

# Измерение напряжений с помощью «ИНТРОСКАН» (шумов Баркгаузена)

## Оглавление

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Введение.....   | 3  |
| 2   | Эксперимент .....   | 4  |
| 2.1 | Серия экспериментов предварительных.....                          | 7  |
| 2.2 | Серия экспериментов №1 .....                                      | 7  |
| 2.3 | Серия экспериментов №2 .....                                      | 9  |
| 3   | Выводы.....   | 12 |
| 4   | <i>Продолжение</i> .....  | 12 |
|     | Приложение А. Результаты серии экспериментов предварительных..... | 13 |
|     | Приложение Б. Результаты серии экспериментов №1 .....             | 14 |
|     | Образцы с толщиной 4 мм. ....                                     | 14 |
|     | Образцы с толщиной 8 мм. ....                                     | 21 |
|     | Приложение В. Обработка результатов серии экспериментов №1.....   | 28 |
|     | Образцы с толщиной 4 мм. ....                                     | 28 |
|     | Образцы с толщиной 8 мм. ....                                     | 35 |
|     | Приложение Г. Результаты серии экспериментов №2 .....             | 42 |
|     | Образцы с толщиной 4 мм. ....                                     | 42 |
|     | Образцы с толщиной 8 мм. ....                                     | 46 |
|     | Приложение Д. Обработка результатов серии экспериментов №2.....   | 49 |
|     | Образцы с толщиной 4 мм. ....                                     | 49 |
|     | Образцы с толщиной 8 мм. ....                                     | 53 |

## 1 Введение

Магнитошумовой анализатор напряжений и структуры металлов «ИНТРОСКАН» (рис. 1.1) предназначен для возбуждения магнитного шума (шума Баркгаузена) в объектах из ферромагнитных материалов путём их локального перемагничивания, преобразования магнитного шума в электрический сигнал, обработки, измерения и вывода информации об его интенсивности.

«ИНТРОСКАН» используется для контроля внутренних механических напряжений, толщины упрочненного слоя, выявления шлифовальных прижогов, зон термического влияния и других физико-механических параметров ферромагнитных материалов и изделий при наличии корреляционной связи между шумами Баркгаузена и физико-механическими свойствами.



Рис. 1.1. Общий вид «ИНТРОСКАН»

## 2 Эксперимент

Для определения зависимости между показаниями «ИНТРОСКАН» и напряжениями был изготовлен стенд и стальные образцы №№ 1-6 (рис. 2.1).

Стенд состоит из двух штоков, прикрепленных к образцу болтами, и талрепа. При повороте кольца талрепа образец изгибается, при этом в нем образуются одноосные изгибные напряжения.

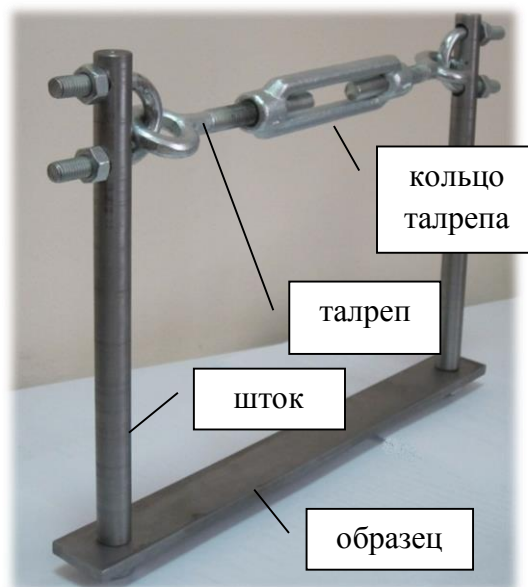


Рис.2.1. Стенд

Образцы №№ 1-6, представляют собой прямоугольные пластины 45x340 мм (рис. 2.2.) из Сталь 20 различной толщины и обработки (табл. 2.1).

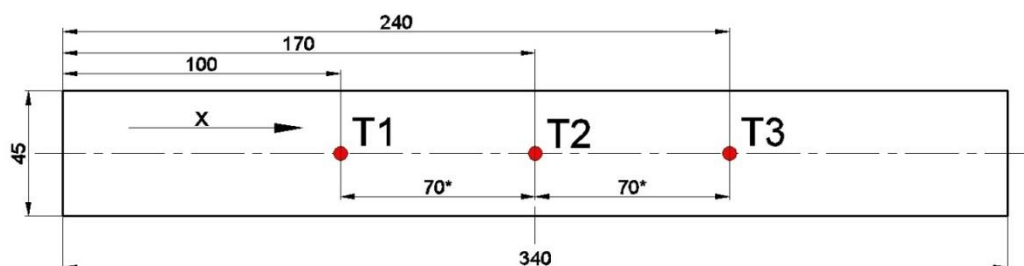


Рис.2.2. Геометрия образцов

Табл. 2.1. Толщины и обработка образцов

| № образца | Толщина, мм | Обработка    |
|-----------|-------------|--------------|
| 1         | 4           | поставка     |
| 2         | 8           |              |
| 3         | 4           | фрезерование |
| 4         | 8           |              |
| 5         | 4           | отжиг        |
| 6         | 8           |              |

В образцах создавались напряжения от -200 МПа до +200 МПа с шагом 50 МПа, и снимались показания «ИНТРОСКАН» в трёх контрольных точках Т1, Т2, Т3 (рис. 2.3).

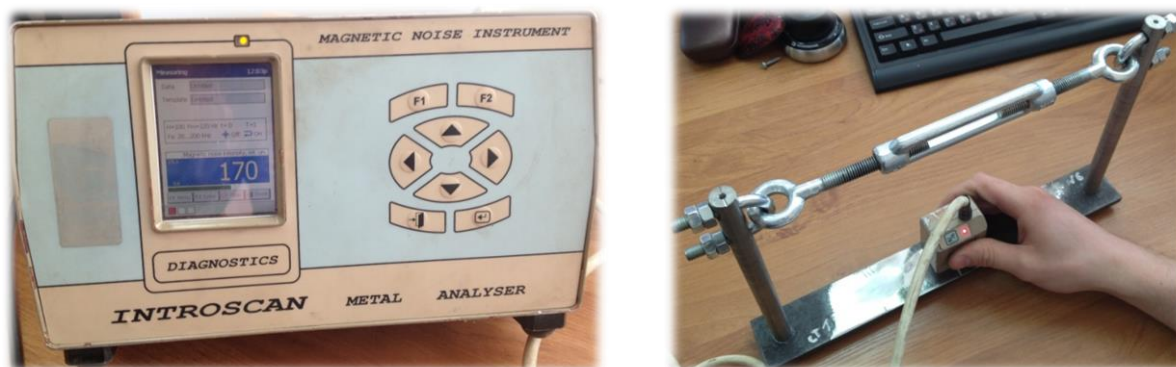


Рис.2.3. Измерение «ИНТРОСКАН»

Для определения необходимых перемещений концов штока для создания необходимых напряжений в программном комплексе ANSYS были созданы две расчетные модели стэнда с образцами толщиной 4 мм (№№ 1,3,5) и 8 мм (№№ 2,4,6) и рассчитано их напряженно-деформационное состояние (НДС) (рис. 2.4).

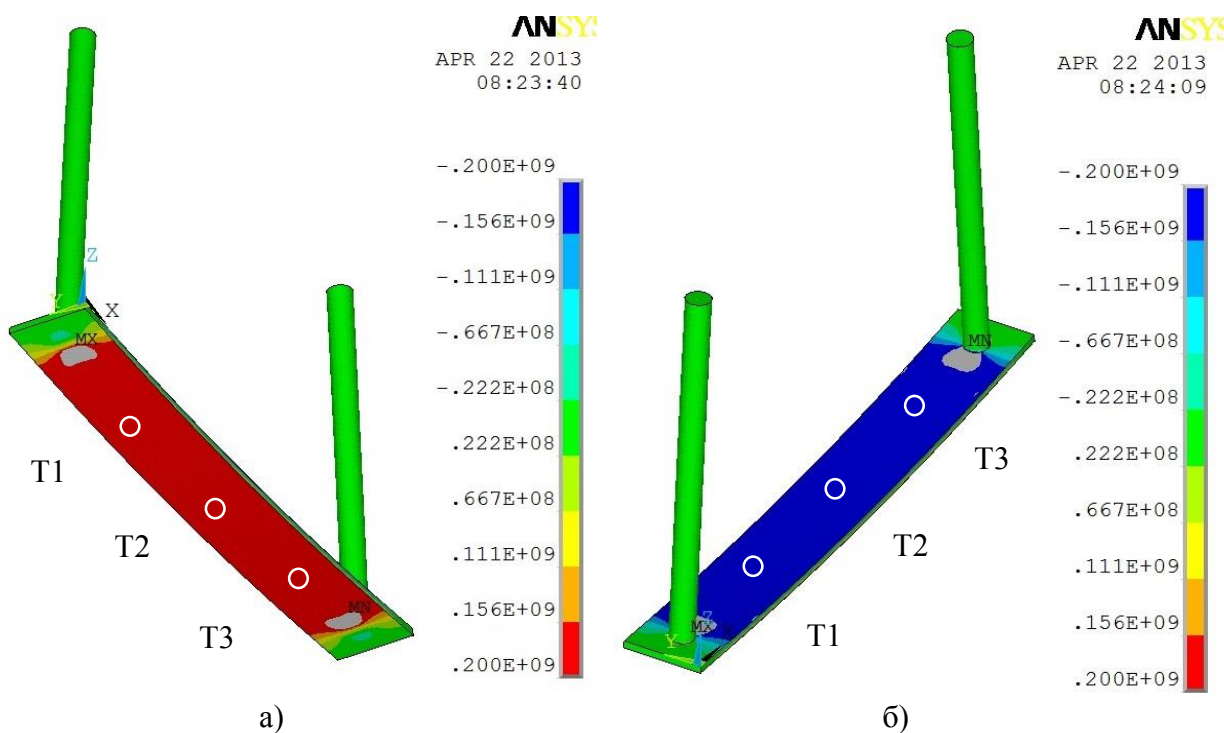


Рис.2.4. Карта распределения составляющей напряжений вдоль оси X в образце толщиной 4 мм при напряжении в 200 МПа (масштабный коэффициент деформации 1):  
 а) растягивающих; б) сжимающих.

Результаты расчетов представляют собой графики зависимости напряжений вдоль оси X от перемещений конца штока (рис. 2.5).

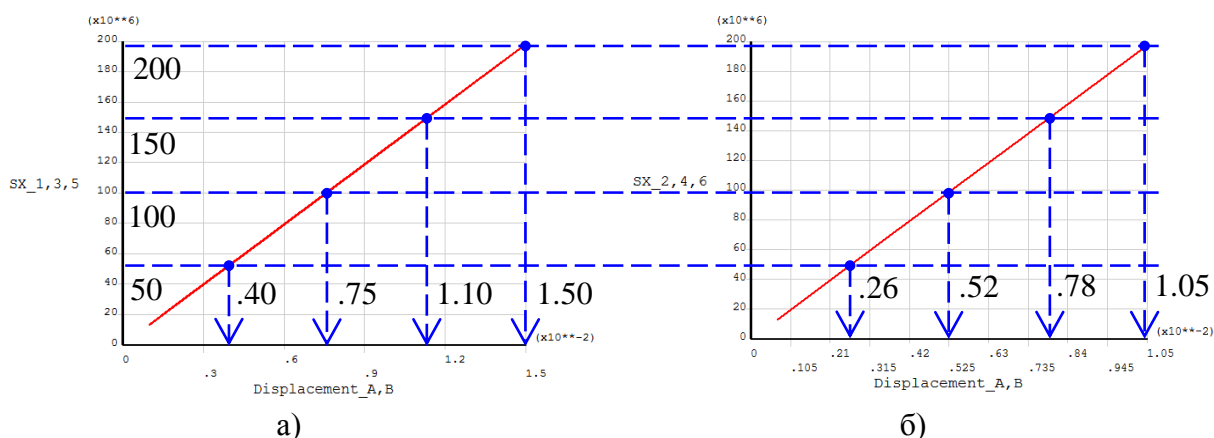


Рис.2.5. Зависимость составляющей напряжений вдоль оси X от перемещений конца штока для образцов с толщиной, МПа/см:  
 а) 4 мм (№№ 1,3,5)  
 б) 8 мм (№№ 2,4,6)

Результаты расчетов сведены в табл. 2.2.

Табл.2.2

| Напряжение, МПа | Перемещение конца штока для образцов с толщиной, см |                   |
|-----------------|---|-------------------|
|                 | 4 мм (№№ 1,3,5)                                     | и 8 мм (№№ 2,4,6) |
| 0               | 0   | 0                 |
| +50/-50         | 0.40  | 0.26              |
| +100/-100       | 0.75  | 0.52              |
| +150/-150       | 1.10  | 0.78              |
| +200/-200       | 1.50  | 1.05              |

## **2.1 Серия экспериментов предварительных**

В серии предварительных экспериментов была проанализирована погрешность измерений «ИНТРОСКАН»:

Серия экспериментов была проведена с образцом №3 (прил. А).

В каждой контрольной точке снимались текущее показание «ИНТРОСКАН».

### **Выводы:**

**В качестве порога чувствительности «ИНТРОСКАН» принимаем среднюю погрешность (погр.сред) измерений «ИНТРОСКАН» составляющую 10 ед.**

## **2.2 Серия экспериментов №1**

В серии экспериментов №1 были проанализированы влияния на показания «ИНТРОСКАН»:

1) основного параметра настройки «ИНТРОСКАН» – Noise Band (полоса шума), остальные параметры были приняты в соответствии с рекомендацией по поверке образца.

2) толщины образца.

3) способа обработки образца.

Серия экспериментов №1 была проведена с образцами №№ 1-6, при изменении параметра Noise Band: 5...30, 5...200, 5...1000, 20...30, 20...200, 20...1000, 200...1000 (прил. Б).

В каждой контрольной точке снимались максимальное показание «ИНТРОСКАН».

Результаты серии экспериментов №1 сведены в табл. 2.3 и табл. 2.4.

- 
- выраженная зависимость показаний «ИНТРОСКАН» при растягивающих напряжениях до +50 МПа, +100 МПа, +150 МПа, +200 МПа.
  - выраженная зависимость показаний «ИНТРОСКАН» при сжимающих напряжениях до -50 МПа, -100 МПа, -150 МПа, -200 МПа.
  - выраженная зависимость показаний «ИНТРОСКАН» при растягивающих и сжимающих напряжениях от -50 МПа до +50 МПа, от -100 МПа до +100 МПа, от -150 МПа до +150 МПа, от -200 МПа до +200 МПа.

Диапазон [МПа]– диапазон напряжений, в котором показания ИНТРОСКАН изменяются более порога чувствительности (10 ед.) на 50 МПа.

Интенсивность – отношение изменения показаний ИНТРОСКАН в диапазоне к величине диапазона.

Табл. 2.3

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца  |               |            |               |          |               |
|-----------------|----------------|-----------|------------|---------------|------------|---------------|----------|---------------|
|                 |                |           | 1          |               | 3          |               | 5        |               |
|                 |                |           | диапазон   | интенсивность | диапазон   | интенсивность | диапазон | интенсивность |
| 5...30          | 1              | 1         | -          | -             | -          | -             | -        | -             |
|                 | 2              | 2         | -100...+50 | 0,93          | -50...+150 | 0,56          | -50...0  | 1,20          |
| 5...200         | 3              | 1         | -200...+50 | 0,65          | -50...+150 | 0,33          | -50...0  | 1,23          |
|                 | 4              | 2         | -100...+50 | 0,82          | -50...+200 | 0,42          | -150...0 | 0,40          |
| 5...1000        | 5              | 1         | -150...+50 | 0,49          | -50...+100 | 0,26          | -50...0  | 0,89          |
|                 | 6              | 2         | -100...0   | 0,65          | -50...+150 | 0,26          | -50...0  | 0,39          |
| 20...30         | 7              | 1         | -150...0   | 0,67          | -50...+50  | 0,32          | -50...0  | 1,03          |
|                 | 8              | 2         | -100...+50 | 0,56          | -50...+150 | 0,31          | -50...0  | 0,67          |
| 20...200        | 9              | 1         | -200...0   | 0,74          | -50...+200 | 0,32          | -50...0  | 1,24          |
|                 | 10             | 2         | -150...0   | 0,73          | -50...+200 | 0,38          | -150...0 | 0,34          |
| 20...1000       | 11             | 1         | -100...0   | 0,43          | +50...+100 | 0,23          | -50...0  | 0,21          |
|                 | 12             | 2         | -100...0   | 0,64          | 0...+150   | 0,26          | -50...0  | 0,42          |
| 200...1000      | 13             | 1         | -100...0   | 0,50          | 0...+100   | 0,20          | -50...0  | 0,61          |
|                 | 14             | 2         | -100...0   | 0,43          | +50...+100 | 0,23          | -50...0  | 0,21          |

Табл. 2.4

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца   |          |            |               |             |               |
|-----------------|----------------|-----------|-------------|----------|------------|---------------|-------------|---------------|
|                 |                |           | 2           |          | 4          |               | 6           |               |
|                 |                |           | диапазон    | интервал | диапазон   | интенсивность | диапазон    | интенсивность |
| 5...30          | 1              | 1         | -           | -        | -          | -             | -           | -             |
|                 | 2              | 2         | -200...+150 | 300      | -50...+200 | 0,27          | -200...+50  | 0,96          |
| 5...200         | 3              | 1         | -100...0    | 100      | -50...+50  | 0,38          | -150...+150 | 0,25          |
|                 | 4              | 2         | -150...+50  | 200      | -          | -             | -150...-50  | 0,44          |
| 5...1000        | 5              | 1         | -50...+50   | 100      | -          | -             | -150...+50  | 0,30          |
|                 | 6              | 2         | -150...0    | 150      | -          | -             | -150...0    | 0,21          |
| 20...30         | 7              | 1         | -50...+50   | 100      | -50...+100 | 0,20          | -150...0    | 0,33          |
|                 | 8              | 2         | -50...+100  | 150      | -          | -             | -150...-50  | 0,30          |
| 20...200        | 9              | 1         | -50...+50   | 100      | +50...+150 | 0,29          | -100...0    | 0,39          |
|                 | 10             | 2         | -150...+100 | 250      | -          | -             | -150...-50  | 0,39          |
| 20...1000       | 11             | 1         | -50...0     | 50       | -          | -             | -100...-50  | 0,20          |
|                 | 12             | 2         | -100...+100 | 200      | -          | -             | -150...-50  | 0,24          |
| 200...1000      | 13             | 1         | -50...0     | 50       | -          | -             | -100...-50  | 0,19          |
|                 | 14             | 2         | -50...0     | 50       | -          | -             | -100...-50  | 0,20          |



### **Выводы:**

1) Выделены 3и интервала Noise Band, при которых наблюдается хорошо выраженная зависимость показаний «ИНТРОСКАН» от создаваемых напряжений:

- 5...30 кГц,
- 5...200 кГц,
- 20...200 кГц.

2) Толщина образца сильно влияет на зависимость показаний «ИНТРОСКАН»: чем тоньше образец, тем зависимость показаний «ИНТРОСКАН» от напряжений более выражена.

При меньшей толщине образца (4 мм) лучше применять значение Noise Band 5...200 кГц и 20...200 кГц (предпочтительней) при большей (8 мм) - 5...30 кГц.

3) Обработка образца сильно влияет на зависимость показаний «ИНТРОСКАН»:

- поставка – хорошо выраженная зависимость показаний «ИНТРОСКАН» при сжимающих напряжениях;
- фрезерование – хорошо выраженная зависимость показаний «ИНТРОСКАН» при растягивающих напряжениях;
- отжиг – слабо выраженная зависимость показаний «ИНТРОСКАН» при сжимающих напряжениях.

### **2.3 Серия экспериментов №2**

В серии экспериментов №2 были проанализированы влияния на показания «ИНТРОСКАН»:

- 1) выбранных интервалов Noise Band;
- 2) подготовка поверхности образца.

Серия экспериментов была проведена с образцами №№ 1-6, предварительно зачищены шлифовальной машинкой, для ранее выбранных 2х интервалов Noise Band 5-30 20...30 кГц и 20...200 кГц (прил. Г).

Результаты серии экспериментов №2 сведены в табл. 2.5 и табл. 2.6.

Табл. 2.5

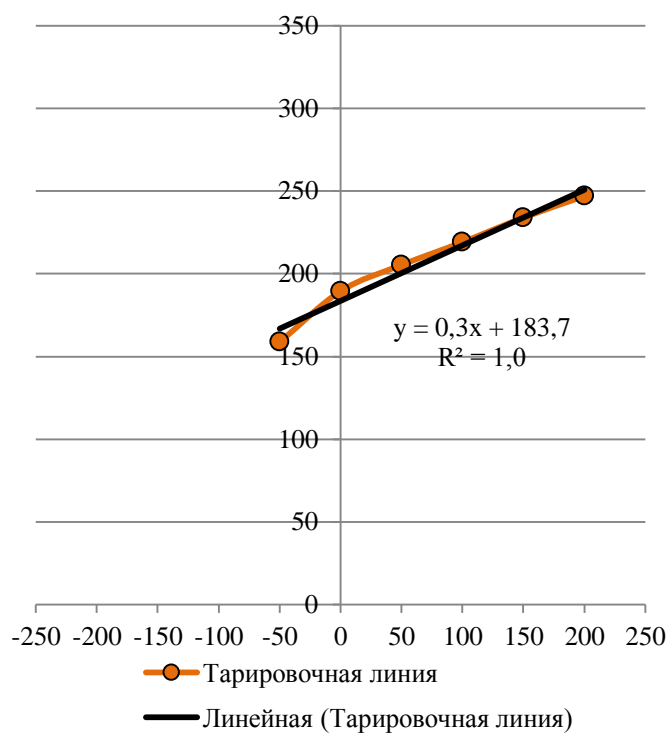
| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца   |               |             |               |            |               |
|-----------------|----------------|-----------|-------------|---------------|-------------|---------------|------------|---------------|
|                 |                |           | 1           |               | 3           |               | 5          |               |
|                 |                |           | диапазон    | интенсивность | диапазон    | интенсивность | диапазон   | интенсивность |
| 5...30          | 19             | 1         | -150...+50  | 0,41          | -100...+100 | 0,47          | -50...+50  | 0,58          |
|                 | 20             | 2         | -100...+100 | 0,44          | -100...+100 | 0,51          | -50...+100 | 0,39          |
| 5...200         | 21             | 1         | -100...+200 | 0,33          | -50...+200  | 0,42          | -50...+200 | 0,31          |
|                 | 22             | 2         | -50...+200  | 0,37          | -50...+150  | 0,53          | -50...+100 | 0,26          |
| 20...200        | 17             | 1         | -100...+200 | 0,32          | -50...+200  | 0,42          | -50...+200 | 0,30          |
|                 | 18             | 2         | -50...+200  | 0,36          | -50...+100  | 0,69          | -50...0    | 0,47          |

Таблица. 3.6

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца   |               |             |               |            |               |
|-----------------|----------------|-----------|-------------|---------------|-------------|---------------|------------|---------------|
|                 |                |           | 2           |               | 4           |               | 6          |               |
|                 |                |           | диапазон    | интенсивность | диапазон    | интенсивность | диапазон   | интенсивность |
| 5...30          | 19             | 1         | -50...+100  | 0,36          | -150...0    | 0,33          | -100...0   | 0,31          |
|                 | 20             | 2         | -150...+100 | 0,28          | -100...+150 | 0,28          | 0...+100   | 0,19          |
| 5...200         | 21             | 1         | -100...+200 | 0,24          | -50...-200  | 0,25          | -50...0    | 0,33          |
|                 | 22             | 2         | -50...+50   | 0,34          | -50...+200  | 0,22          | -          | -             |
| 20...200        | 17             | 1         | +50...+200  | 0,24          | -100...+100 | 0,20          | +50...+100 | 0,30          |
|                 | 18             | 2         | -50...+50   | 0,38          | 0...+100    | 0,25          | -          | -             |

Значения экспериментов №21 и 22 для образца с толщиной 4 мм в диапазоне - 50...+200 МПа были усреднены и построена тарировочная линия тренда (граф. 2.1).

Пояснения: ось X - напряжения от -200 МПа до 200 МПа; ось Y - показания «ИНТРОСКАН».



Граф.2.1. Тарировочная линия тренда

**Выводы:**

При шлифовании образцов различной поставки и толщины при параметре Noise Band 20...200 кГц возможно измерение растягивающих напряжений (-50...+200 МПа).

### 3 Выводы

Для измерения напряжений в стенке объекта контроля с помощью "ИНТРОСКАН", необходимо предварительно изготовить тарировочный образец из такого же материала и такой же толщины, как и стенка объекта контроля.

Необходимо обеспечить идентичность поверхности тарировочного образца и объекта контроля для чего необходимо одинаково зачистить.

С помощью изготовленного образца тарировочного произвести тарировку "ИНТРОСКАН": построить график зависимости показаний "ИНТРОСКАН" от напряжений.

При тарировке параметр Noise Band принять равным 20...200 кГц остальные параметры принять рекомендованное значение параметра при поверке прибора (П) (табл. 3.1.).

Табл. 3.1. Рекомендуемые параметры "ИНТРОСКАН"

| №  | Параметр настройки ИНТРОСКАН                   | Значение    |
|----|--|-------------|
| 01 | Excitation Amplitude (Амплитуда возбуждения)   | 100         |
| 02 | Excitation Frequency (Частота возбуждения), Гц | 120 (П)     |
| 03 | Stabilization (Стабилизация)                   | Current (П) |
| 04 | Field Freeze (Фиксация поля), мс               | 0 (П)       |
| 05 | Noise Band (Полоса шума), кГц                  | 20...200    |
| 06 | Measuring Noise (Измерение шума)               | Full (П)    |
| 07 | Amplification (Усиление)                       | 1           |
| 08 | Sensor Buttons (Кнопки датчика)                |             |
| 09 | Autostop (Автостоп)                            | Off         |
| 10 | Measuring Time (Время измерения), мс           | 1000 ms (П) |
| 11 | Demagnetizing (Размагничивание)                | On          |
| 12 | Initial Angle (Начальный угол), град           | 0           |
| 13 | Final Angle (Конечный угол), град              | 180         |
| 14 | Number of Nodes (Число узлов)                  | 21          |
| 15 | Reference Zero (Относительный ноль)            | 0 (П)       |
| 16 | Red Threshold (Уровень красного)               | не важно    |
| 17 | Precision (Точность)                           | 0 (П)       |

С помощью "ИНТРОСКАН" возможно измерение только растягивающих напряжений, поэтому перед проведением измерений на объекте необходимо определений области с растягивающими напряжениями. Определение растягивающих областей возможно с помощью проведения расчета методом конечных элементов.

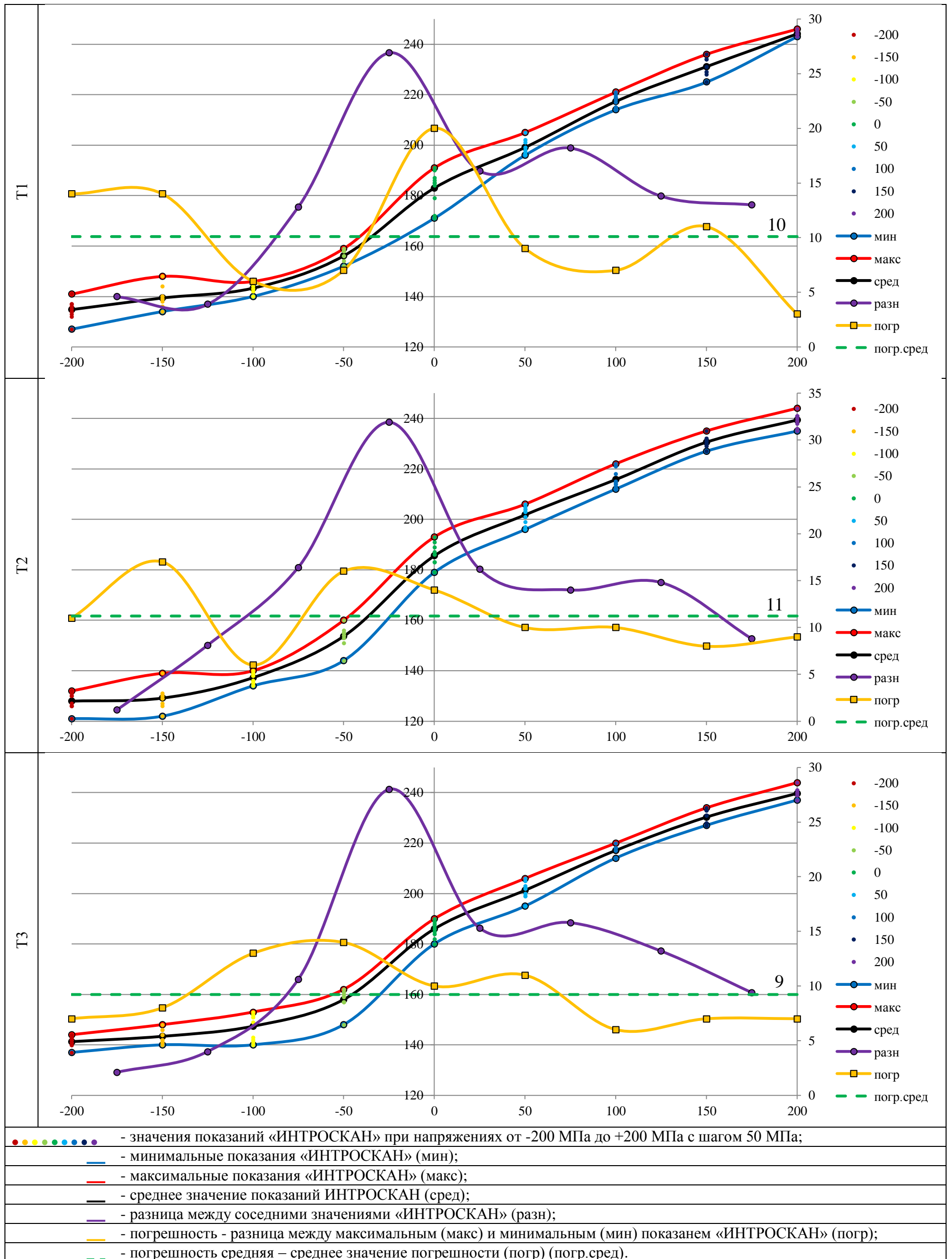
При тарировке и контроле снимать несколько (3-5) значений показаний "ИНТРОСКАН" в зоне измерения для последующего усреднения.

### 4 *Продолжение*

1. Провести исследование влияния 2х- осного НДС по показания "ИНТРОСКАН".
2. Провести испытания на стенде трубы по измерению продольных и кольцевых составляющих напряжений с помощью "ИНТРОСКАН".
3. Провести испытания по определению влияния шероховатости поверхности на показания "ИНТРОСКАН".
4. Тарировка «ИНТРОСКАН» без образца на объекте.

## Приложение А. Результаты серии экспериментов предварительных

Пояснения: ось X - напряжения от -200 МПа до 200 МПа; ось Y - показания «ИНТРОСКАН».



Приложение Б. Результаты серии экспериментов №1

Пояснения: ось X - напряжения от -200 МПа до 200 МПа; ось Y - показания «ИНТРОСКАН»;

— - показания «ИНТРОСКАН» в T1; — - показания «ИНТРОСКАН» в T2; — - показания «ИНТРОСКАН» в T3.

Образцы с толщиной 4 мм.

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
|                 | 1              | 1         | -         | - | - |
| 5...30          | 2              | 2         |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 5...200         | 3              | 1         |           |   |   |
|                 | 4              | 2         |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 5...1000        | 5              | 1         |           |   |   |
|                 | 6              | 2         |           |   |   |



| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 20...30         | 7              | 1         |           |   |   |
|                 | 8              | 2         |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 20...200        | 9              | 1         |           |   |   |
|                 | 10             | 2         |           |   |   |

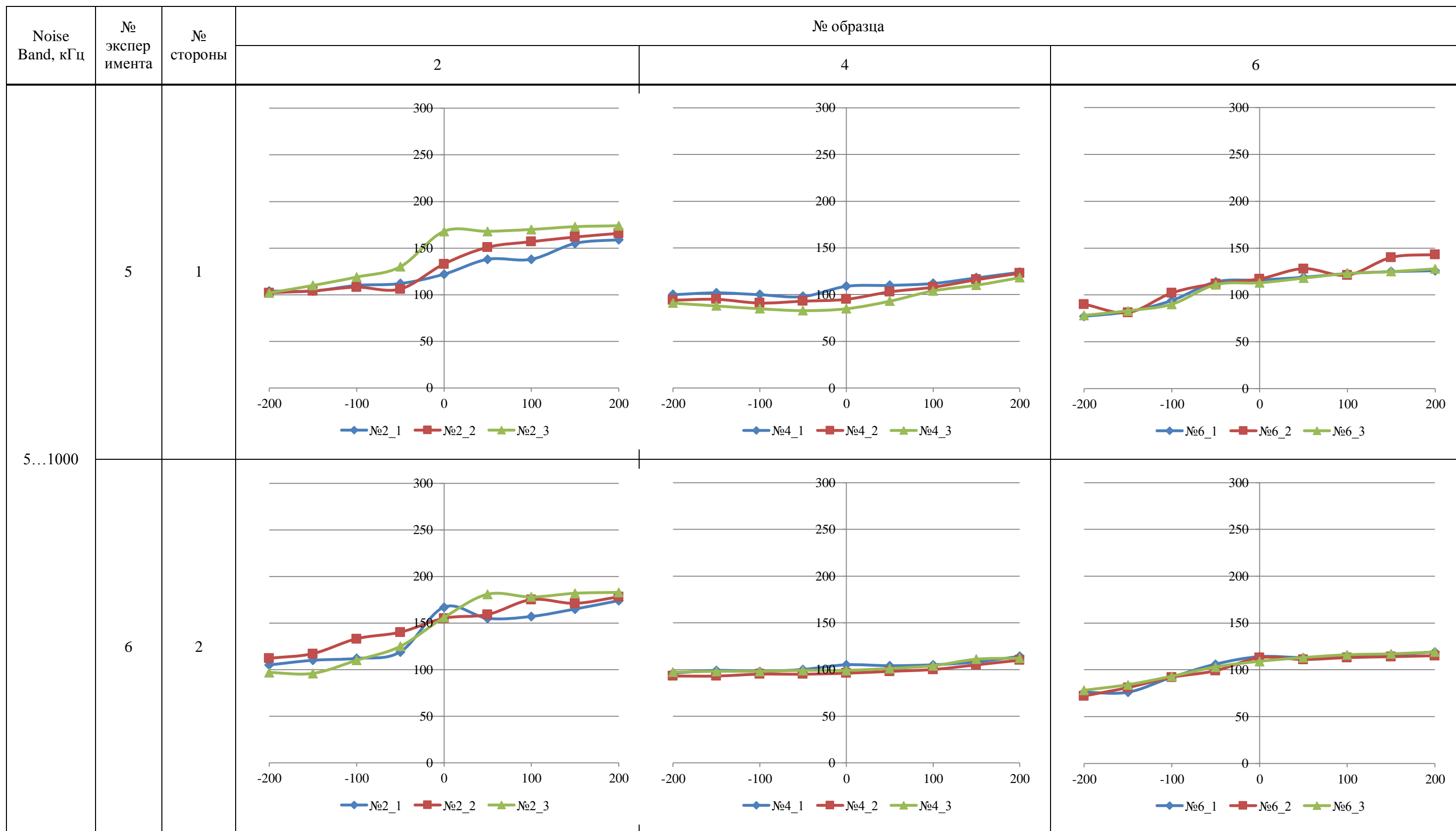
| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 20...1000       | 11             | 1         |           |   |   |
|                 | 12             | 2         |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 200...1000      | 13             | 1         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |
| 200...1000      | 14             | 2         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |

Образцы с толщиной 8 мм.

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 5...30          | 1              | 1         | -         | - | - |
|                 | 2              | 2         |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 5...200         | 3              | 1         |           |   |   |
|                 | 4              | 2         |           |   |   |



| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 20...30         | 7              | 1         |           |   |   |
|                 | 8              | 2         |           |   |   |



| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 20...200        | 9              | 1         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |
| 20...200        | 10             | 2         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 20...1000       | 11             | 1         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |
| 20...1000       | 12             | 2         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 200...1000      | 13             | 1         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |
| 200...1000      | 14             | 2         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |

Приложение В. Обработка результатов серии экспериментов №1

Пояснения: ось X - напряжения от -200 МПа до 200 МПа; ось Y - показания «ИНТРОСКАН»;

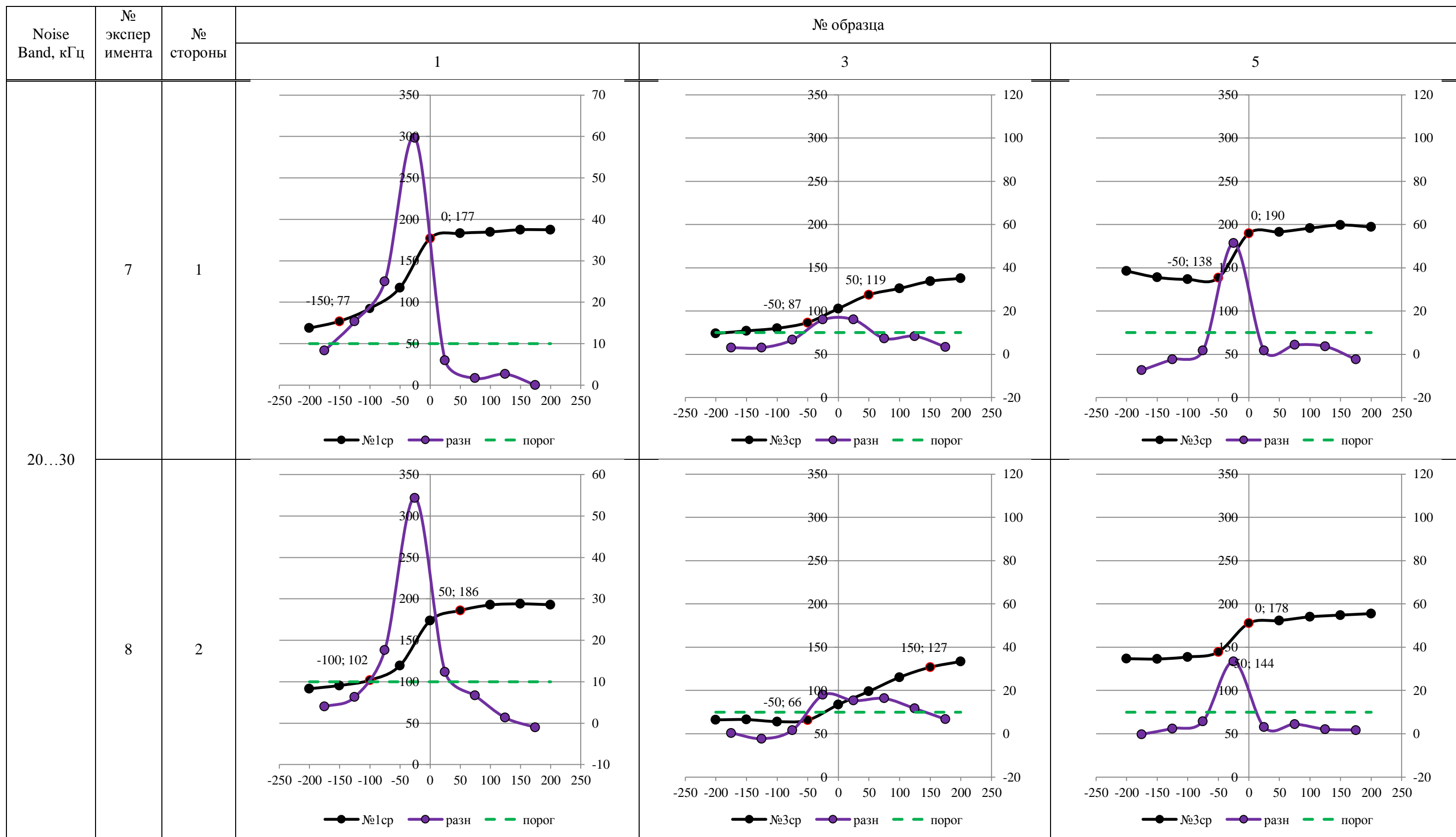
— - среднее значение показаний «ИНТРОСКАН» в точках T1, T2, T3; — - разница между соседними значениями «ИНТРОСКАН» (разн); - - порог чувствительности «ИНТРОСКАН».

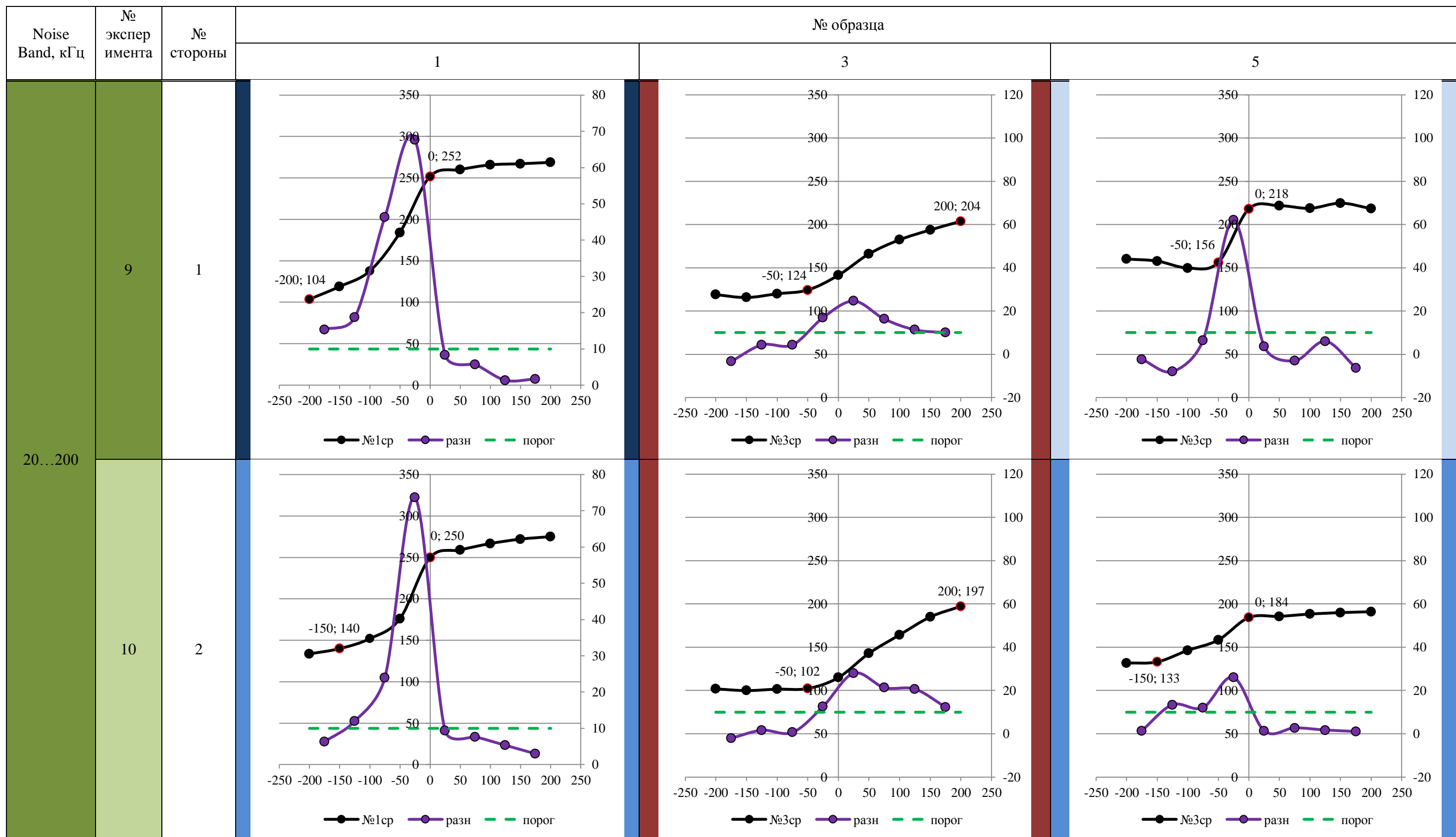
Образцы с толщиной 4 мм.

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
|                 | 1              | 1         | -         | - | - |
| 5...30          | 2              | 2         |           |   |   |

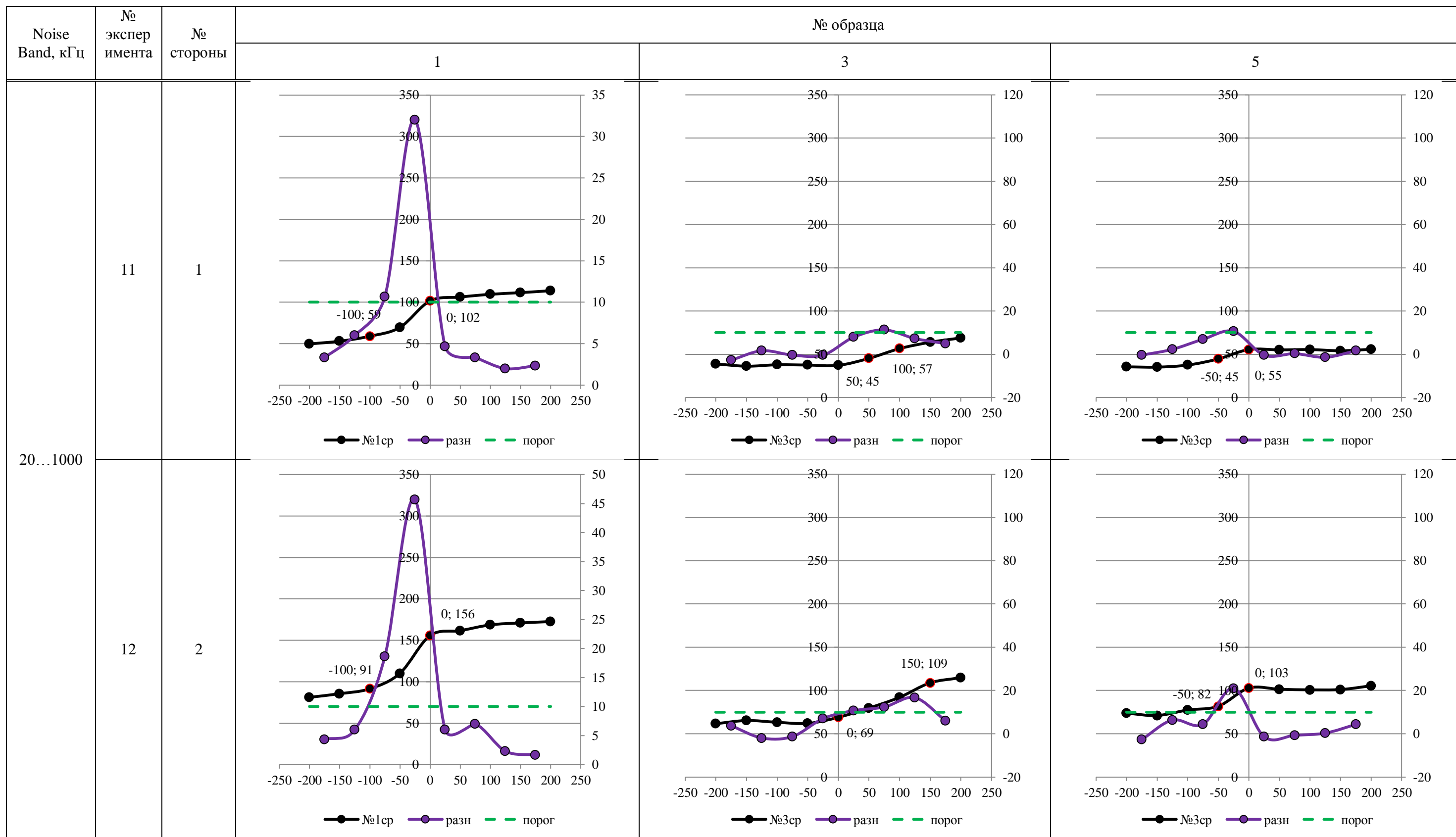
| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны         | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-------------------|-----------|---|---|
|                 |                |                   | 1         | 3 | 5 |
| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны образца | № образца |   |   |
|                 |                |                   | 1         | 3 | 5 |
| 5...200         | 3              | 1                 |           |   |   |
|                 |                |                   |           |   |   |
|                 | 4              | 2                 |           |   |   |
|                 |                |                   |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 5...1000        | 5              | 1         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |
| 5...1000        | 6              | 2         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |





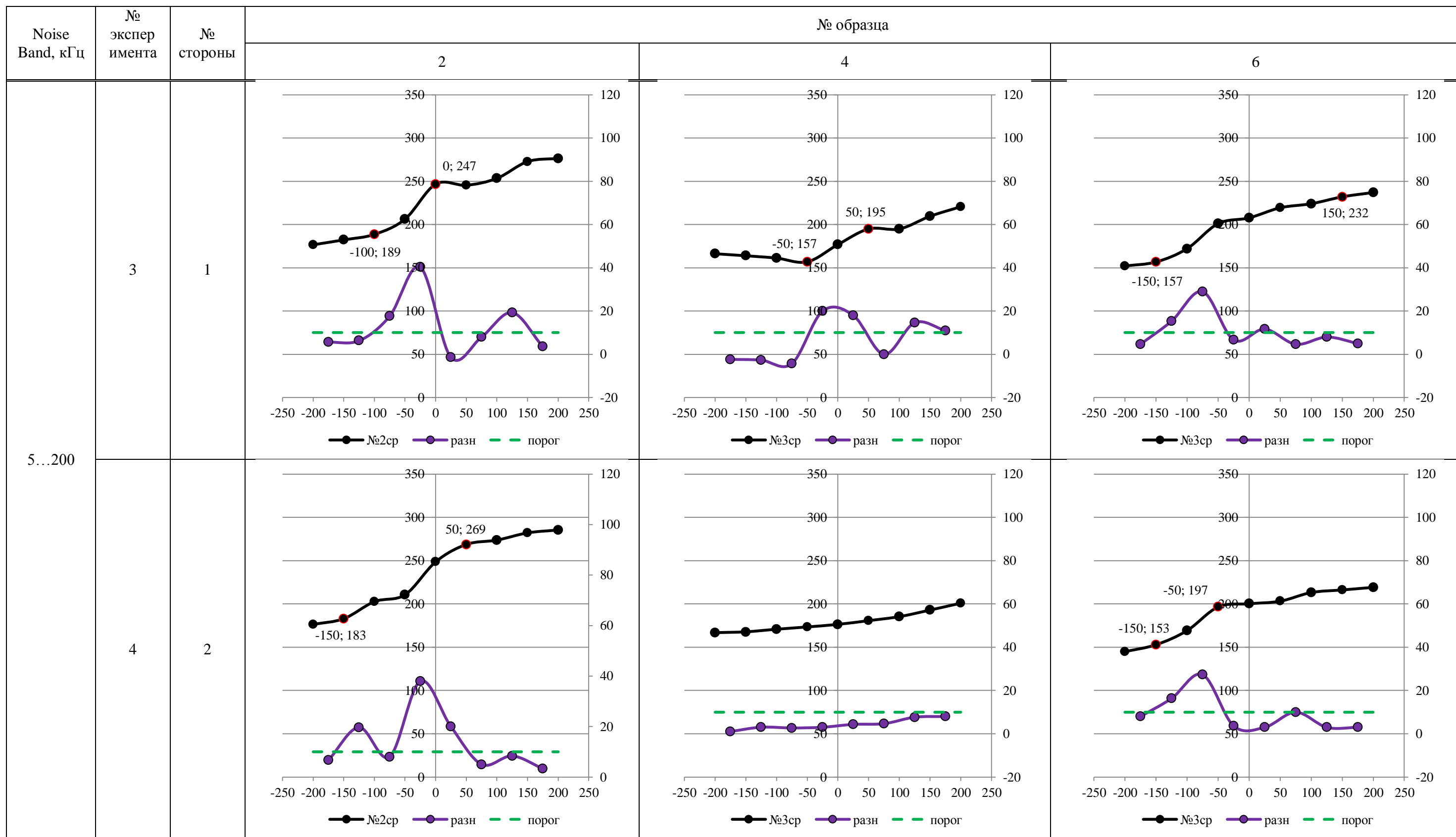


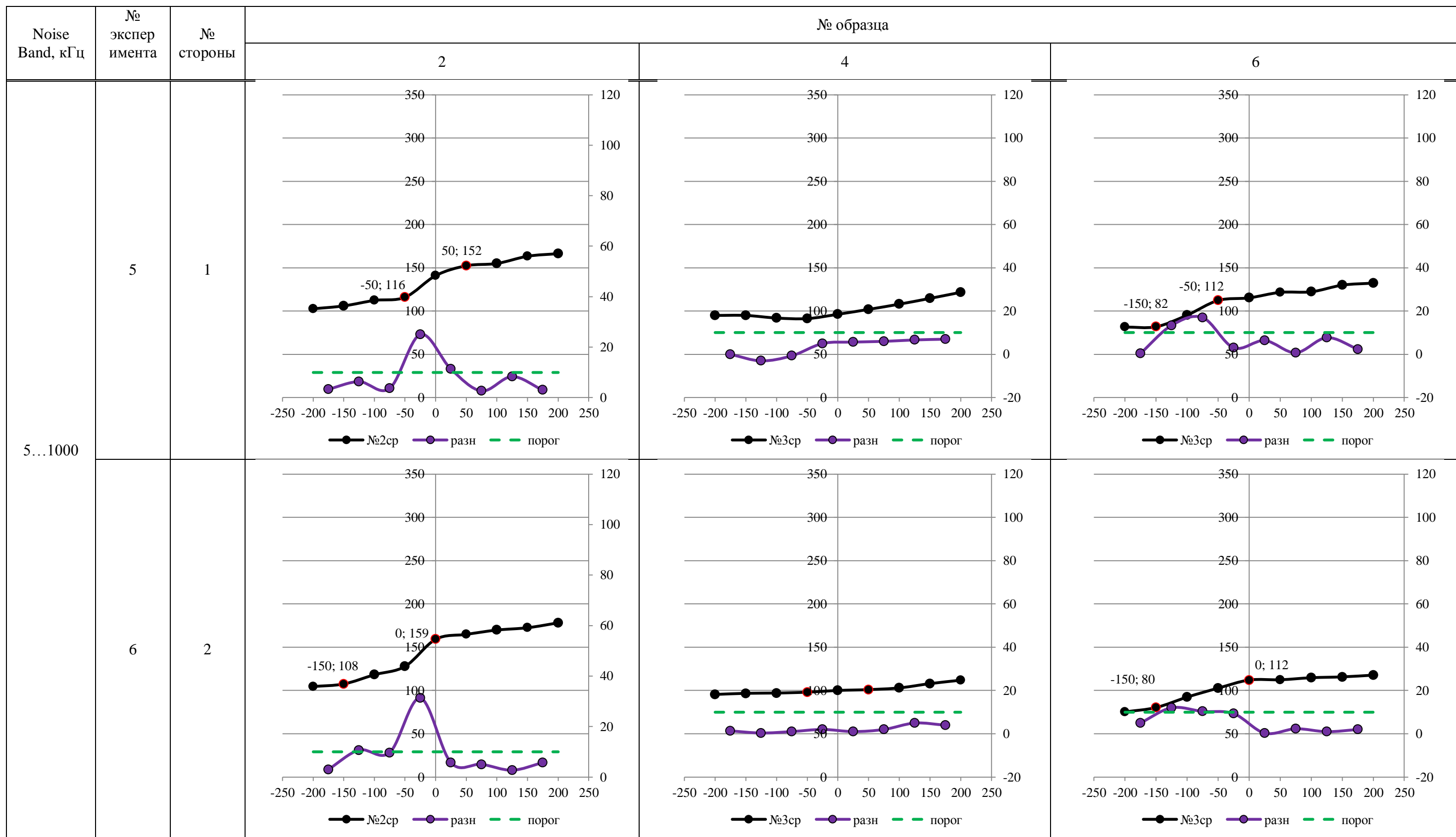


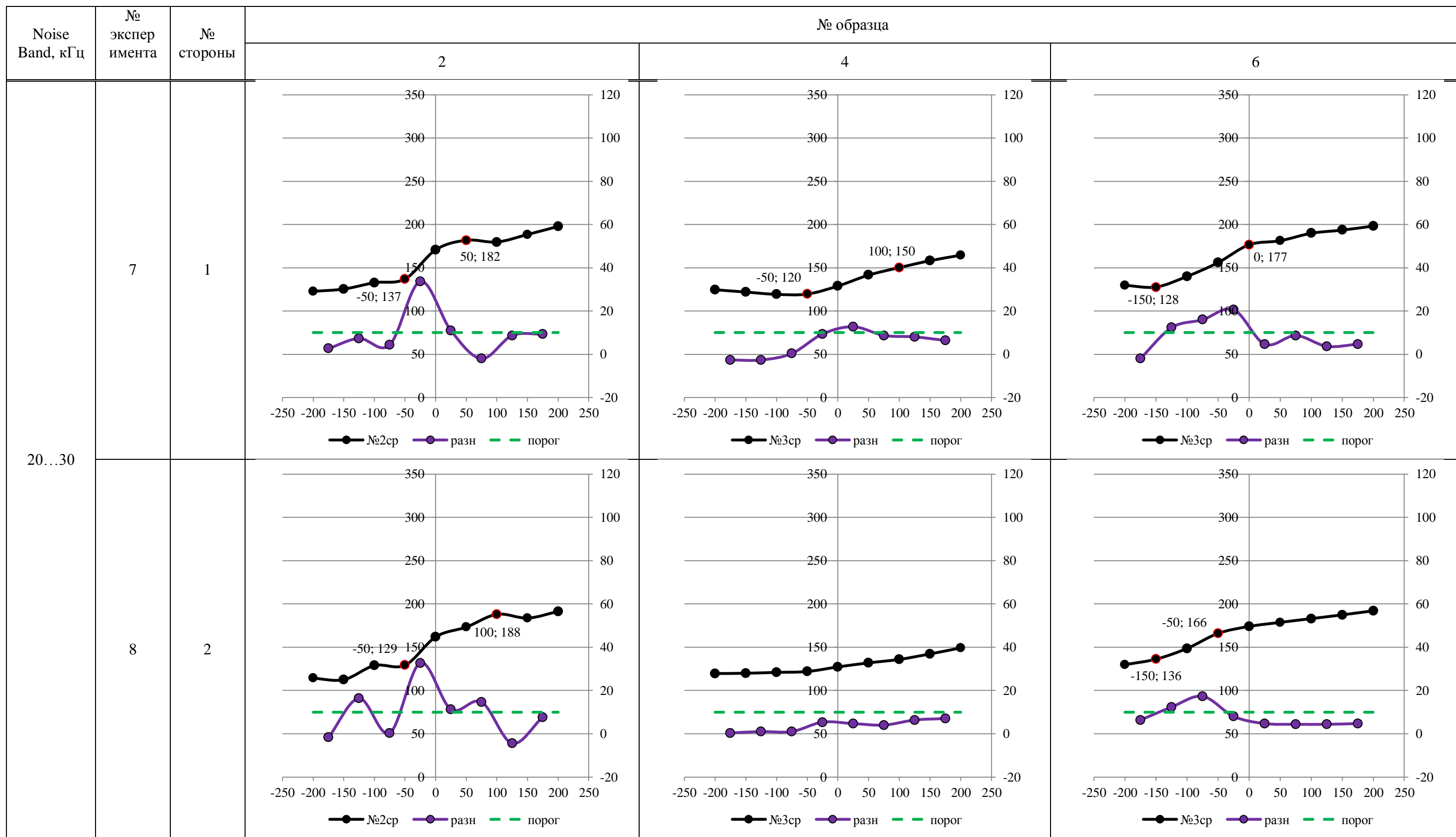
| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца                  |                           |                          |
|-----------------|----------------|-----------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                 |                |           | 1                          | 3                         | 5                        |
| 200...1000      | 13             | 1         | <p>0; 103<br/>-100; 53</p> | <p>0; 44<br/>100; 64</p>  | <p>0; 76<br/>-50; 46</p> |
|                 |                | 2         | <p>0; 102<br/>-100; 59</p> | <p>50; 45<br/>100; 57</p> | <p>-50; 45<br/>0; 55</p> |
| 200...1000      | 14             | 1         | <p>0; 102<br/>-100; 59</p> | <p>50; 45<br/>100; 57</p> | <p>-50; 45<br/>0; 55</p> |
|                 |                | 2         | <p>0; 102<br/>-100; 59</p> | <p>50; 45<br/>100; 57</p> | <p>-50; 45<br/>0; 55</p> |

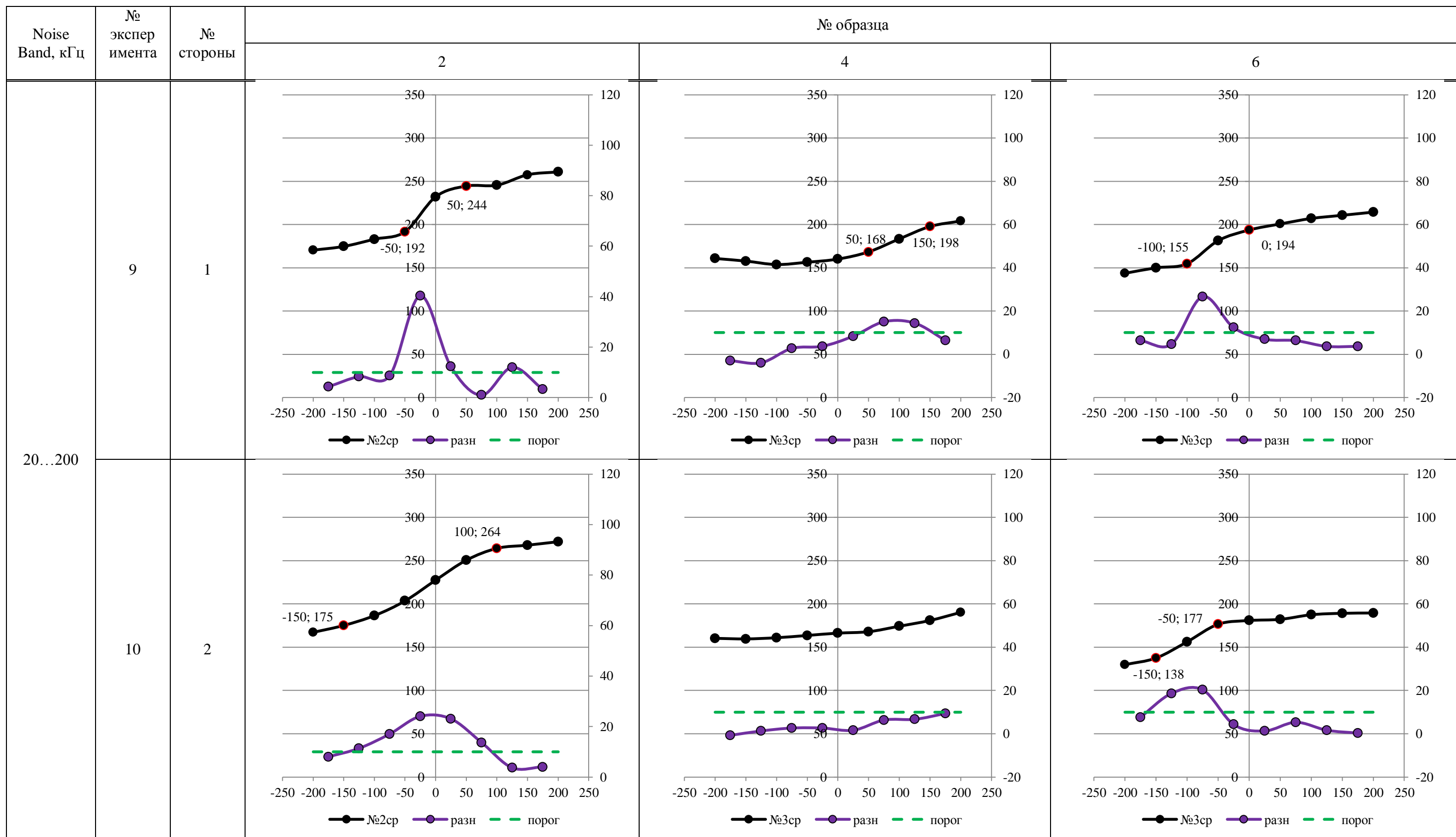
Образцы с толщиной 8 мм.

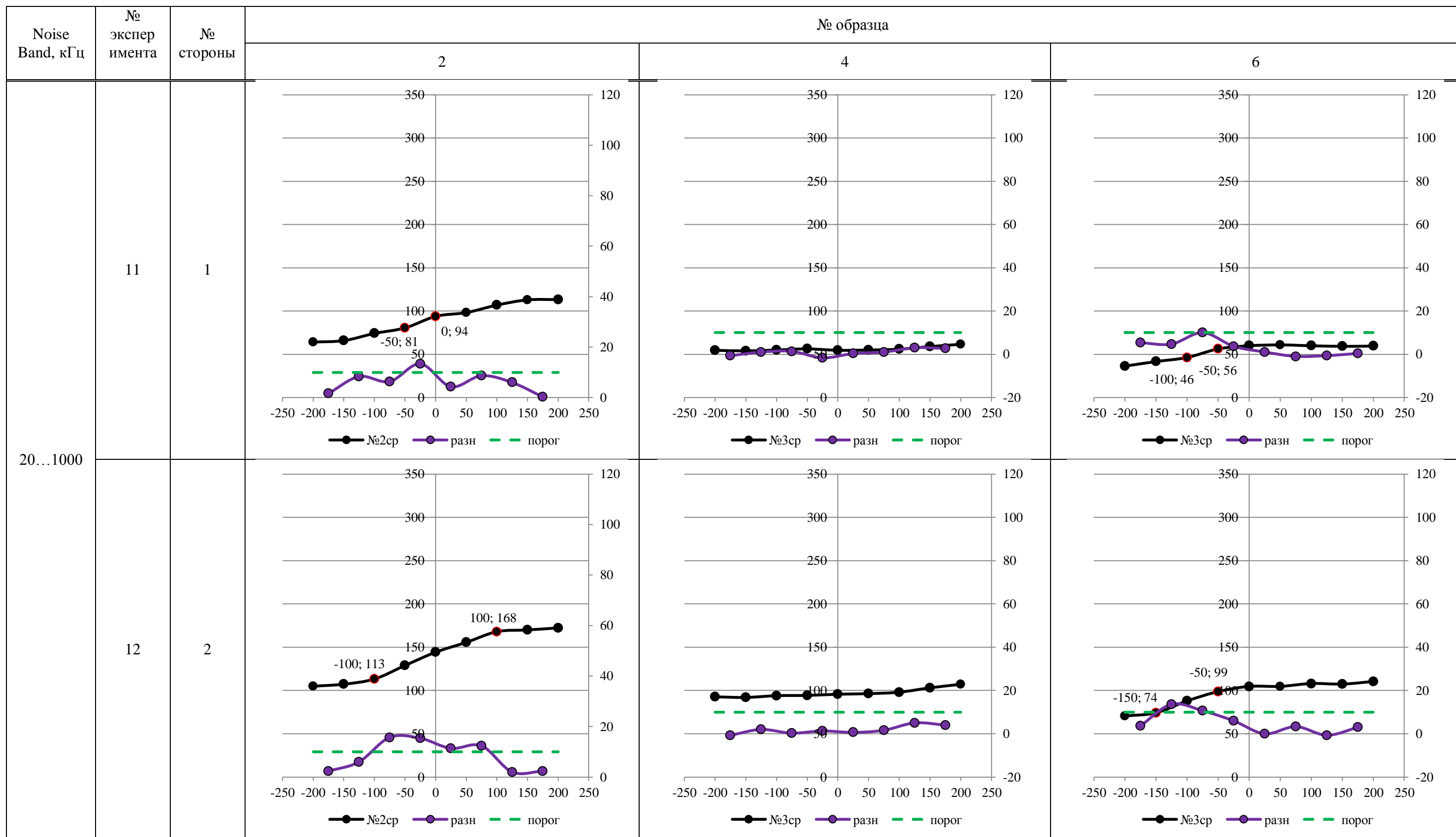
| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 5...30          | 1              | 1         | -         | - | - |
|                 | 2              | 2         |           |   |   |











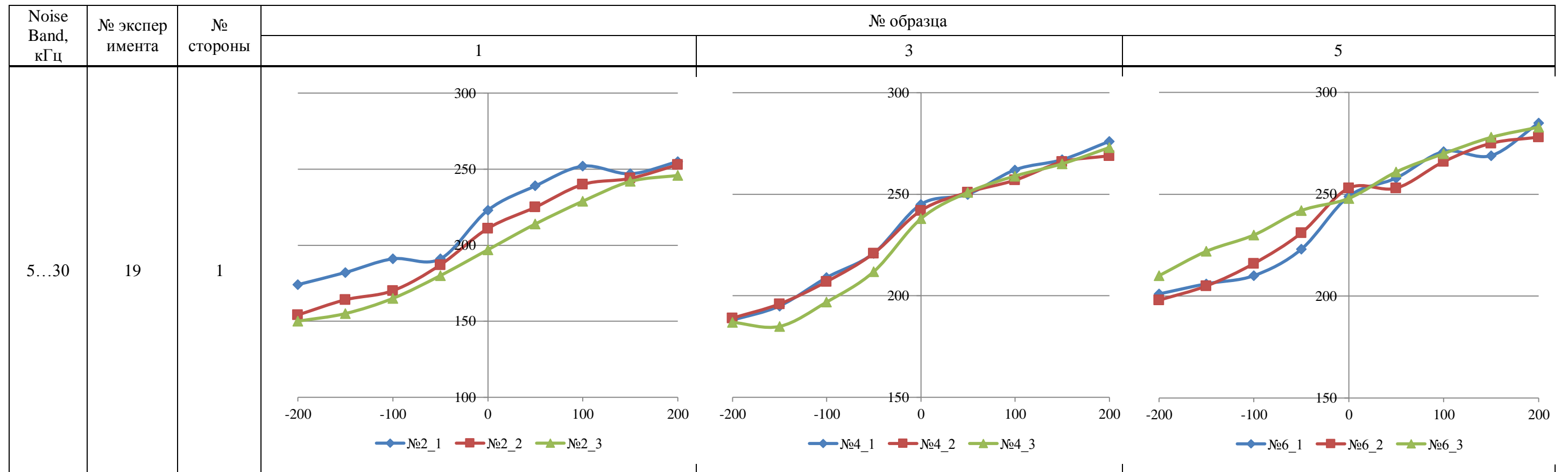


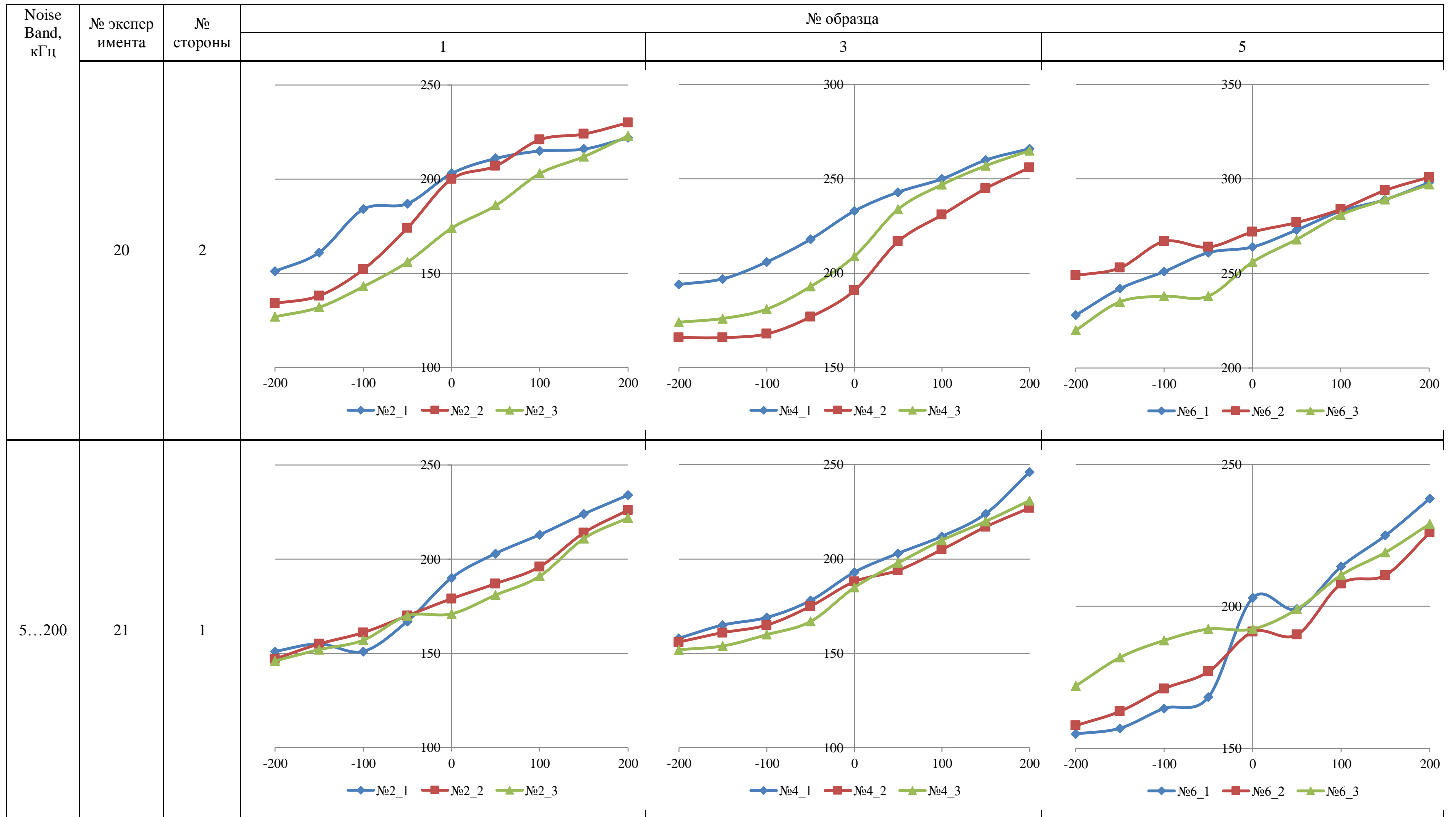
| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 200...1000      | 13             | 1         |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |

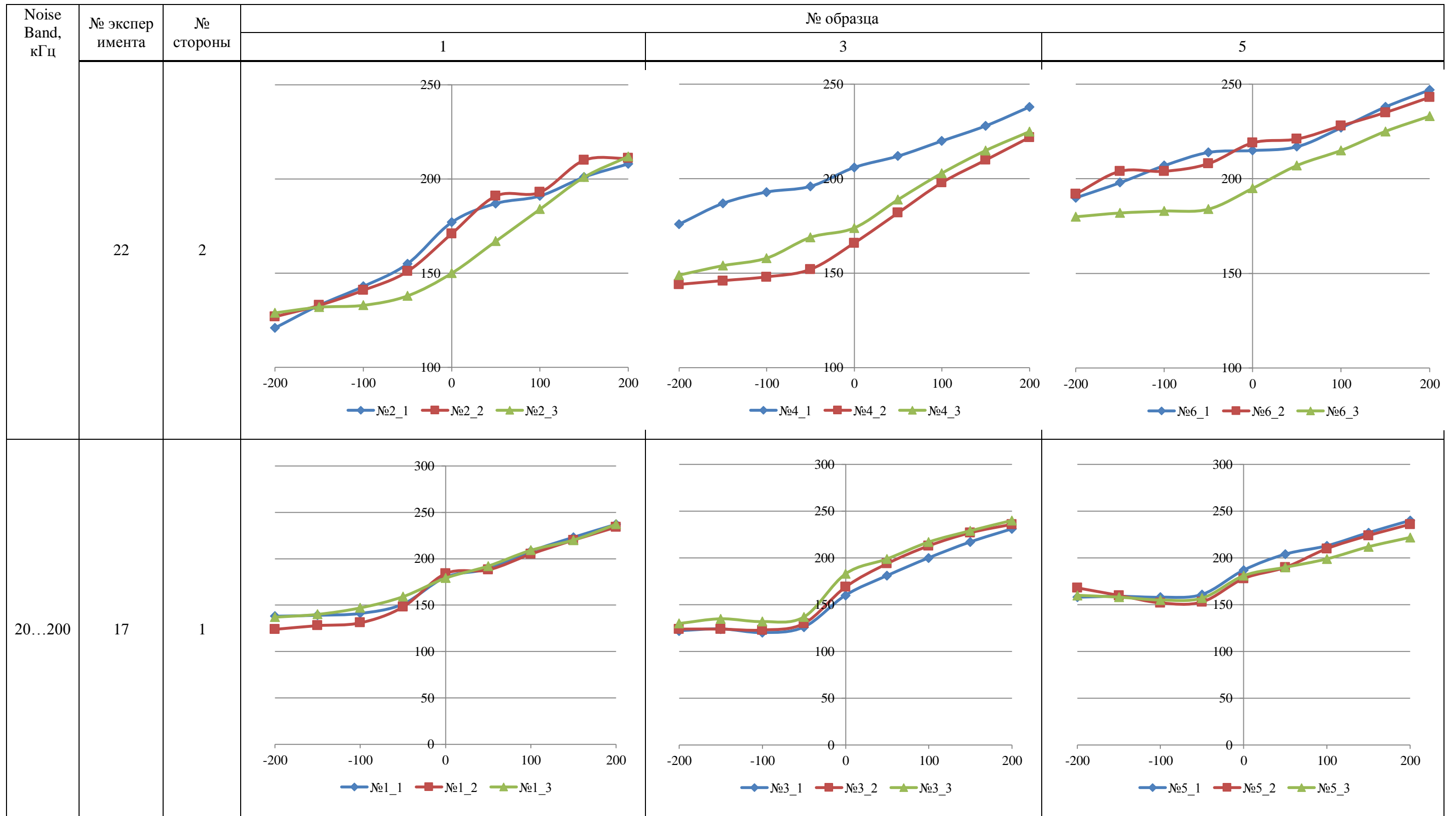
Пояснения: ось X - напряжения от -200 МПа до 200 МПа; ось Y - показания «ИНТРОСКАН»;

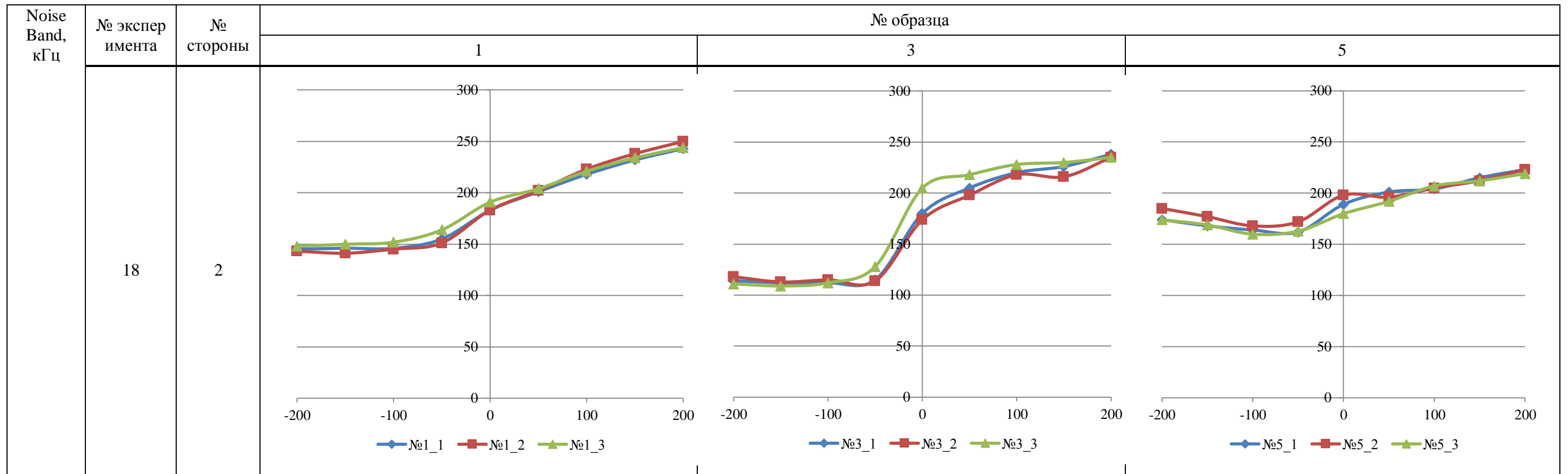
— - показания «ИНТРОСКАН» в T1; — - показания «ИНТРОСКАН» в T2; — - показания «ИНТРОСКАН» в T3.

Образцы с толщиной 4 мм.



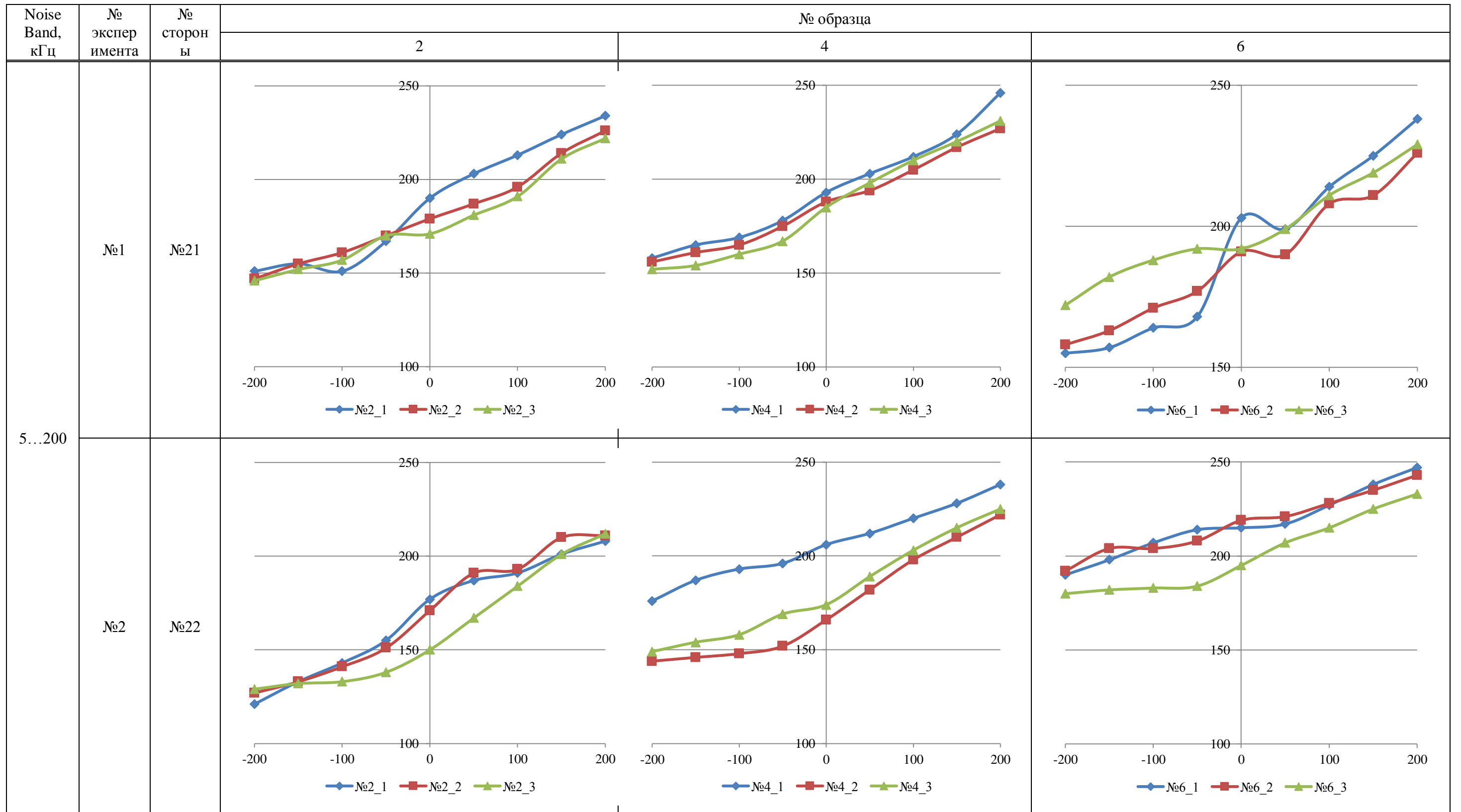


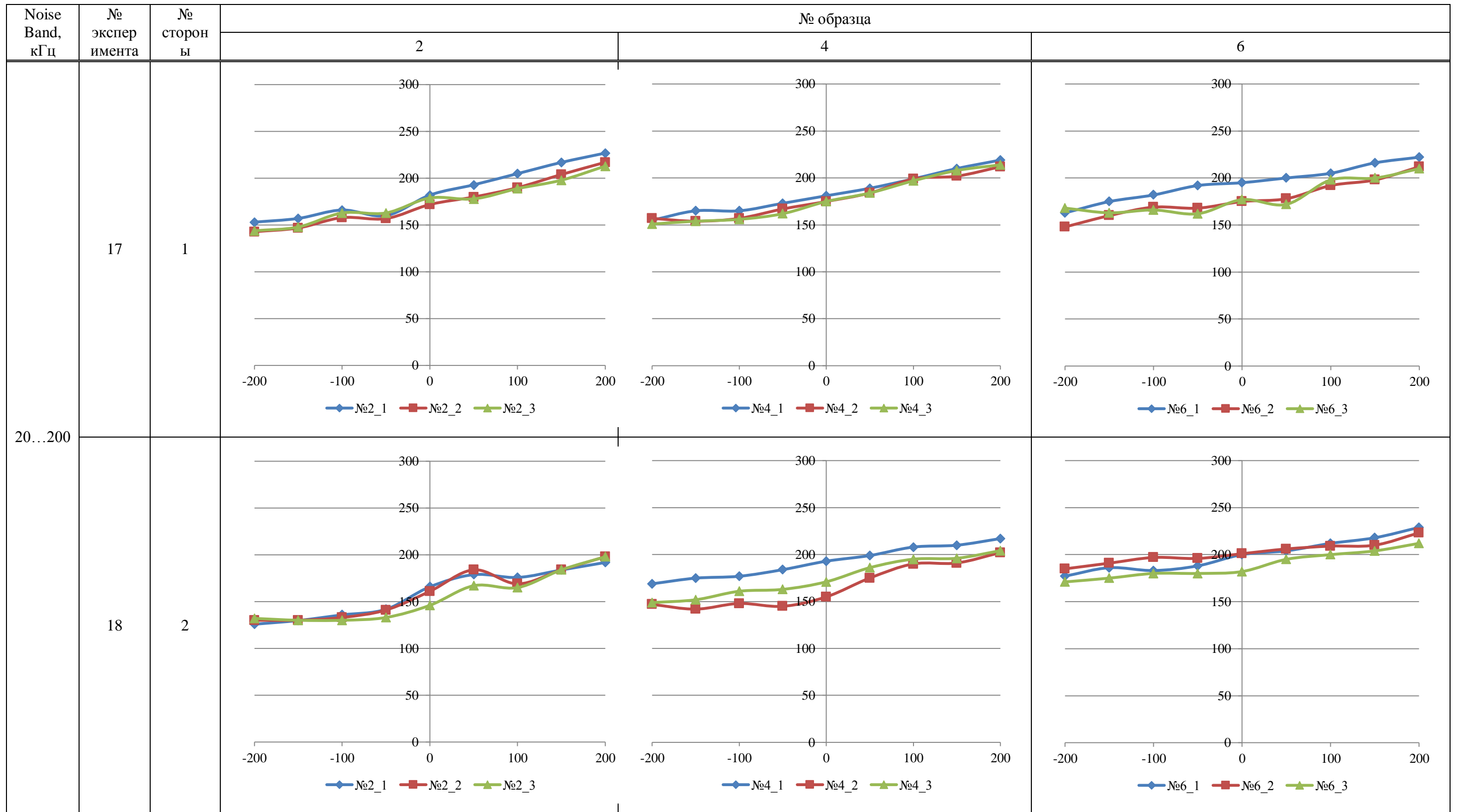




Образцы с толщиной 8 мм.

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 5...30          | №1             | №19       |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |
| 5...30          | №2             | №20       |           |   |   |
|                 |                |           |           |   |   |







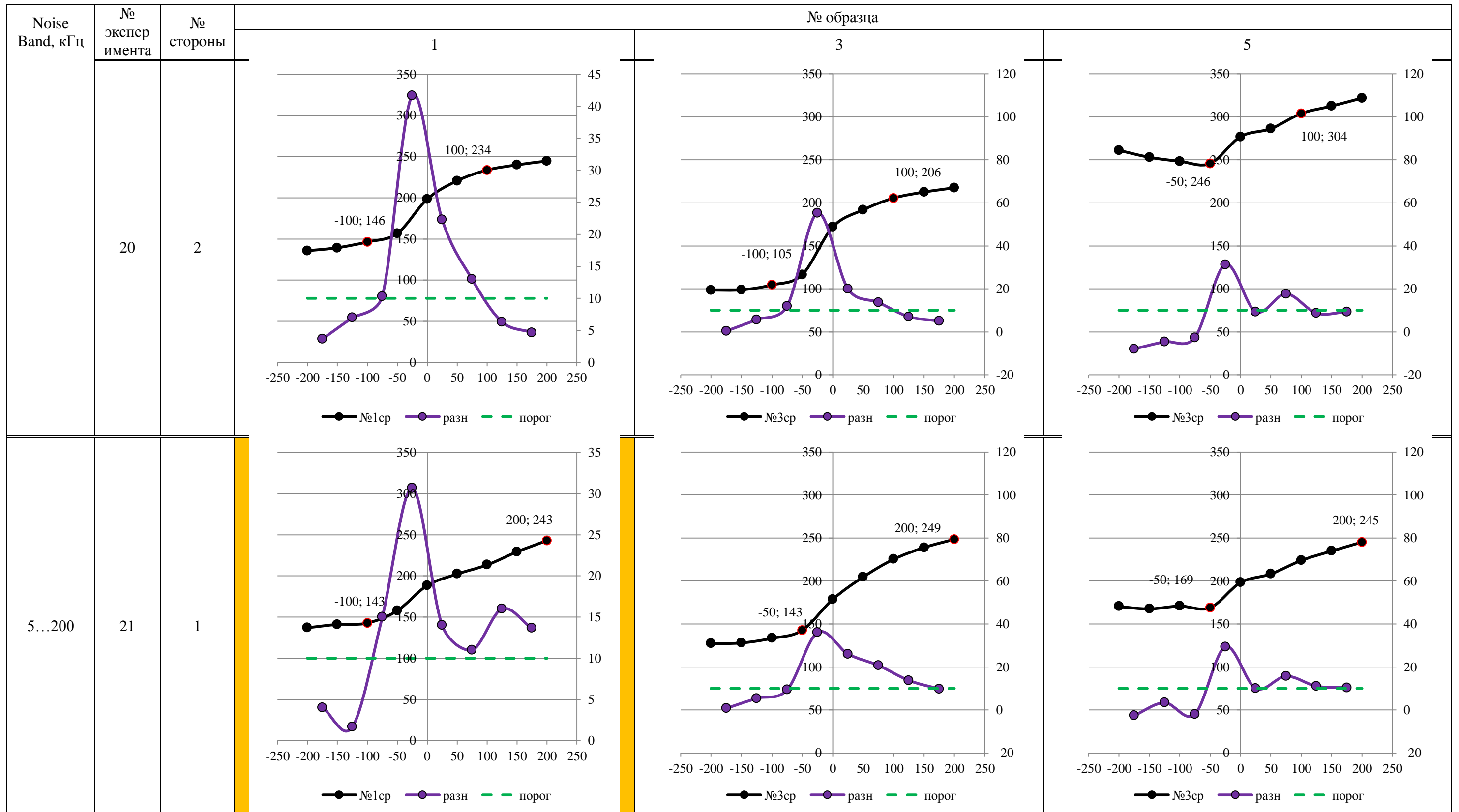
Приложение Д. Обработка результатов серии экспериментов №2

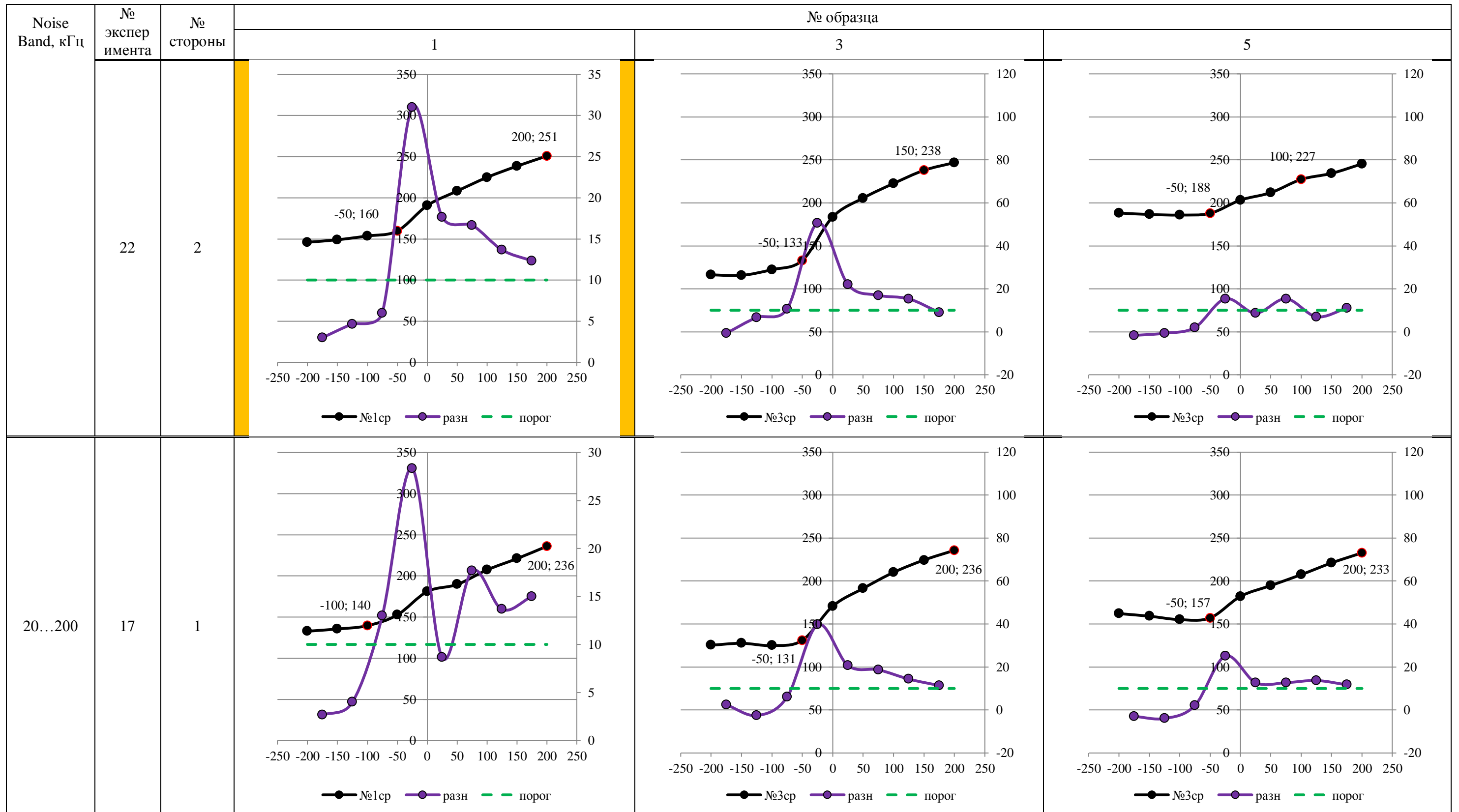
Пояснения: ось X - напряжения от -200 МПа до 200 МПа; ось Y - показания «ИНТРОСКАН»;

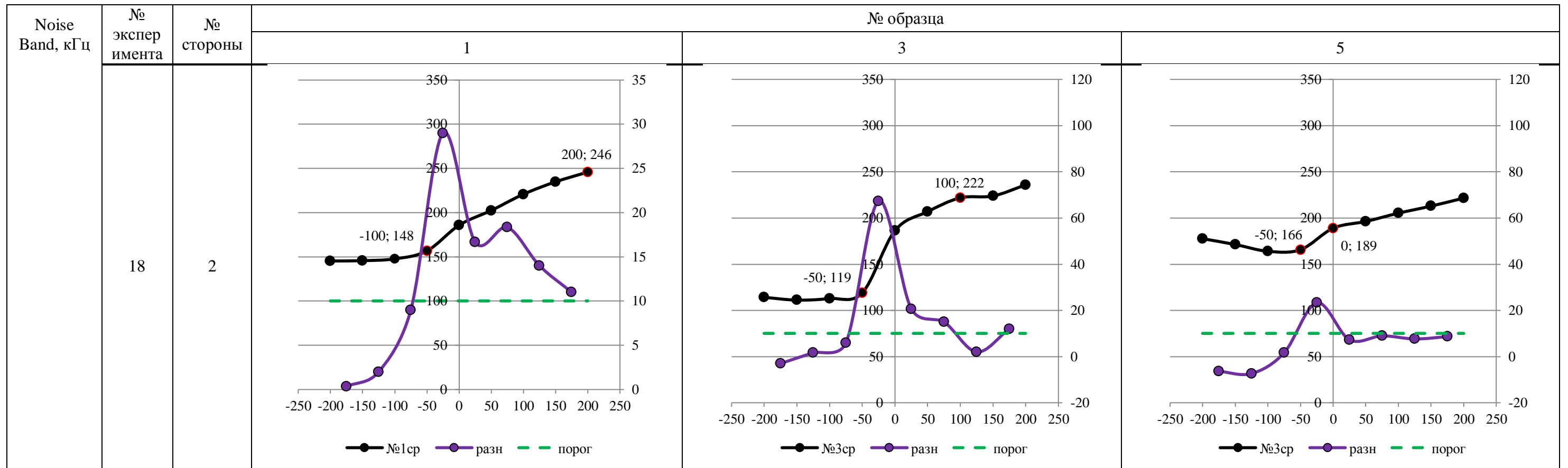
— - среднее значение показаний «ИНТРОСКАН» в точках T1, T2, T3; — - разница между соседними значениями «ИНТРОСКАН» (разн); - - порог чувствительности «ИНТРОСКАН».

Образцы с толщиной 4 мм.

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 1         | 3 | 5 |
| 5...30          | 19             | 1         |           |   |   |







Образцы с толщиной 8 мм.

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 5...30          | 19             | 1         |           |   |   |
|                 |                | 2         |           |   |   |
| 5...30          | 20             | 1         |           |   |   |
|                 |                | 2         |           |   |   |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца                                  |  |  |
|-----------------|----------------|-----------|--|--|--|
|                 |                |           | 2  | 4  | 6  |
| 5...200         | 21             | 1         | <p>Legend: ● №2ср, ● разн, - - - порог</p> | <p>Legend: ● №3ср, ● разн, - - - порог</p> | <p>Legend: ● №3ср, ● разн, - - - порог</p> |
|                 |                |           | 22   | 2  | <p>Legend: ● №2ср, ● разн, - - - порог</p> |

| Noise Band, кГц | № эксперимента | № стороны | № образца |   |   |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|---|---|
|                 |                |           | 2         | 4 | 6 |
| 20...200        | 17             | 1         |           |   |   |
|                 |                |           | 18        | 2 |   |