

# Нейтронотвод НЗ-5 для SANS-2, SANS-3 и SESANS

---

ПАВЛОВ К.А., КОНИК П.И.,  
ГРИГОРЬЕВ С.В., МОСКВИН Е.В.

# Концепция SANS на ПИКе

---

прибор	прототип	Сильная сторона
Тензор	SANS-1	Высокое разрешение (селекторы 5 и 10%, чопперы 1-3%)
Мембрана-2	D33	Широкий диапазон (время-пролетная методика + пара детекторов)
SANS-2	D22 + поляризация	Универсальная (прибор первого дня)

# SANS-2 на ПИКе

---

Единственная SANS на ПИКе – универсальность обеспечивается большими коллимационной и детекторной базами ( $q = 8 \cdot 10^{-4} \div 0.7 \text{ \AA}^{-1}$ ), а также опцией поляризации

- Стабильная работа за счет минимума опций и отсутствия неосвоенных технологий

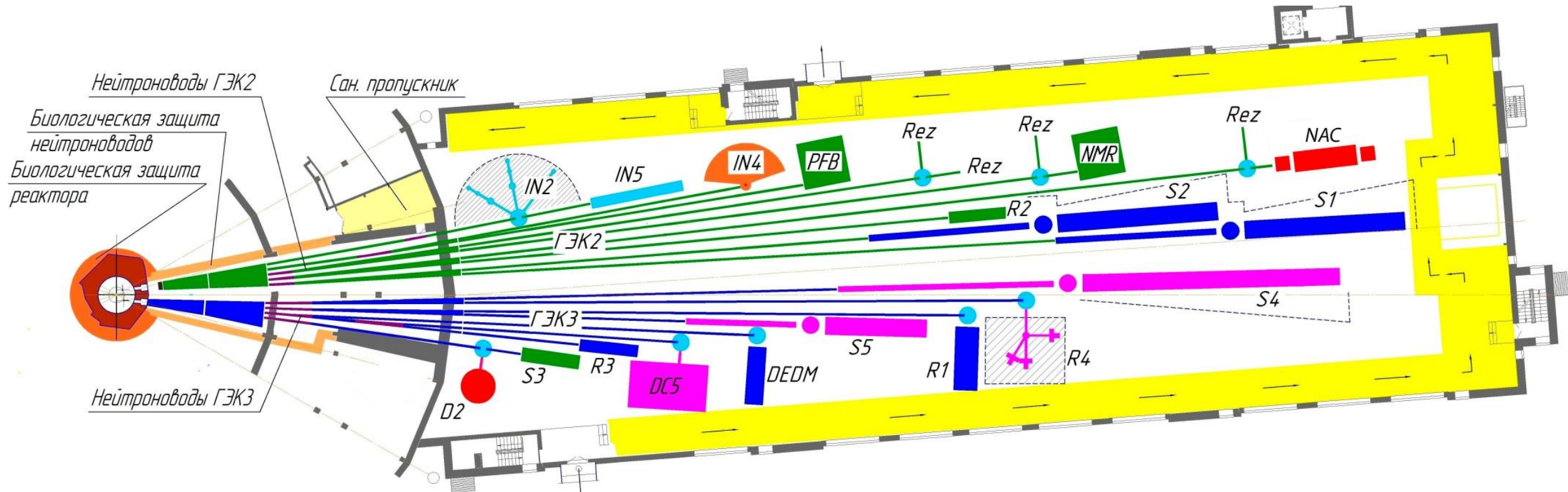
# SANS-3 на ПИКе

---

Основные области применения:

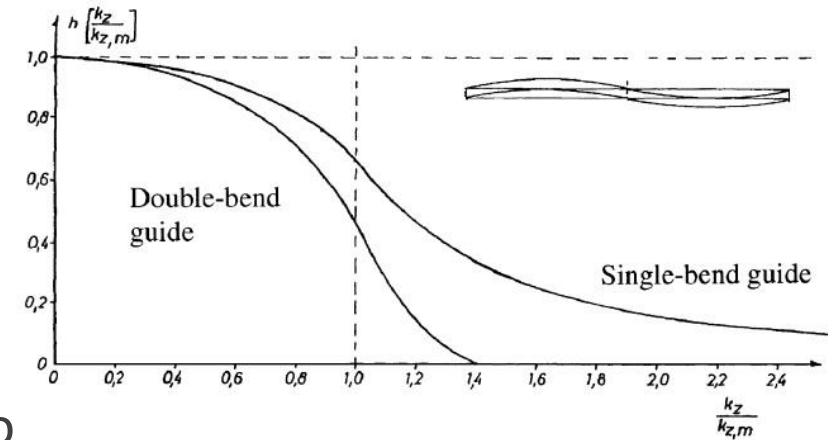
1. Разгрузка SANS-2 в основной части диапазона (D22 & D11, 2013: ~85% экспериментов с коллимационной базой менее 10м)
2. В перспективе - специализация на высокий поток (биология, полимеры, soft matter, поглощающие образцы) обеспечивается дополнительным селектором 20% и оптимизацией под малые коллимационные базы (~15% публикаций с D22)
3. Возможные дополнительные опции – TOF, GISANS, широкоугольные измерения
4. Технологический полигон для обкатки новых решений (имеется 3 позиции в коллиматорной трубе)

# Нейтронный зал



# Облик нейтроноводов

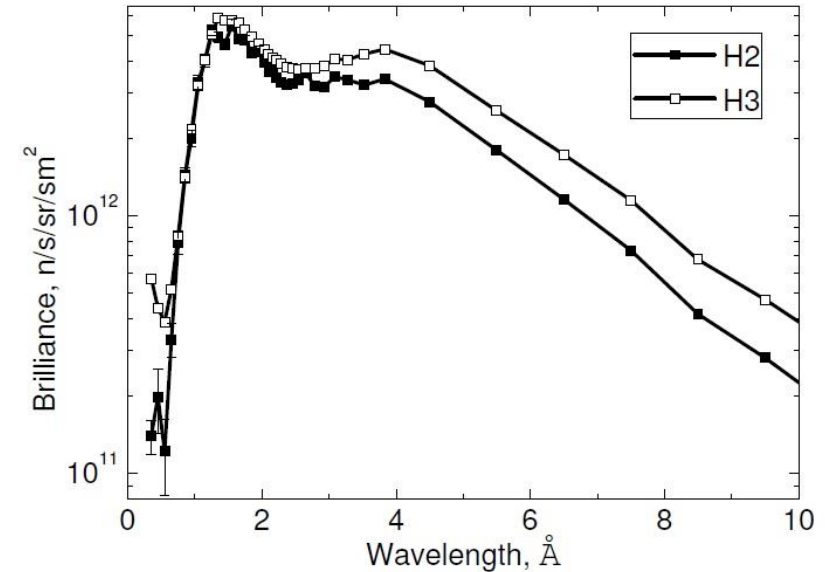
1. Оптимальное сечение  $30 \times 30 \text{ мм}^2$ . Больше сечение выгодно только для больших  $Q$  с плохим разрешением (малая часть экспериментов). В то же время создается нежелательный фон почти во всех экспериментах; требуется перестройка коллимационной системы; усложняется эффективный уход с прямой видимости.
2. S-образные нейтроноводы предпочтительнее изогнутых, так как обеспечивают полную фильтрацию коротковолновых нейтронов и однородность фазового пространства. Бендер имеет меньшее пропускание по рабочей длине волны и коротковолновый фон.



# Моделирование



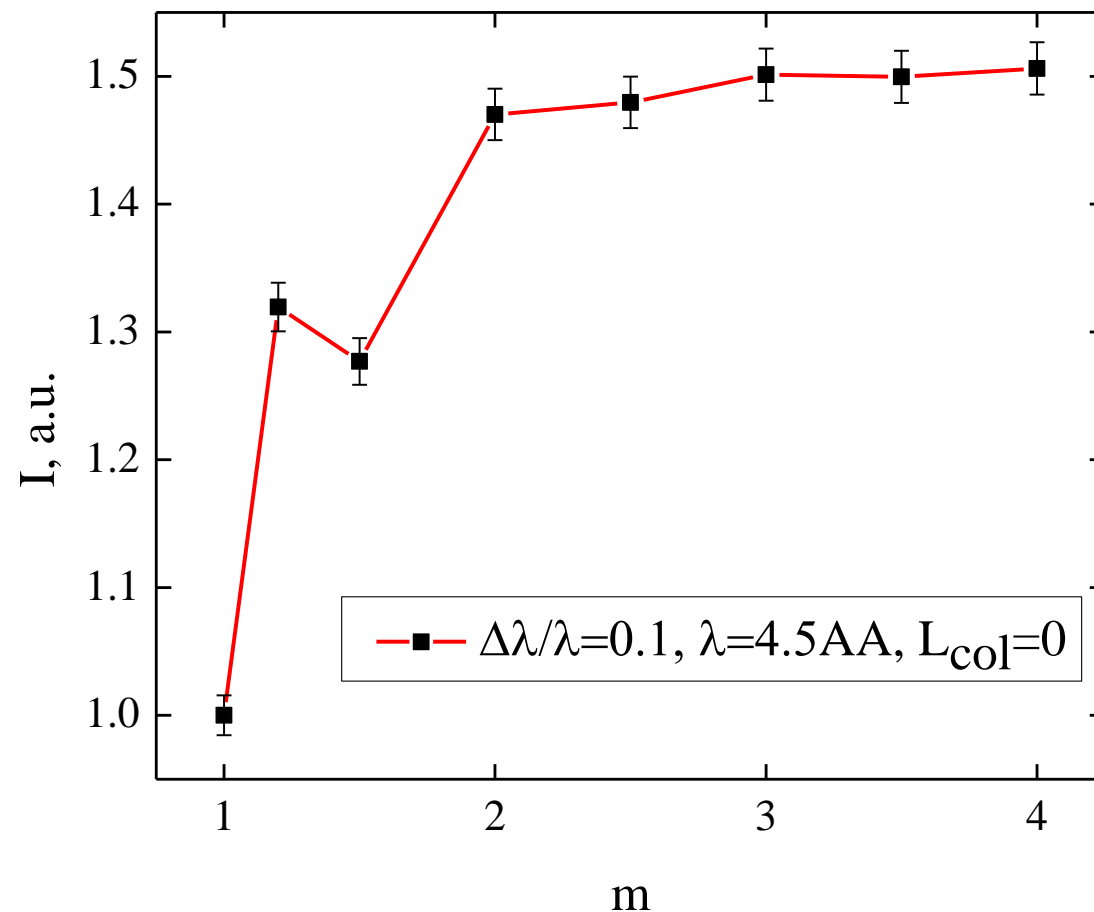
- Пакет McStas – численное моделирование нейтронных траекторий методом Монте-Карло
- Реальный спектр ГЭК-3
- Учёт потерь в нейтроноводах: рефлексивность, макроволнистость, разъюстировки
- Длина обоих нейтроноводов около 70 м + коллимационная часть
- Селектор с реальными параметрами
- Щели 2 см и 1 см



ГЭК-2		ГЭК-3	
$T_1 = 273$	$I_1 = 2.58 \cdot 10^{12}$	$T_1 = 310$	$I_1 = 1.75 \cdot 10^{12}$
$T_2 = 134$	$I_2 = 6.91 \cdot 10^{12}$	$T_2 = 150$	$I_2 = 6.65 \cdot 10^{12}$
$T_3 = 24$	$I_3 = 1.5 \cdot 10^{13}$	$T_3 = 26$	$I_3 = 1.05 \cdot 10^{13}$

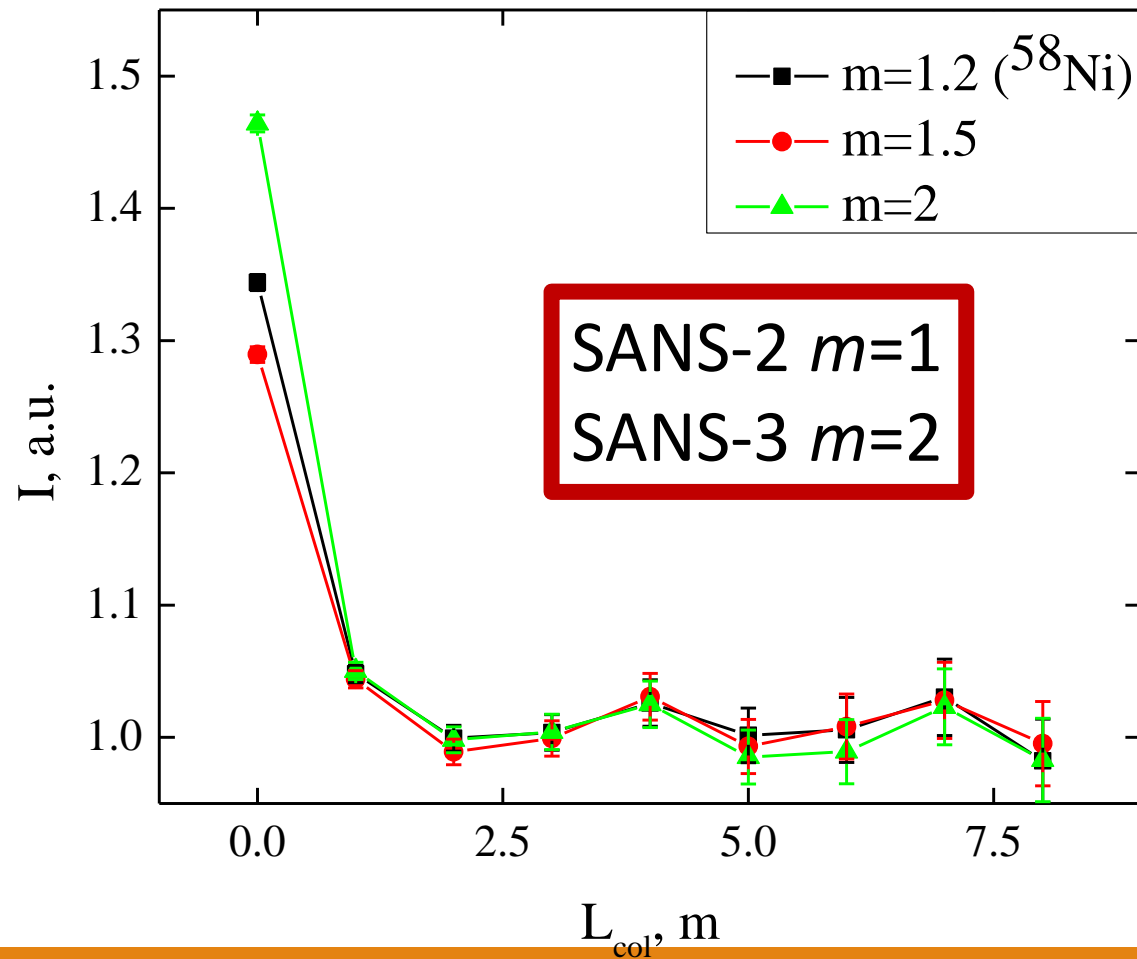
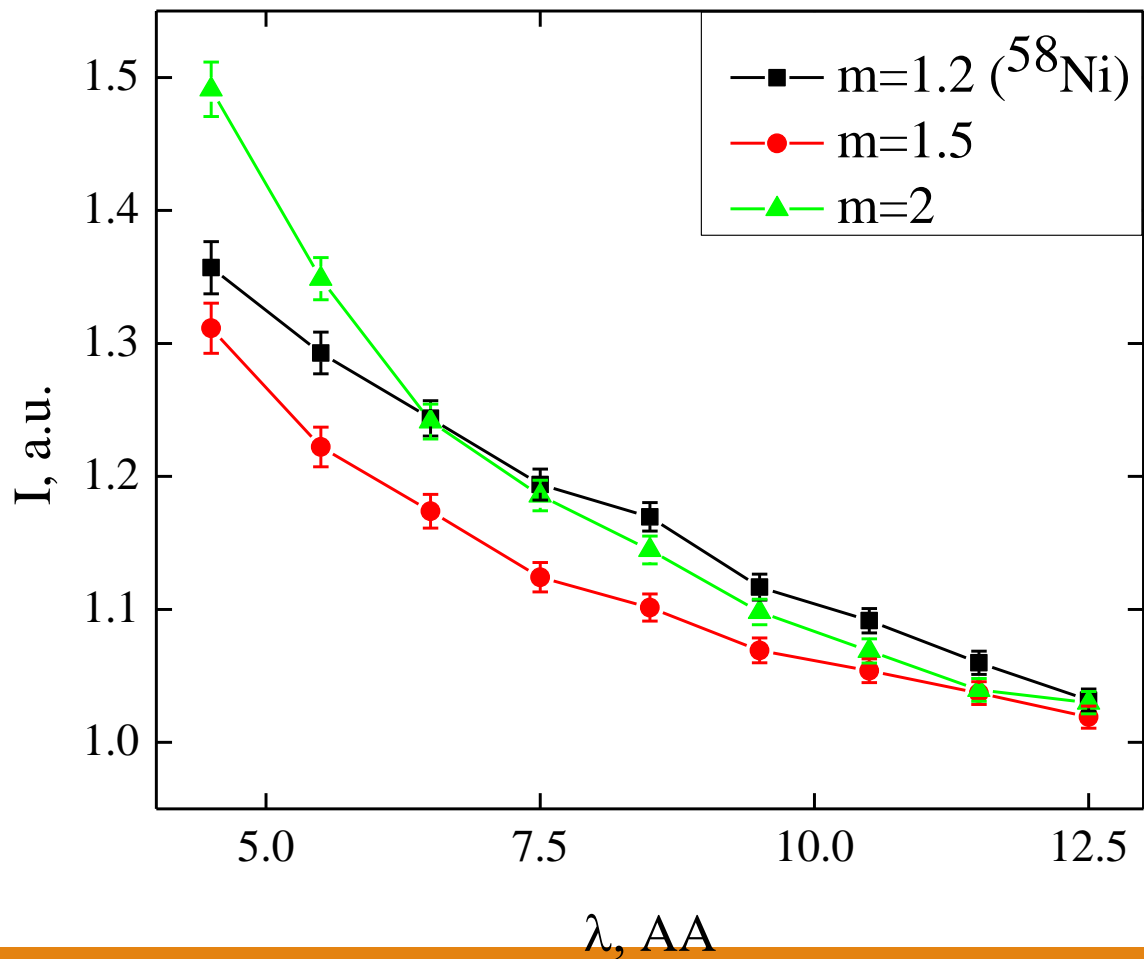
# Основное покрытие

Самая чувствительная конфигурация  
– минимальная длина волны,  
отсутствие коллимации





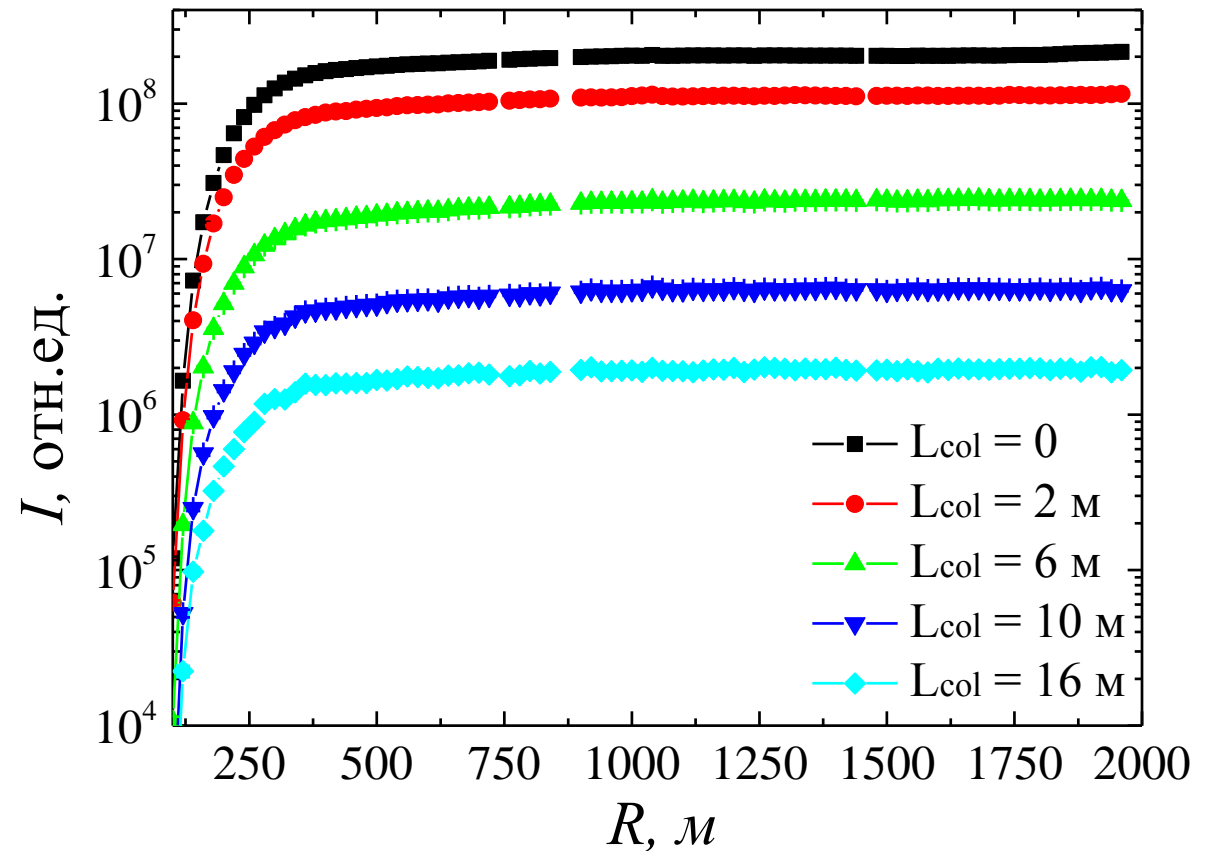
# Основное покрытие



# Расчёт изогнутой части н/в НЗ-5А (SANS-3)

Задача – двойной уход с прямой видимости в вертикальной плоскости с минимально возможным подъёмом пучка

Исследовано пропускание в  
зависимости от используемой в  
установке коллимации



# Расчёт изогнутой части н/в НЗ-5А (SANS-3)

Пропускание S-образного участка при произвольно выбранной коллимационной базе – берём наименьший радиус, обеспечивающий 90% пропускания

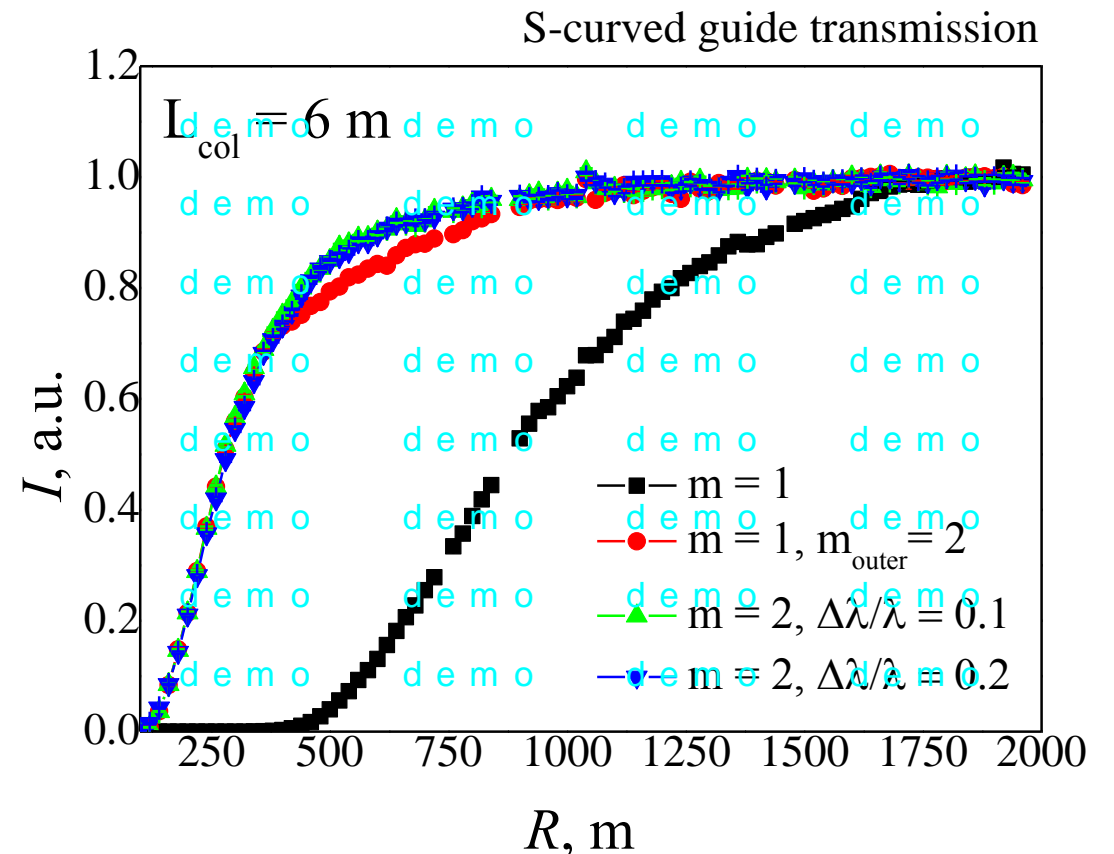
$$R = 585 \text{ м}$$

$$L = 14.2 + 14.2 \text{ м}$$

$k = 1.23$  на каждом изогнутом участке

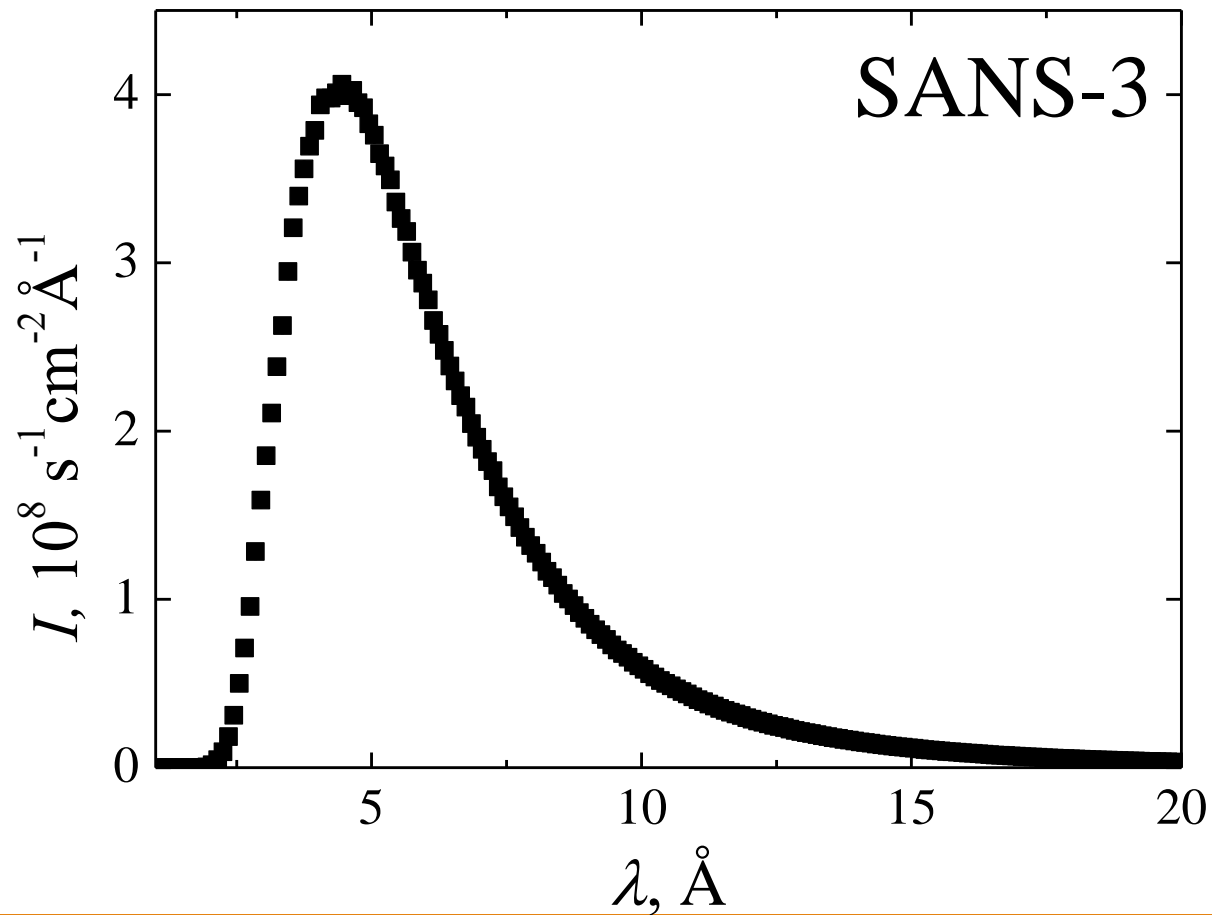
$h = 34.5 \text{ см}$  – смещение оси пучка

$H = 162 \text{ см}$  – итоговая высота пучка над полом

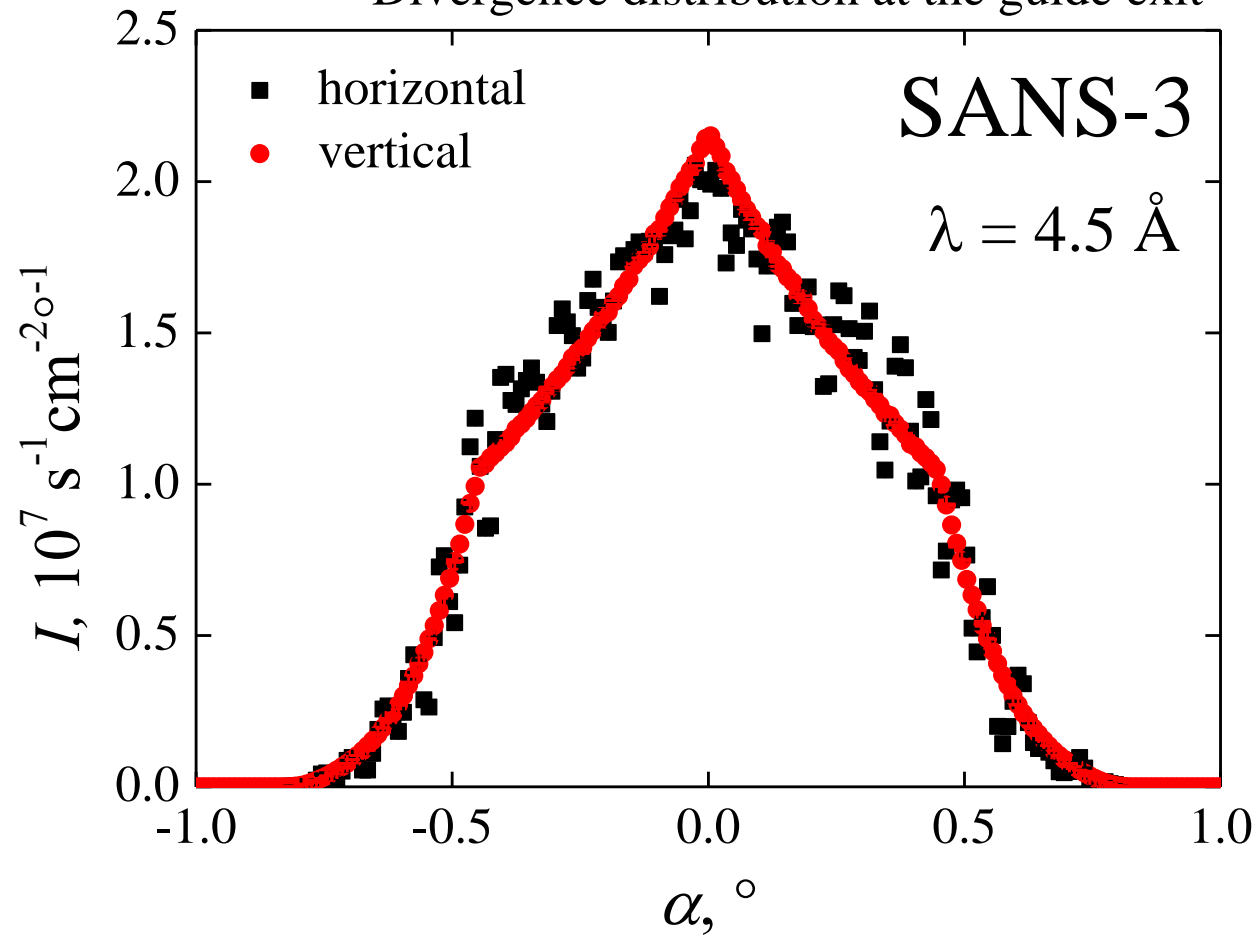


# НЗ-5А (SANS-3): параметры пучка

Spectra at the guide exit



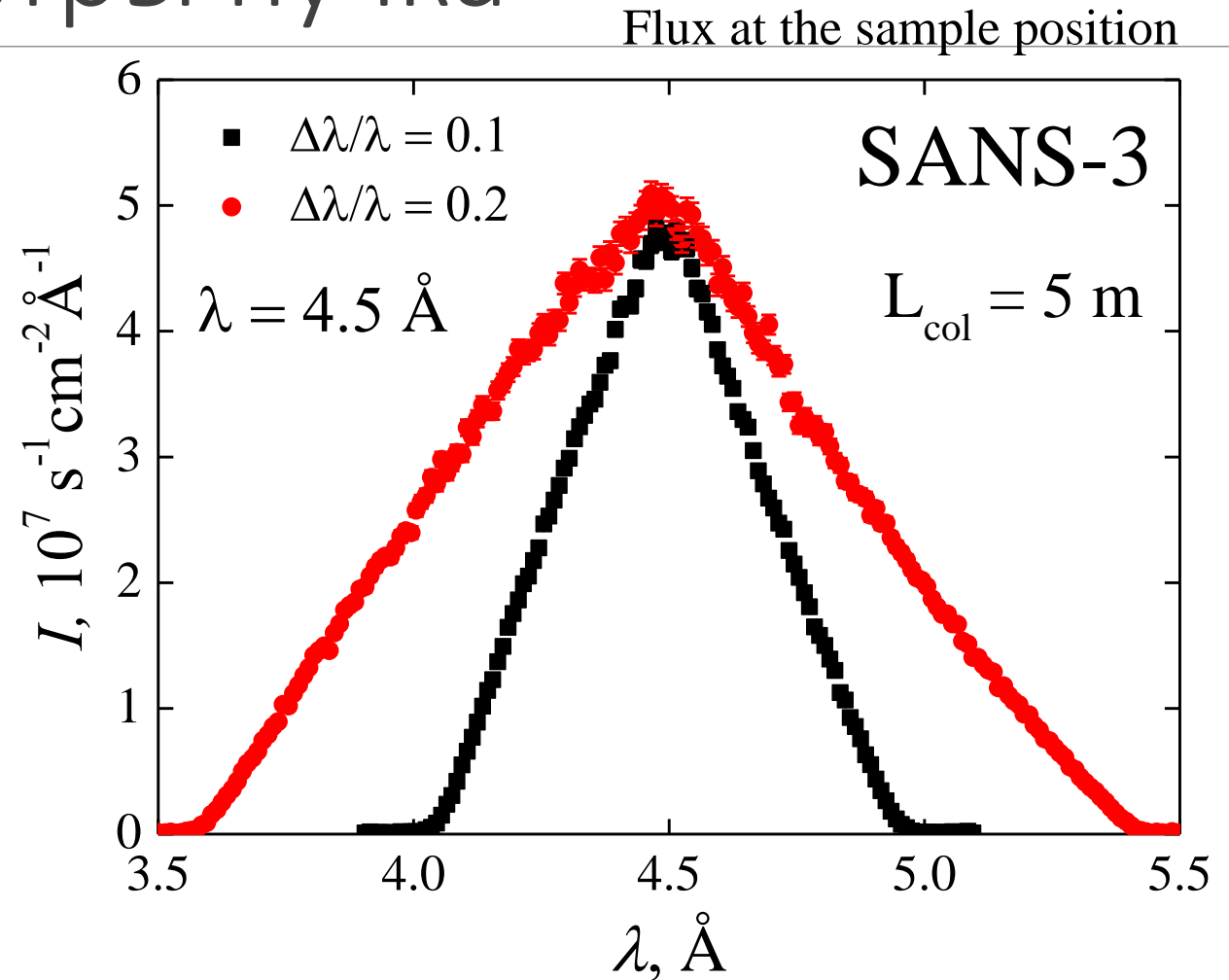
Divergence distribution at the guide exit



# SANS-3: параметры пучка

Интегральный поток на выходе нейтроновода  
 $1.84 \cdot 10^9 \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ \AA}^{-1}$

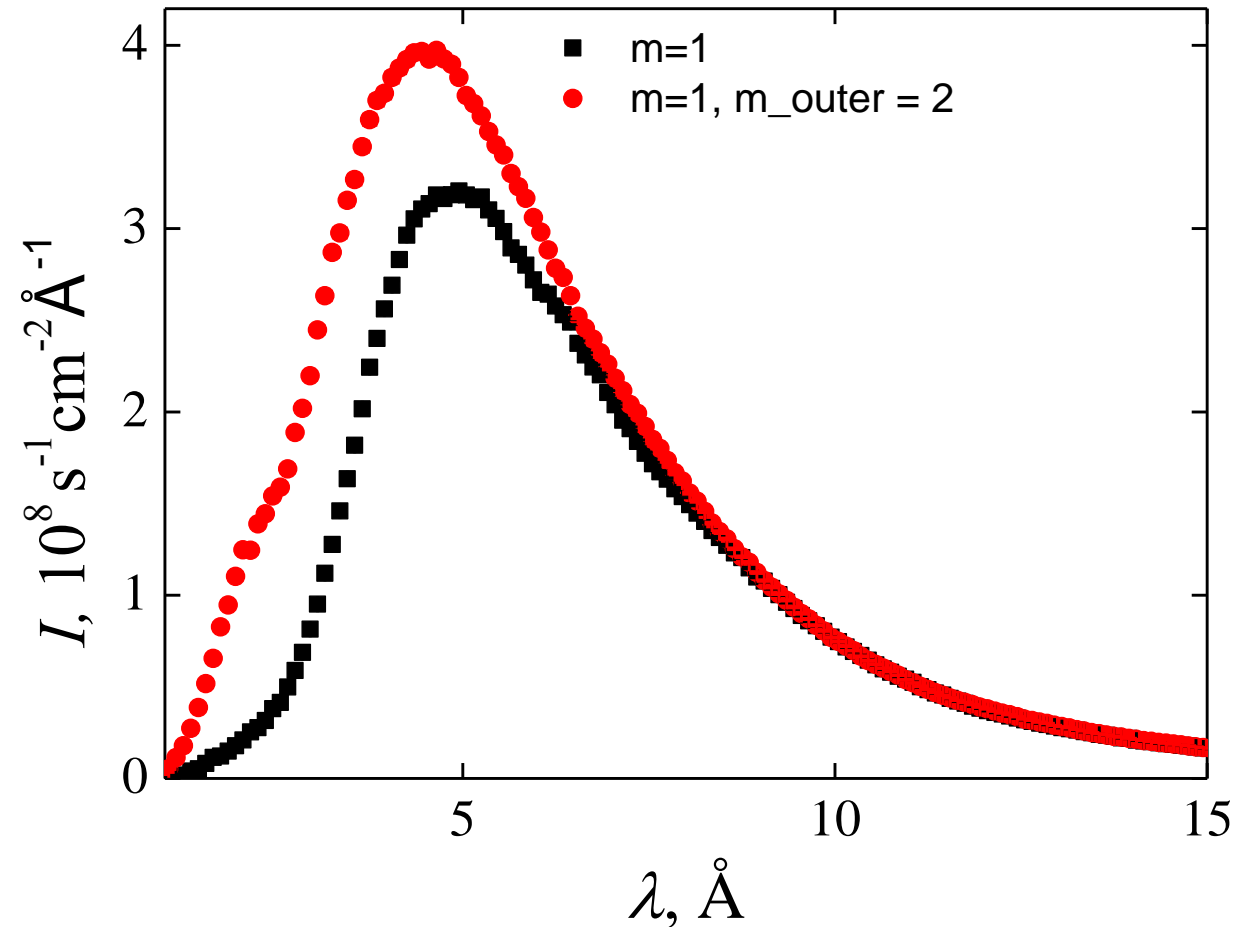
Максимальный поток на образце  
 $3.2 \cdot 10^8 \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ \AA}^{-1}$



# Расчёт изогнутой части н/в НЗ-5В (SANS-2)

Задача – достаточным образом уйти с прямой видимости, обойти колонну в здании 100А и развести SANS-2 и SANS-3 на приемлемое для работы расстояние

Минимальный радиус кривизны, позволяющий обойти колонну -  $\rho = 1125$  м – приемлем, т.к. соответствует  $\sim 95\%$  пропускания



# SANS-2: параметры

---

$m = 1$  даёт существенный выигрыш в потоке в коротковолновой части рабочего диапазона (4-5 Å)

Параметры изогнутой части нейтроновода:

$$R = 1125 \text{ м}$$

$$L = 20 \text{ м (целиком в бункере)}$$

$$k = 1.22$$

$$\alpha = 1^\circ - \text{поворот оси пучка}$$

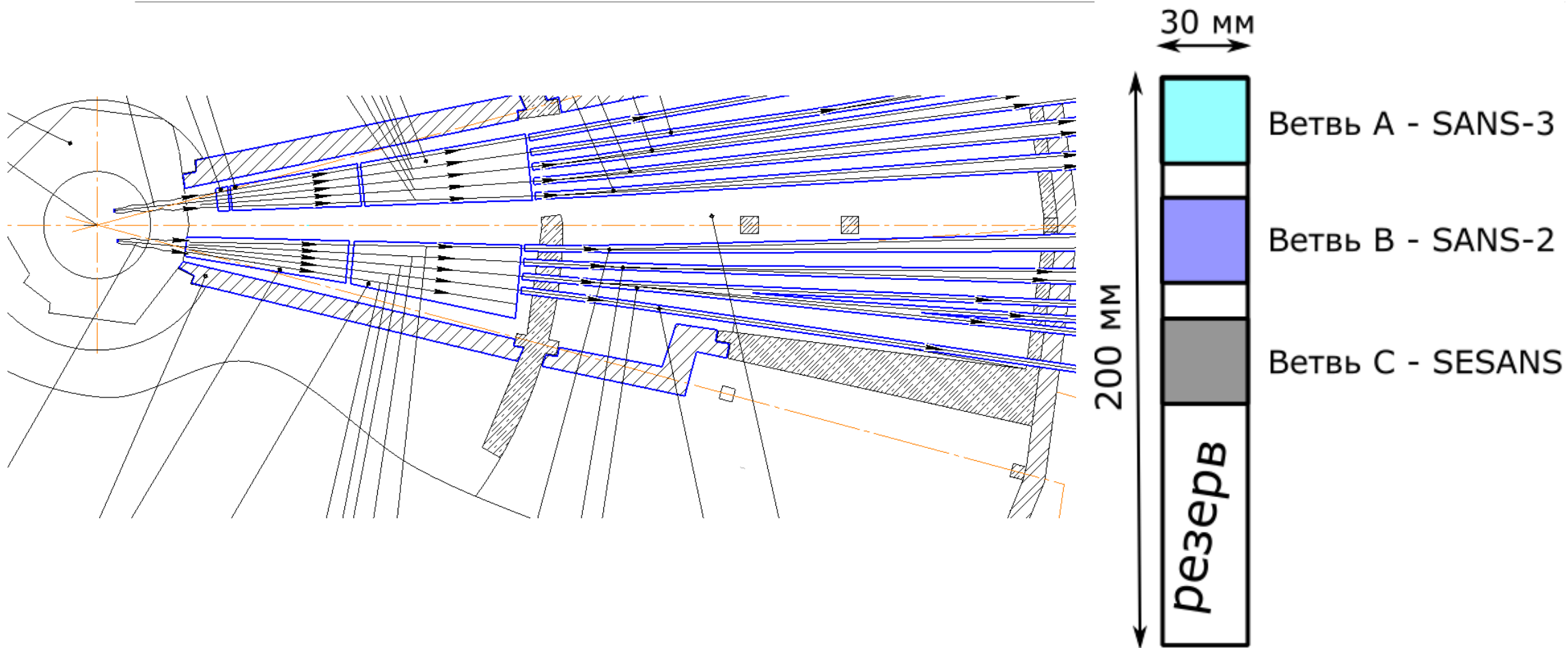
$h = 124.5 \text{ см}$  – высота пучка над полом н/в зала

$d = 125 \text{ см}$  – расстояние между осями пучков SANS-2 и SANS-3 в точке расположения селектора скоростей SANS-3

$I = 2.19 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2} \text{ Å}^{-1}$  - интегральный поток на выходе нейтроновода

$I = 7.1 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$  – максимальный поток на образце

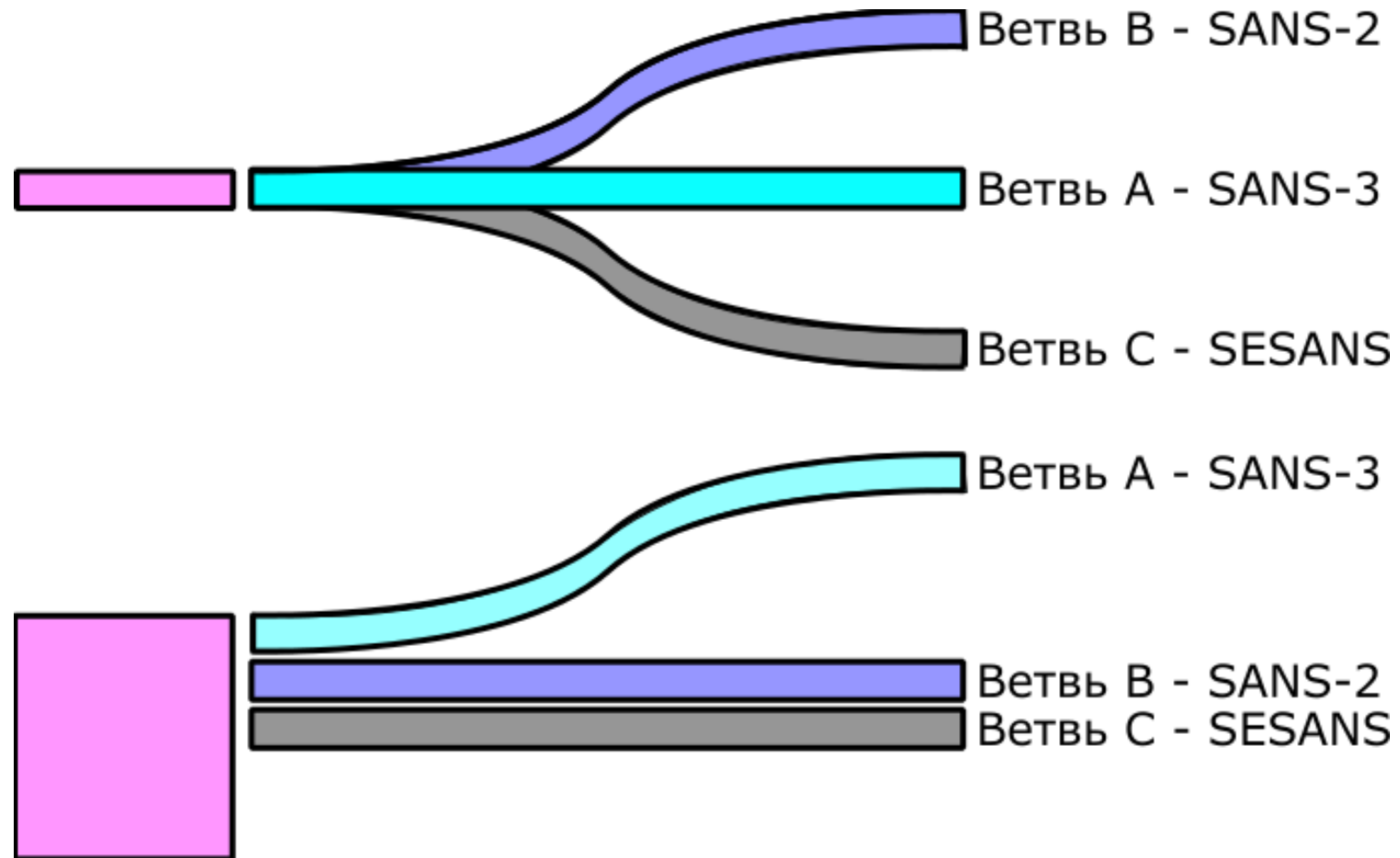
# НЗ-5: головная часть





# НЗ-5: схема ветвления

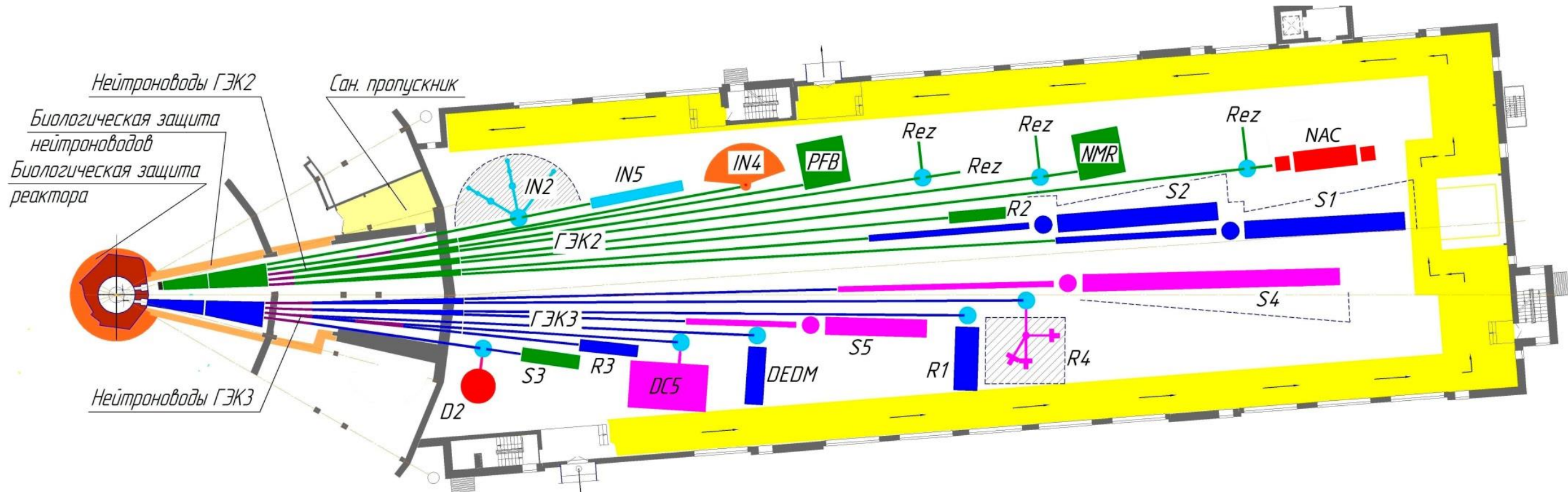
---



# Сравнительная характеристика

Прибор	Параметр	Текущий проект	Предложение
	Сечение, мм <sup>2</sup>	30x60	30x30
<b>SANS-3</b>	Покрытие	m = 1.2	m = 2
	Поток, см <sup>-2</sup> с <sup>-1</sup>	2.39·10 <sup>9</sup>	1.84·10 <sup>9</sup>
	Уход с ПВ	k = 1.02	S-образный (k = 1.23)
	Сечение, мм <sup>2</sup>	30x60	30x30
<b>SANS-2</b>	Покрытие	m=1.2 + зеркало m=4	m=1 (+ m <sub>outer</sub> =2)
	Поток, см <sup>-2</sup> с <sup>-1</sup>	1.55·10 <sup>9</sup>	2.19·10 <sup>9</sup>
	Уход с ПВ	k = 1.02	k = 1.22

# Нейтронный зал



# Преимущества предлагаемой схемы

---

1. Оптимизация по потоку на образце, а не на выходе из нейтроновода – как следствие, более высокие потоки
2. Более удачное размещение приборов: эффективное использование пространства; приборы в конечной позиции
3. Снижение фона

# Недостатки предлагаемой схемы

---

1. Сложность конструкции
2. Требуется визуализация и проверка совместимости с реальностью

# Заключение

---

Критически важно:

1. Разрабатывать прибор совместно с нейтроноводом
2. Обеспечить защиту всех элементов приборов
3. Обеспечить приборы детекторами с очень высокой загрузкой

Возможные пути будущей модернизации:

1. SANS-2 требуется большой детектор (возможно, в большей трубе)
2. SANS-3 может развиваться по пути либо высокоинтенсивного, либо специализированного GISANS прибора

# Благодарности

---

За плодотворные обсуждения в областях рефлектометрии, нейтронной оптики и приборостроения в Гестахте, а также за предварительную критику результатов авторы благодарят Н.К. Плешанова, В.Г. Сыромятникова, В.А. Матвеева, А.П. Булкина и Х. Эккерлебе.

Спасибо за внимание!

---