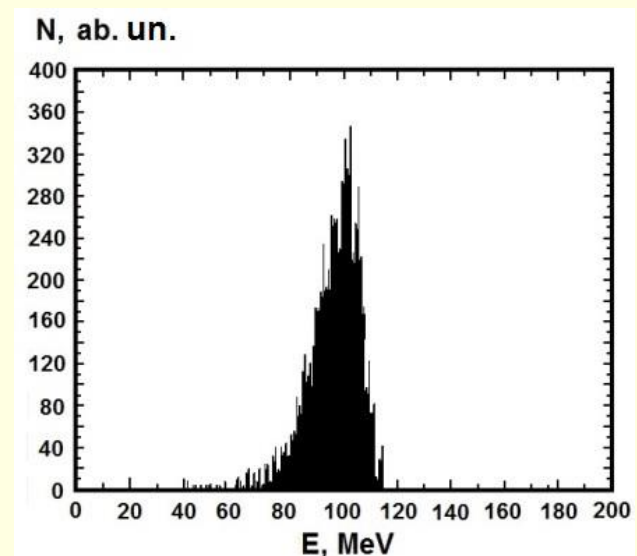
- The energy diapazone – $\Delta E = 100 - 300$ MeV
- The energy resolution – $\delta = 10 - 4.5$ %



The Energy-vs-Thickness dependence of the secondary electrons on SP-57 field.



The Resolution of energy-vs-Thickness of converter dependence of the secondary electrons on SP-57 field.



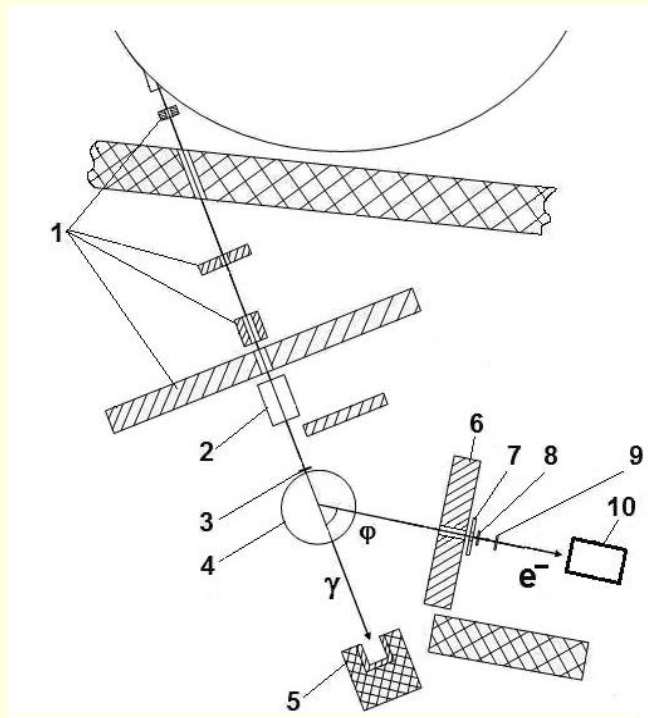
The energy spectrum of the secondary electrons ((converter + air + TACHS) - air + TACHS), $t_c = 0.1$ mm (Cu)

The channel element parameter optimization

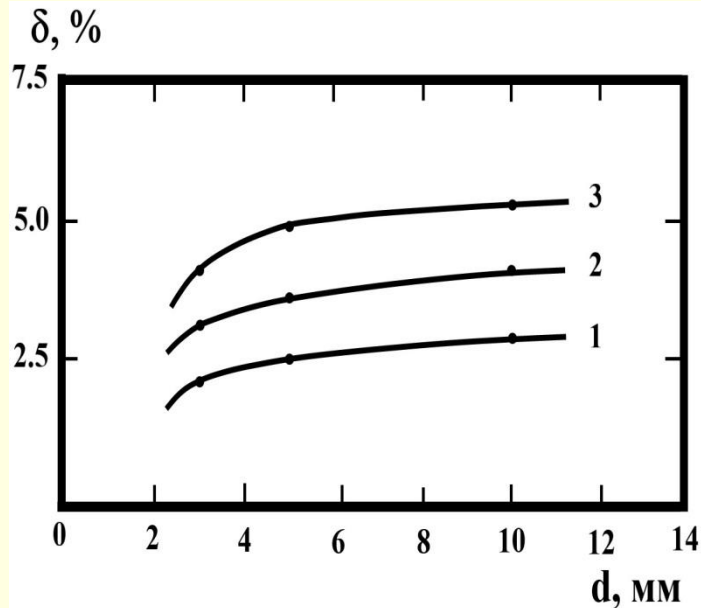
1. Trigger parameters $T = (S1 \times S2) \times A$
(number of counters, size of counters and distance between them) (7 and 8)
2. Converter thickness (3)
3. Diameter of the collimator hole (6)



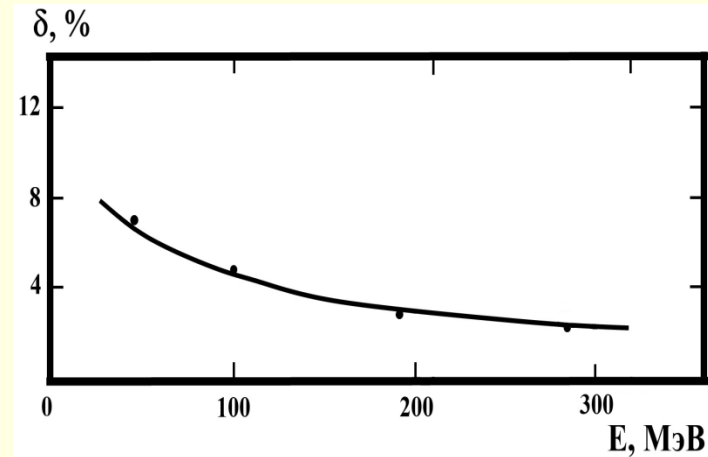
- 2
 $10 \times 10 \times 5 \text{ mm}^3$
32 cm
1 – 3 mm
3 – 10 mm



Results

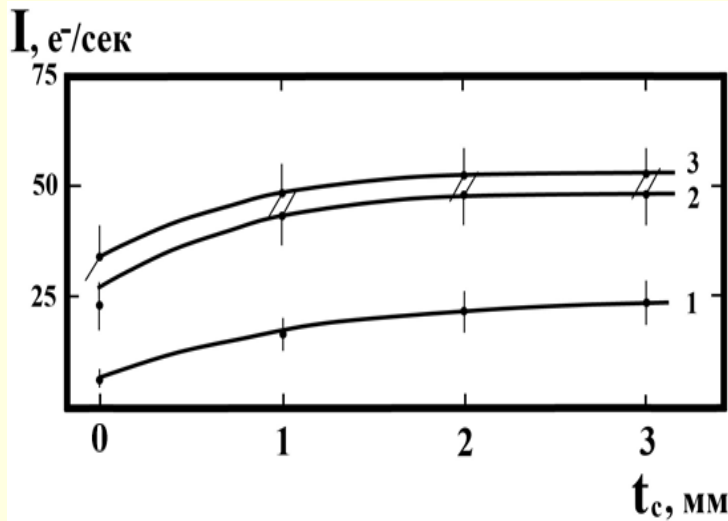


The Relative energy resolution-vs-Collimator hole diameter (“d”) dependence of secondary electrons and on thickness t_c at the secondary electrons energy $E = 280$ MeV. In the figure: 1 - $t_c = 3$ mm; 2 - $t_c = 5$ mm; 3 - $t_c = 10$ mm.

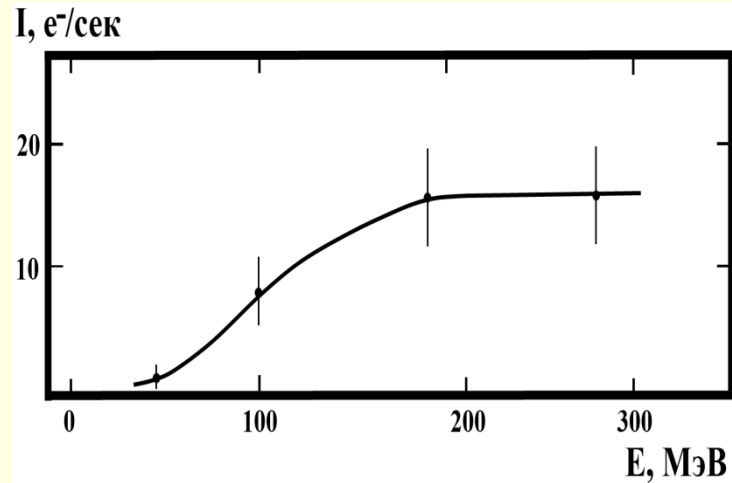


The Relative energy resolution-vs-Average energy of secondary electrons dependence at $t_c = 1$ mm and $d = 3$ mm.

Results



The Secondary electrons intensity-vs-converter thickness t_c dependence and on the collimator hole diameter “d” at an electrons energy of $E = 280$ MeV. In the figure: 1 - $d = 3$ mm; 2 - $d = 5$ mm; 3 - $d = 10$ mm.

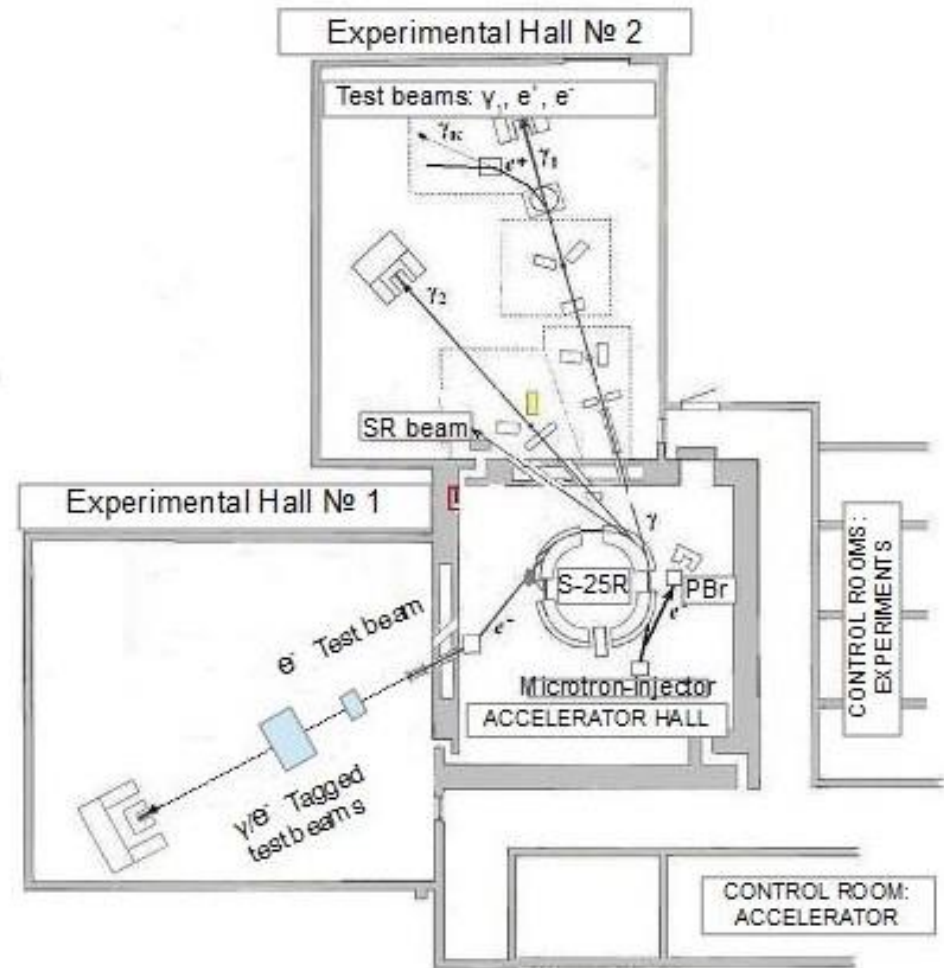


The energy dependence of the secondary electrons at $t_c = 1$ mm and $d = 3$ mm.

The slow extraction channel



The slow extraction channel e-beam.



Accelerator beams schema
S-25R «PAKHRA» DNR LPI.

The slow extraction channel

1. Trigger parameters $T = S1 \times S2$ (number of counters, size of counters and distance between them)
2. Diameter of the collimator hole in front of the 2nd lens



2
10×10×5 mm³
60 cm
4.5 mm

- intensity at the output flange of the accelerator $\sim 10^{10}$ e⁻/sec
- intensity in the working area of the 1st hall $\sim 10^4$ e⁻/MeV
- preferred energy diapazone $E_e = 300 - 400$ MeV
- possible energy range $E_e = 200 - 500$ MeV,
- $\delta_e \sim 1\%$.

Work on the Calibration Channel, performed in 2017 - 2019.

№ п/п	Институт, установка, группа, ответственный	Цель работы	Место работы (№ зала)	Время работы	Примечание
1	ГАММА-400, Архангельский А.	Калибровка аппаратуры и детекторов	2	1 - 8 декабря 2017 г.	
2	ИЯИ, Джилкибаев Р.	Исследование характеристик нейтронного детектора	2	26 декабря 2017 г.	
3	ГАММА-400, Архангельский А.	Калибровка аппаратуры и детекторов	2	18 - 23 апреля 2018 г.	
4	ГАММА-400, Архангельский А.	Калибровка аппаратуры и детекторов	2	21 - 25 мая 2018 г.	
5	ГАММА-400, Архангельский А.	Калибровка аппаратуры и детекторов	2	28 - 30 ноября 2018 г.	
6		Работы не велись ввиду отсутствия электроэнергии		март - сентябрь 2019 г.	Авария на подстанции ускорителя С-25Р
7	MPD NICA (Дубна), Тяпкин А.	Исследование характеристик одиночного модуля электромагнитного калориметра ECAL MPD	2	30, 31 октября 2019 г.	
8	Установка BMN (Дубна)	Исследование эффективности работы элемента черенковского годоскопа на основе кварцевого стекла	2	6 ноября 2019 г.	
9	SCAN-3 (Дубна), Аранасьев С.В.	Калибровка триггерного счетчика и электронного оборудования установки SCAN-3	2	10 декабря 2019 г.	
10	SCAN-3 (Дубна), Малахов, Дмитриев А.	Тестирование многозарядных резистивных плоских камер	2	9, 11 и 12 декабря 2019 г.	
11	MPD NICA (Дубна), Тяпкин А.	Исследование характеристик элементов электромагнитного калориметра ECAL MPD	2		Работа запланирована на январь 2020 г.
12	ГАММА-400, Архангельский А.	Калибровка аппаратуры и детекторов	2		Работа запланирована на февраль 2020 г.

Results of 2017-2019, articles

1. Алексеев В.И., Басков В.А., Дронов В.А., Львов А.И., Кречетов Ю.Ф., Малиновский Е.И., Павлюченко Л.Н., Полянский В.В., Сидорин С.С. **«КАЛИБРОВОЧНЫЙ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКИЙ ПУЧОК ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ УСКОРИТЕЛЯ С-25Р «ПАХРА»»** // ПТЭ. 2019. № 2. С.1-7; DOI: 10.1134/S0032816219020162
2. Алексеев В.И., Басков В.А., Дронов В.А., Львов А.И., Кречетов Ю.Ф., Малиновский Полянский В.В **«РЕГИСТРАЦИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕНКОВСКИМ СПЕКТРОМЕТРОМ ПОЛНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ»** // arXiv.org > physics > arXiv: 1911. 12608; КСФ, 2019, №9, С.31-37.
3. Алексеев В.И., Басков В.А., Далькаров О.В., Кольцов А.В., Львов А.И., Мамонов И.А., Павлюченко П.Н., Полянский В.В **«МОНИТОР ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ОСНОВЕ ЧЕРЕНКОВСКОГО СЧЕТЧИКА»** // КСФ, 2019, №11, С. 37-43).
4. Алексеев В.И., Басков В.А., Дронов В.А., Львов А.И., Кречетов Ю.Ф., Кольцов А.В., Полянский В.В., Сидорин С.С. **«ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЛИБРОВОЧНОГО ПУЧКА ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ УСКОРИТЕЛЯ С-25Р «ПАХРА»»** // arXiv.org > physics > arXiv: 1912. 08095; КСФ. 2020 (отправлена в печать 19.12.2019 г.).
5. Алексеев В.И., Басков В.А., Дронов В.А., Кольцов А.В., Львов А.И., Полянский В.В., Сидорин С.С. **«СИСТЕМА МОНИТОРИРОВАНИЯ КАЛИБРОВОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА УСКОРИТЕЛЯ С-25Р «ПАХРА»»** // ПТЭ. 2020 (подготовлена к печати).
6. Алексеев В.И., Басков В.А., Дронов В.А., Кольцов А.В., Львов А.И., Полянский В.В. **«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА МЕТОДОМ “ПОГЛОЩЕННОЙ ЭНЕРГИИ”»** NIM или ПТЭ. 2020 (подготовлена к печати).

Results of 2017-2019, conferences and seminars

1. В.И. Алексеев, В.М. Алексеев, В.А. Басков, В.А. Карпов, А.И. Львов, Е.И. Малиновский, В.В. Полянский, С.А. Ралко, А.В. Серов, Г.Г. Субботин... **«СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ КАЛИБРОВОЧНЫЕ ПУЧКИ УСКОРИТЕЛЯ С-25Р (ПАХРА)»**, Семинар-обсуждение, 17.05.2016 г., ФИАН, ГАММА-400
2. В. А. Басков **«КОМПЛЕКС ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ И ФОТОНОВ СРЕДНИХ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ РАБОТ»**, семинар ОФВЭ ФИАН, 10.02.2017 г., Троицк.
3. V I Alekseev, V A Baskov, V A Dronov, A I L'vov, A V Koltsov, Yu F Krechetov, E I Malinovsky, L N Pavlyuchenko, V V Polyanskiy and S S Sidorin **«A quasi-monochromatic electron beam of “Pahra” accelerator for calibration of detectors»**, IV International Conference on Particle Physics and Astrophysics, 22-26.10.2018, MEPhI, Moscow.
4. V. Alexeev, V. Baskov, V. Dronov, A. L'vov, A. Kol'zov, V. Polyansky **«Beams of “Pahra” accelerator of the P.N. Lebedev Physical Institute for calibrations of SPD detectors»**, “SPD at NICA — 2019” workshop, 4-8.06.2019, Dubna
5. И. А. Мамонов И.А. **«Тестовые пучки синхротрона ФИАН С-25Р «Пахра»»**, Молодежная конференция по теоретической и экспериментальной физике, МКТЭФ-2019, 25-28 ноября 2019 г., ИТЭФ
6. В.И. Алексеев, В.А. Басков, В.А. Дронов, В.А. Кольцов, А.И. Львов, Ю.Ф. Кречетов, Е.И. Малиновский, В.В. Полянский, С.С. Сидорин **«КАЛИБРОВОЧНЫЕ ПУЧКИ УСКОРИТЕЛЯ С-25Р»** семинар ОЯИ ТОП ФИАН, 10.02.2017 г., Троицк.

Conclusion

1. In the *DNR TSD LPI*, calibration beams have been created and are functioning:
 - Bremsstrahlung radiations
 - Electrons (positrons)
2. *DNR TSD LPI* (in fact) is becoming the calibration center of equipment and detectors in the nuclear physics.
3. The possibility of creating a neutron test beam (with the participation of JINR) is being studied.
4. It is possible to recreate the beam
 - Tagged photons

CALIBRATION BEAMS OF THE ACCELERATOR S-25R "PAKHRA"

Thanks for attention !