

ОАО «Теплоприбор» г. Рязань

Сенсор давления
с применением интерферометра Фабри-Перо

Рязань 2012 г.

Спектральная система измерения теплотехнических параметров «Дельта»

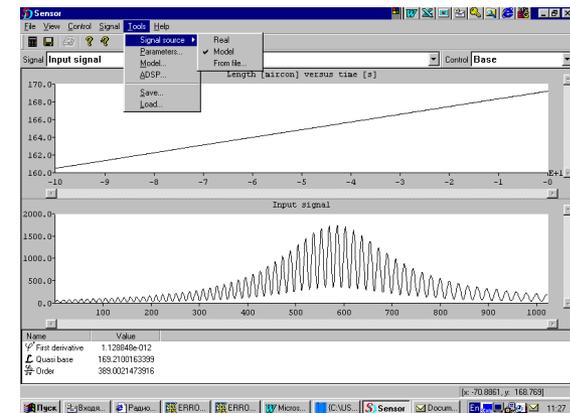
Основные принципы

- интерферометр Фабри-Перо в качестве чувствительного элемента
- спектральное кодирование измеряемой величины
- широкополосный источник излучения



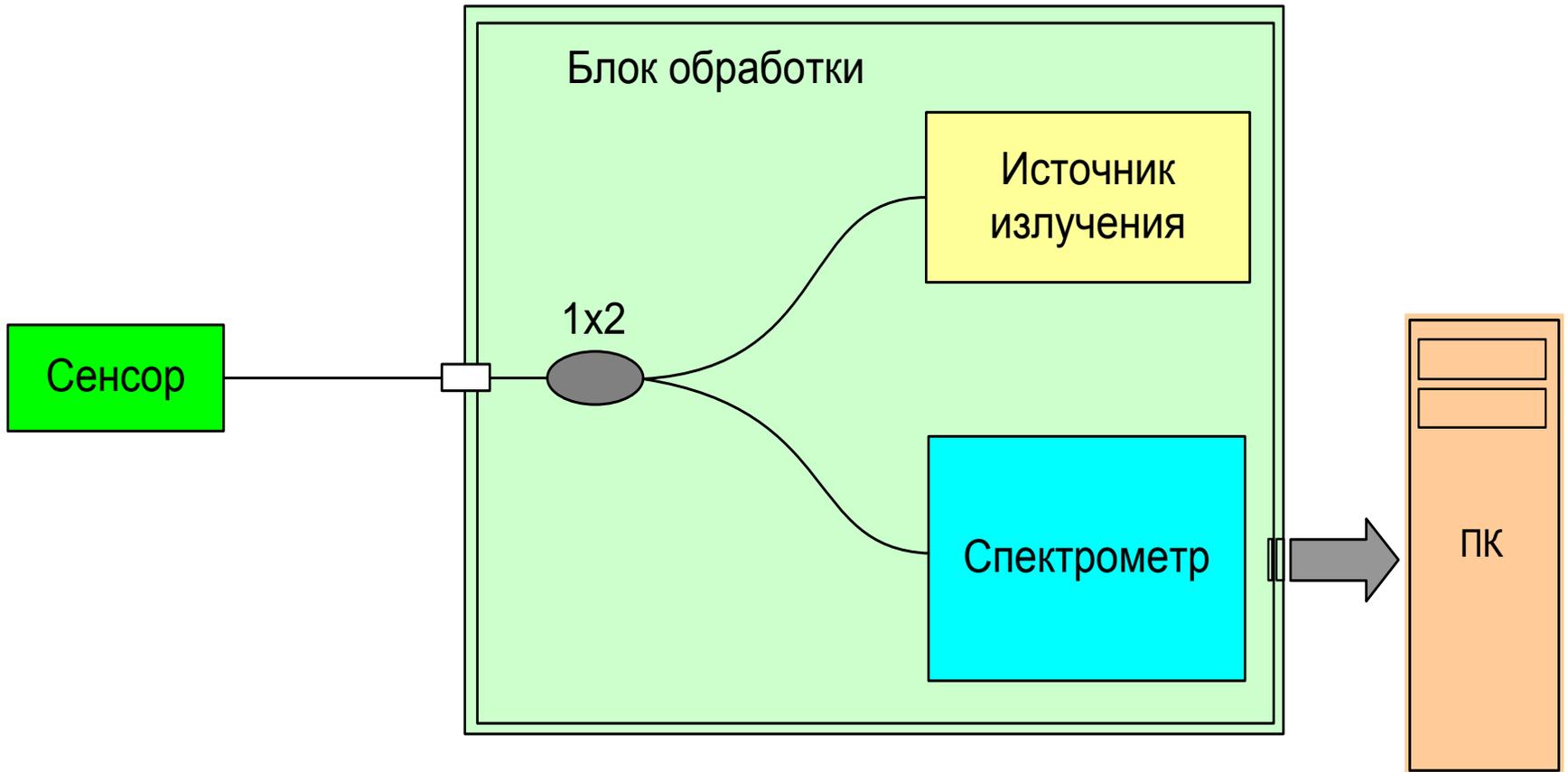
Преимущества разработки

- удаленные высокоточные измерения
- абсолютная взрыво- и пожаробезопасность
- нечувствительность к электромагнитным помехам

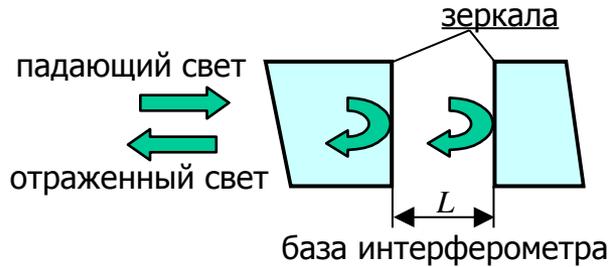


Окно программного приложения

Схема системы измерения «Дельта»



Интерферометр Фабри-Перо



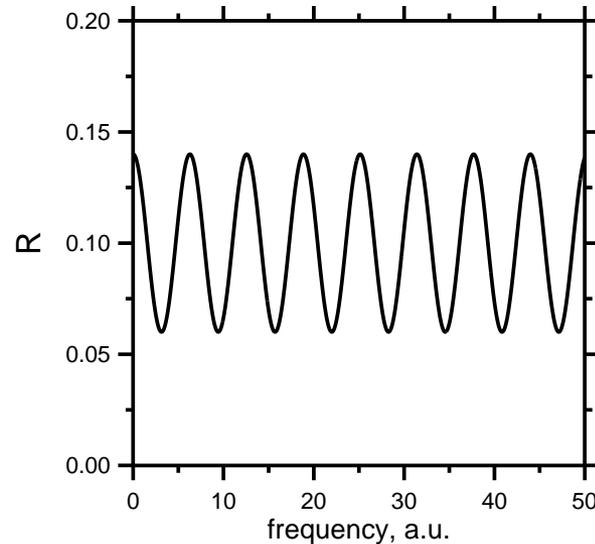
Двухлучевое приближение

Коэффициент отражения интерферометра как функция оптической частоты

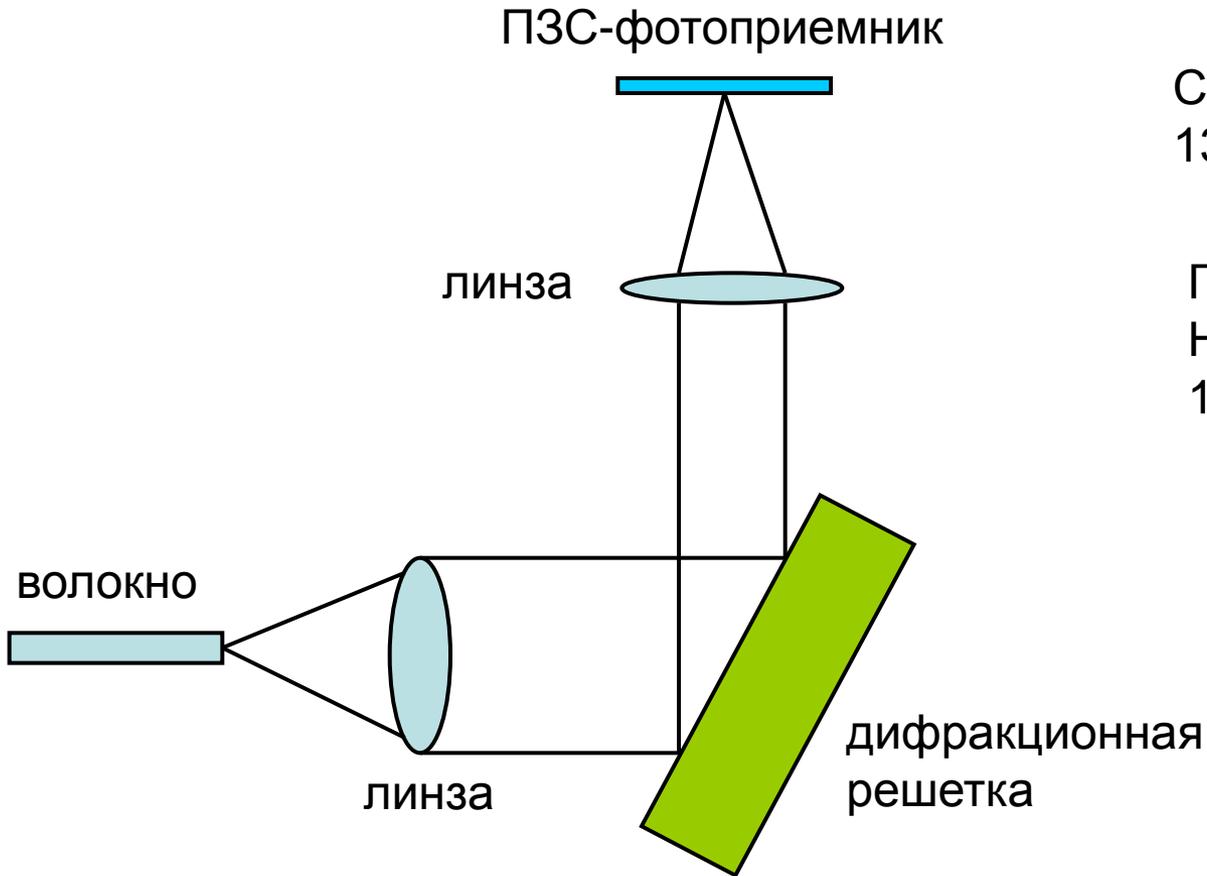
$$R_{FPI}(\nu) = r_0 + r_1 \cos \varphi(\nu) + r_2 \cos 2\varphi(\nu) + \dots \approx r_0 [1 + V \cos \varphi(\nu)]$$

где ν – частота, V – видность интерферометра, φ – разность фаз

$$\varphi(\nu) = \frac{4\pi\nu L}{c} + \varphi_0$$



Оптическая схема спектрометра



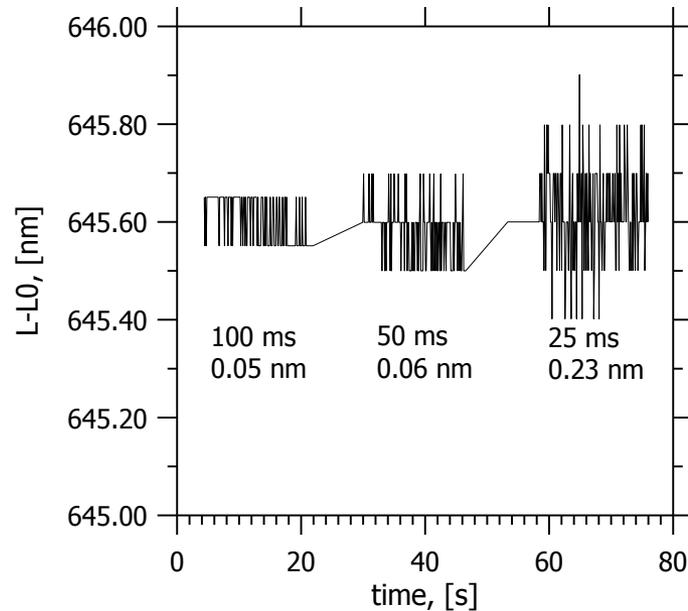
Дифракционная решетка:
1200 штрих/мм

Спектральный диапазон:
135 нм

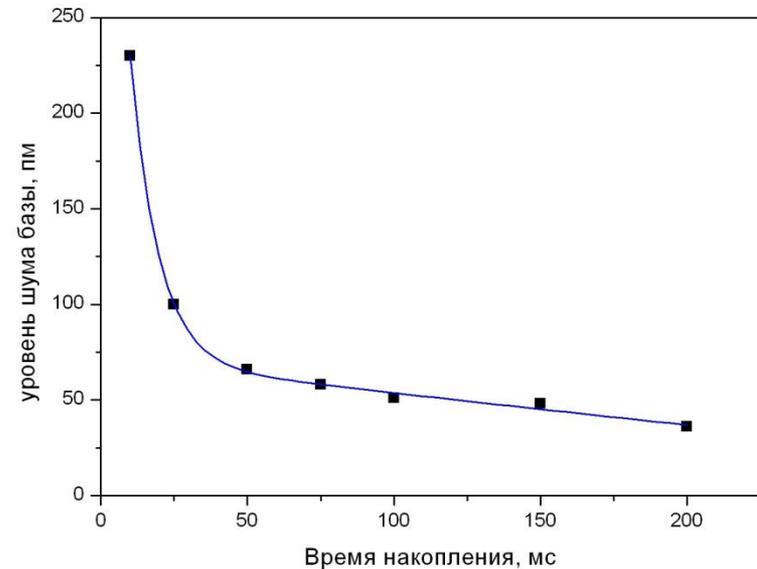
ПЗС-линейка:
Hamamatsu
1024 пикселей

Разрешающая способность метода

Шум измеренной базы в зависимости от времени при различных временах накопления фотоприемника



Уровень шума базы в зависимости от времени накопления



Среднеквадратичный уровень шума измеряемой базы составляет 0.05 нм при времени накопления фотоприемника 100 мс

Сравнение расчётных и экспериментальных измерений

Таблица экспериментальных измерений базы интерферометра

№ точки	База L, мкм	Давление, бар
1	91,6457	0
2	91,0580	0,512
3	90,2970	1,182
4	89,6050	1,792
5	88,8757	2,432
6	88,1975	3,042
7	87,4565	3,712
8	86,6930	4,412
9	86,0810	4,962
10	85,2345	5,662
11	84,4740	6,302
12	83,7630	6,912

Таблица экспериментальных измерений прогиба мембраны

№ точки	Прогиб, мкм	Давление, бар
1	0	0
2	0,5877	0,512
3	1,3487	1,182
4	2,0407	1,792
5	2,7700	2,432
6	3,4482	3,042
7	4,1892	3,712
8	4,9527	4,412
9	5,5647	4,962
10	6,4112	5,662
11	7,1717	6,302
12	7,8827	6,912

Таблица теоретических вычислений прогиба мембраны

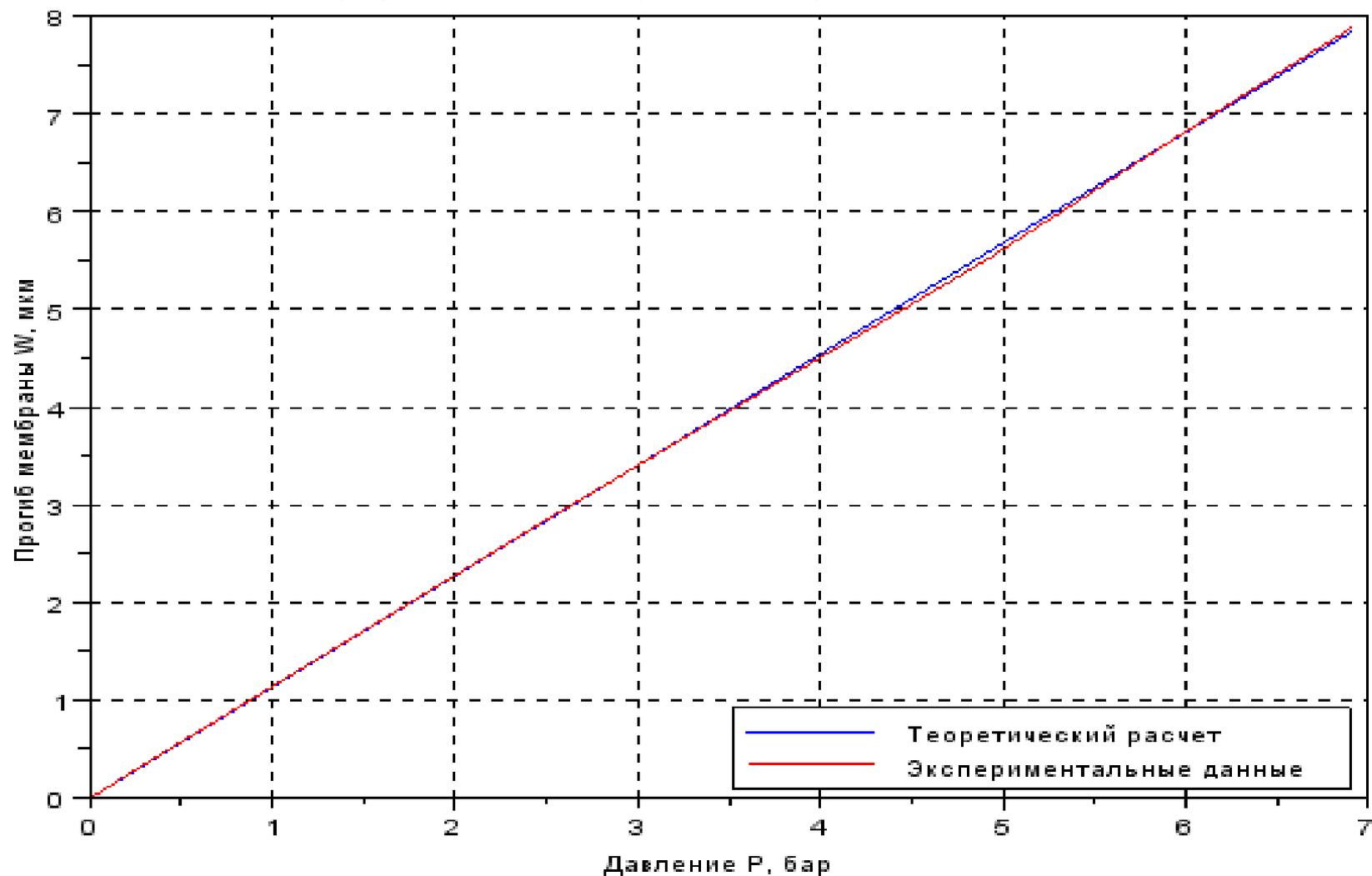
№ точки	Прогиб, мкм	Давление, бар
1	0	0
2	0,5810	0,512
3	1,3414	1,182
4	2,0338	1,792
5	2,7600	2,432
6	3,4522	3,042
7	4,2126	3,712
8	5,0071	4,412
9	5,6311	4,962
10	6,4258	5,662
11	7,1522	6,302
12	7,8442	6,912

Расчётная формула прогиба мембраны

$$W(P) = \frac{3(1-\mu^2)}{16} \cdot \frac{P \cdot R^4}{E \cdot h^3}$$

Зависимость величины деформации мембраны от давления

График зависимости прогиба мембраны от давления



Разрешающая способность и точность измерения

Разрешающая способность (абсолютная погрешность) системы измерения прогиба мембраны, достигнутая на действующем образце $\Delta W = 0,1$ нм .

Измеренная величина базы интерферометра при $P_{\max} = 6,985$ бар,
 $W_{\max} = 7882,7$ нм

Относительная точность измерения давления, приведённая к верхнему пределу измерения $\gamma = 0,0013\%$

Предельная погрешность измерения базы интерферометра системы $\Delta W = 0,05$ нм

Предельная относительная точность измерения давления $\gamma = 0,00063\%$

Схема многоканальной системы

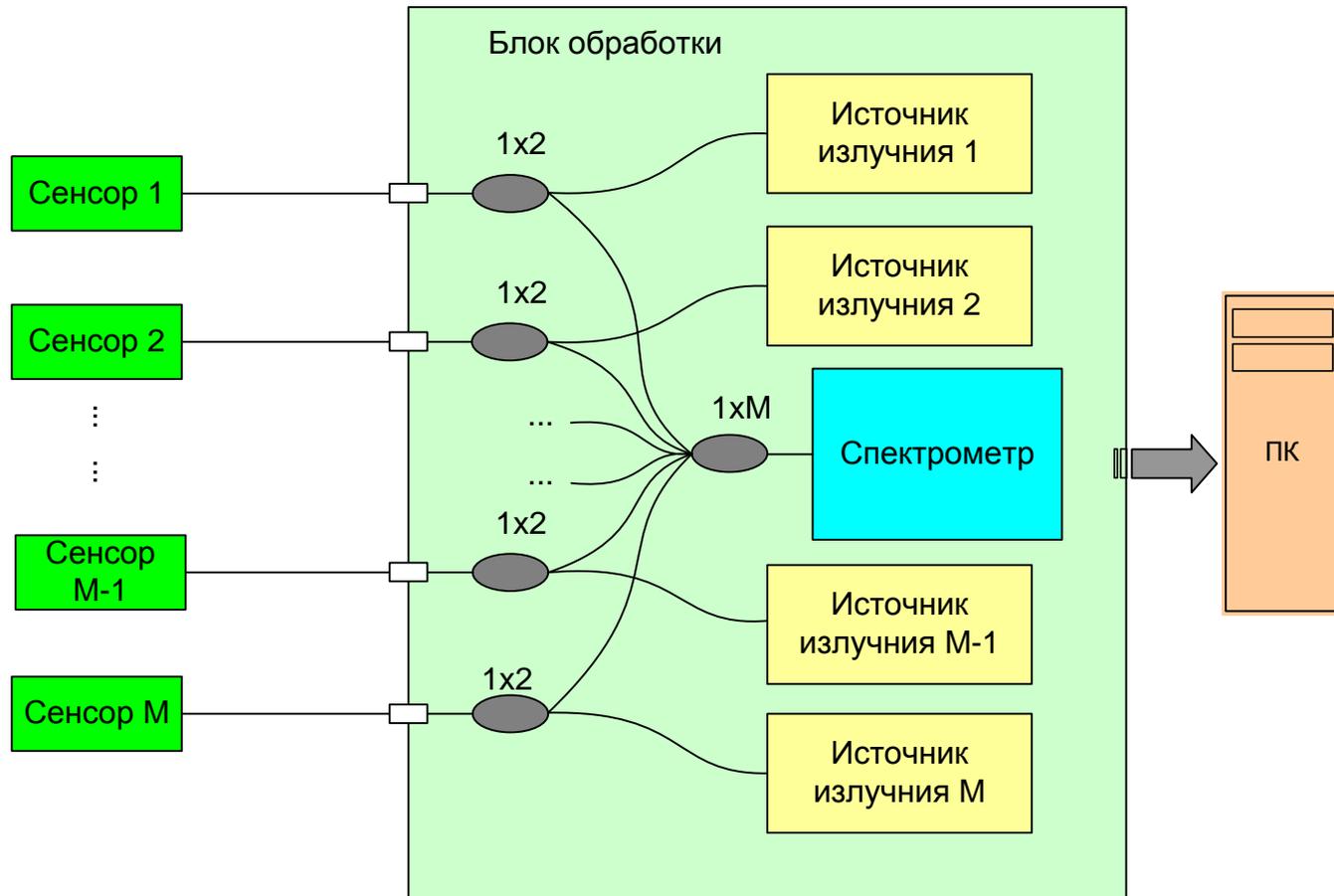


Схема 2M - канальной системы с температурной компенсацией

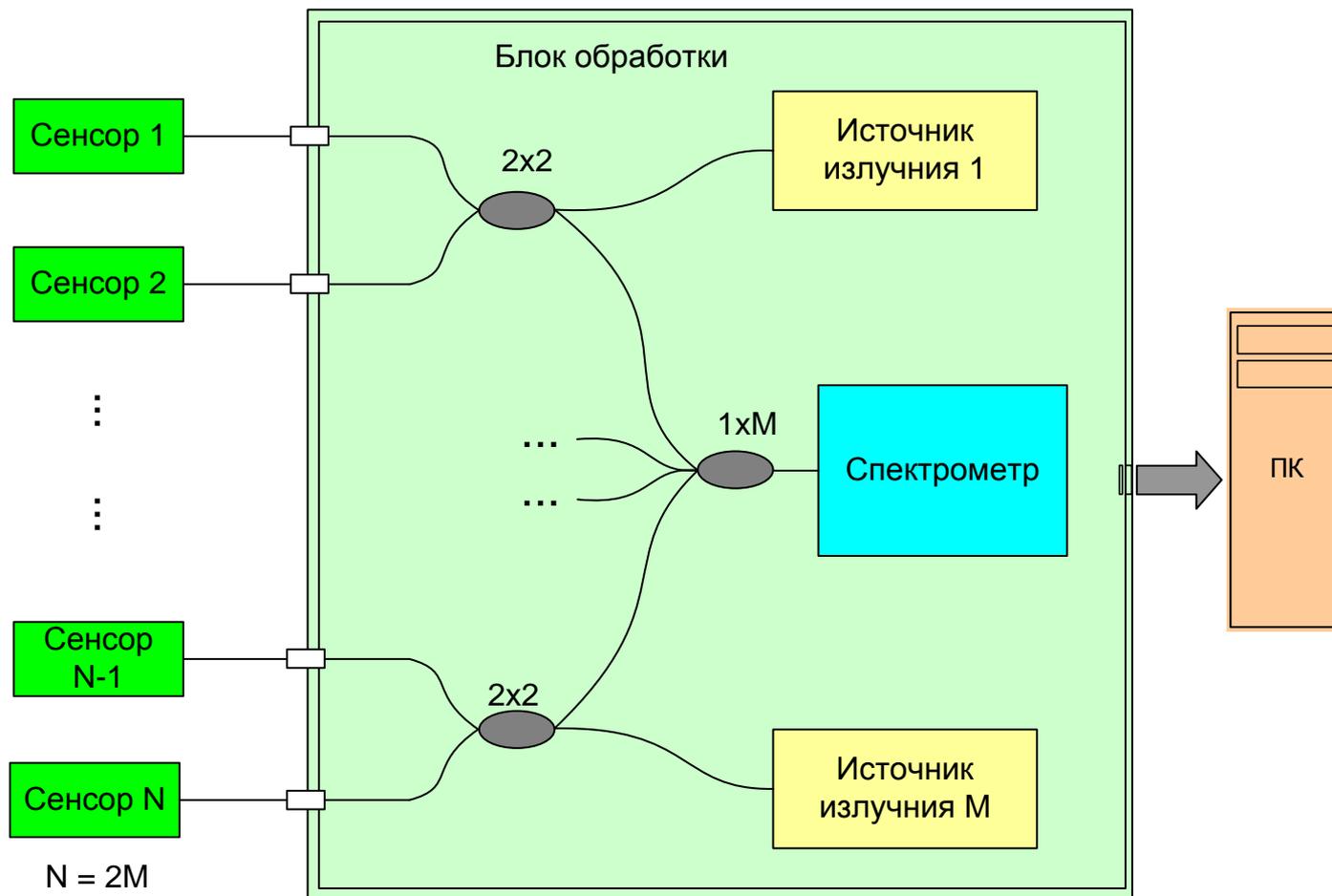


Схема системы с внутренним блоком обработки сигнала

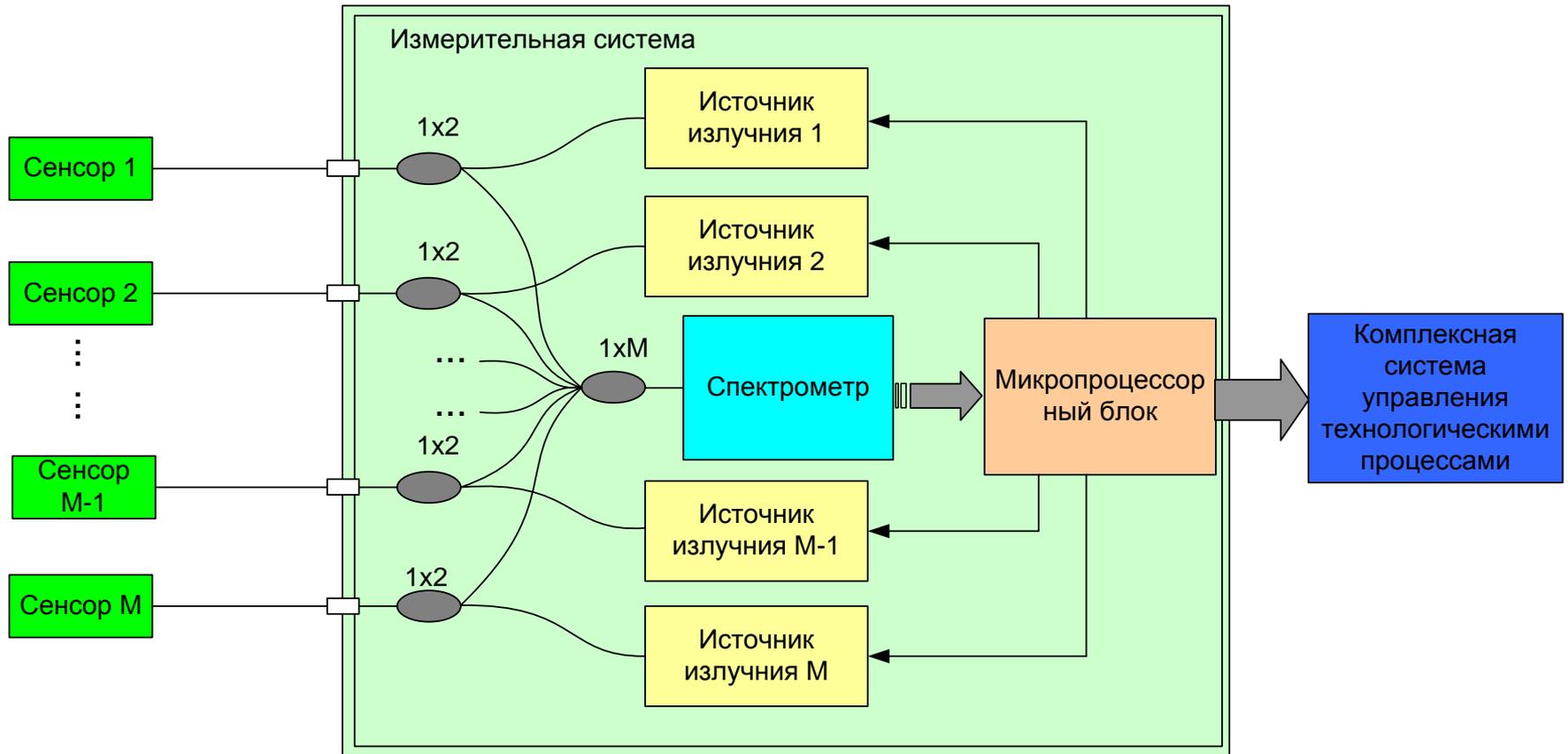
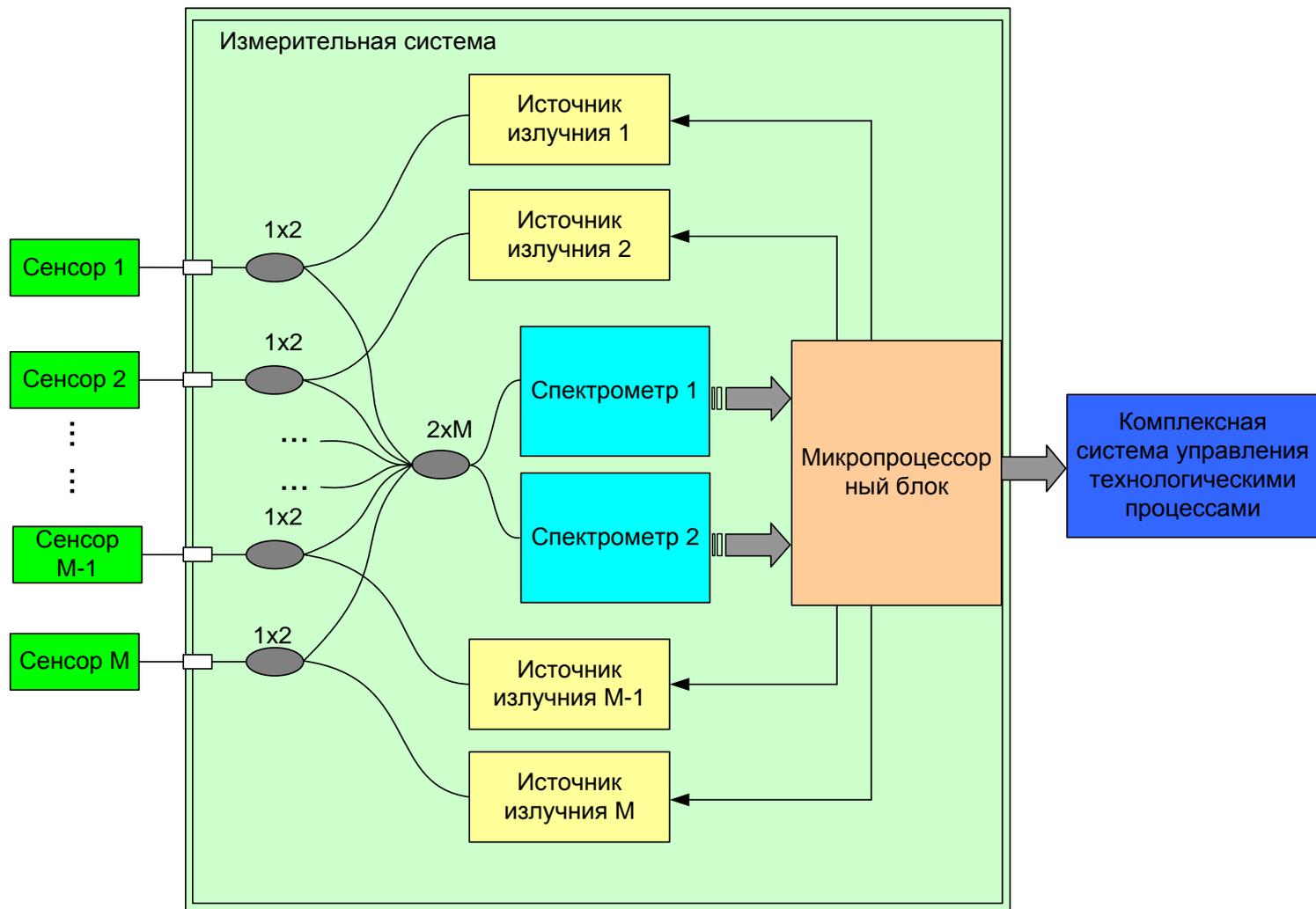


Схема системы с резервным измерительным каналом



Структура комплекса измерительных систем

