

Направления и программа оптимизации аэродинамических, энергетических и геометрических характеристик входного патрубка установки ГТЭ-110 при его эксплуатации совместно с ВЗТ.

Опыт создания системы раннего предупреждения о приближении к неустойчивым режимам работы компрессора энергетической ГТУ.



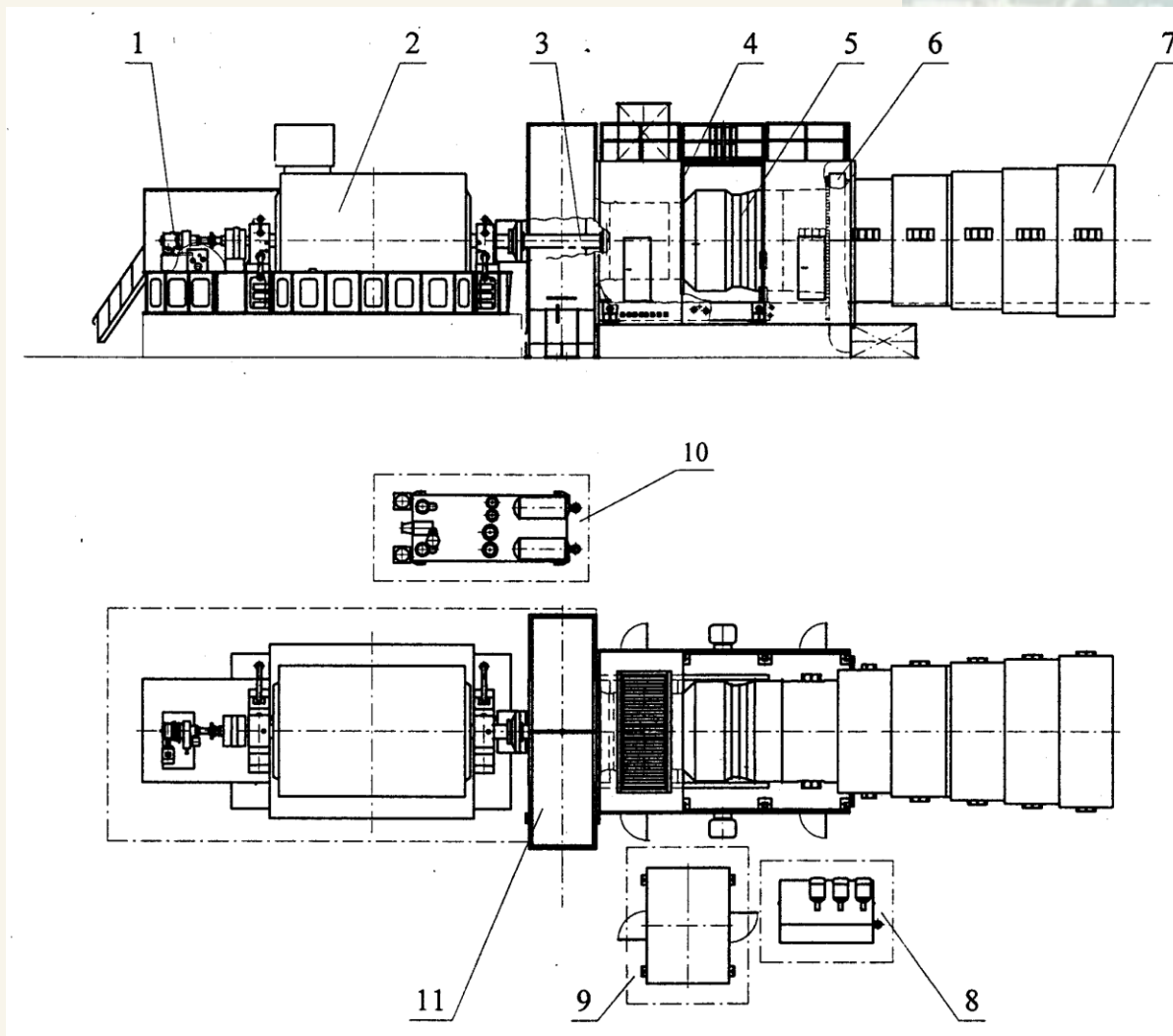
Авторы:

**Михайлов В.Е., Хоменок Л.А.,
Шерапов В.В., Нечкин Б.В.
ОАО «НПО ЦКТИ».**

**Тихонов Е.Г.
ОАО «НПО «Сатурн».**

**Бельков И.А., Головчено Л.М.
ОАО АК «Якутскэнерго»
(Якутская ГРЭС).**

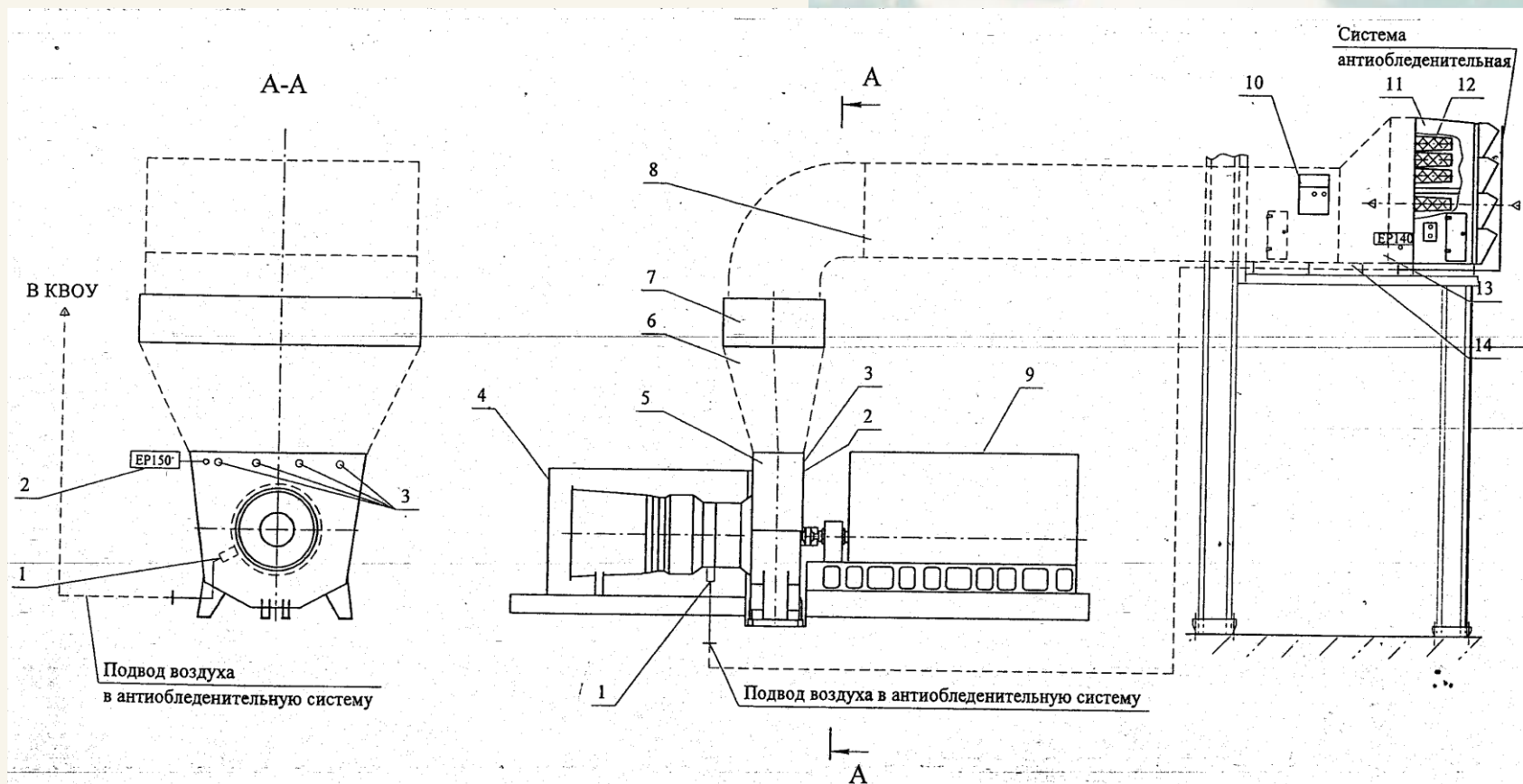




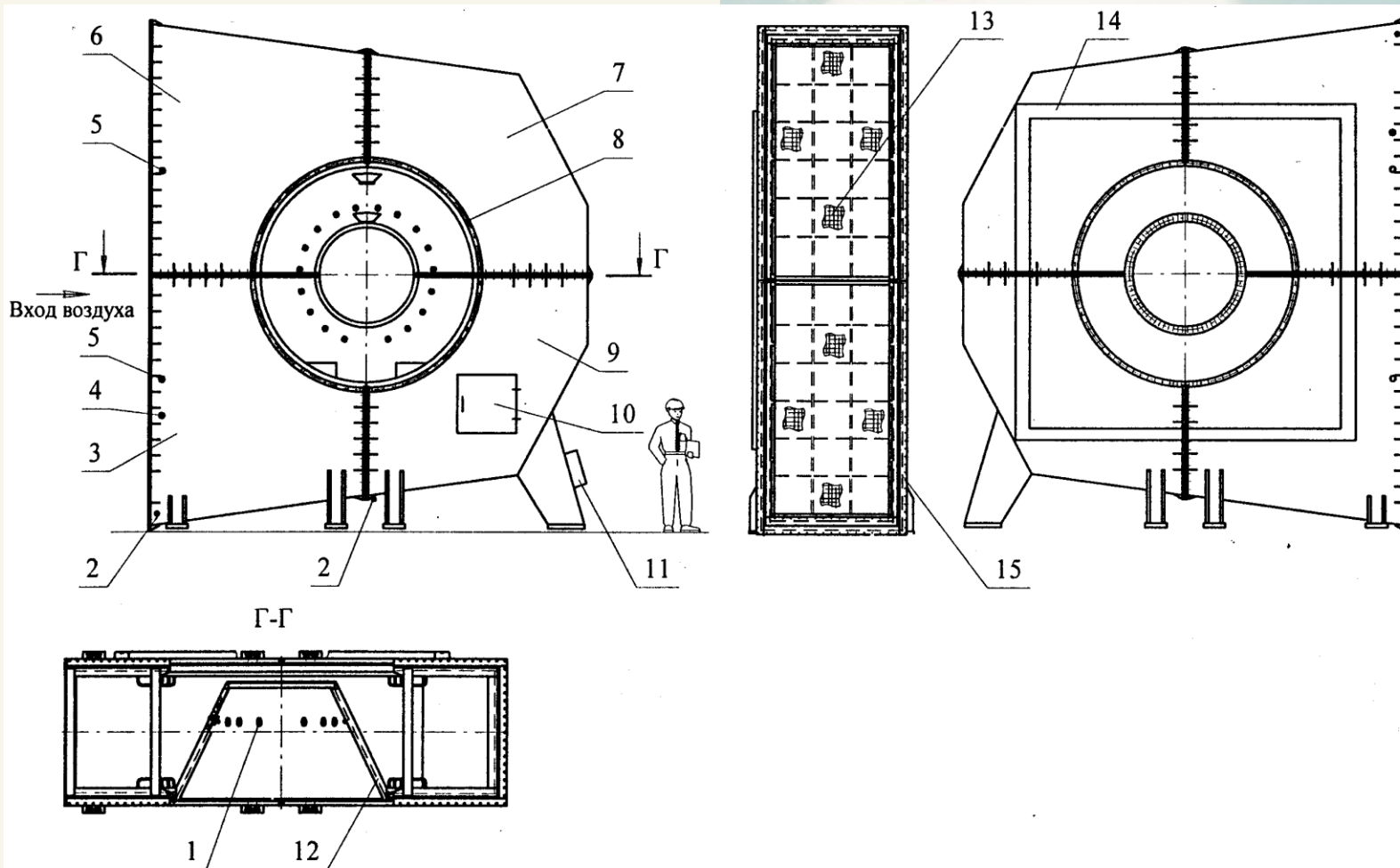
- 1 – коробка приводов на раме
- 2 – турбогенератор
- 3 – вал
- 4 – укрытие (контейнер)
- 5 – двигатель газотурбинный
- 6 – короб вентиляционный
- 7 – патрубок выхлопной
- 8 – блок топливный (жидкое топливо)
- 9 – блок топливный газовый
- 10 – маслблок
- 11 – улитка воздуховода



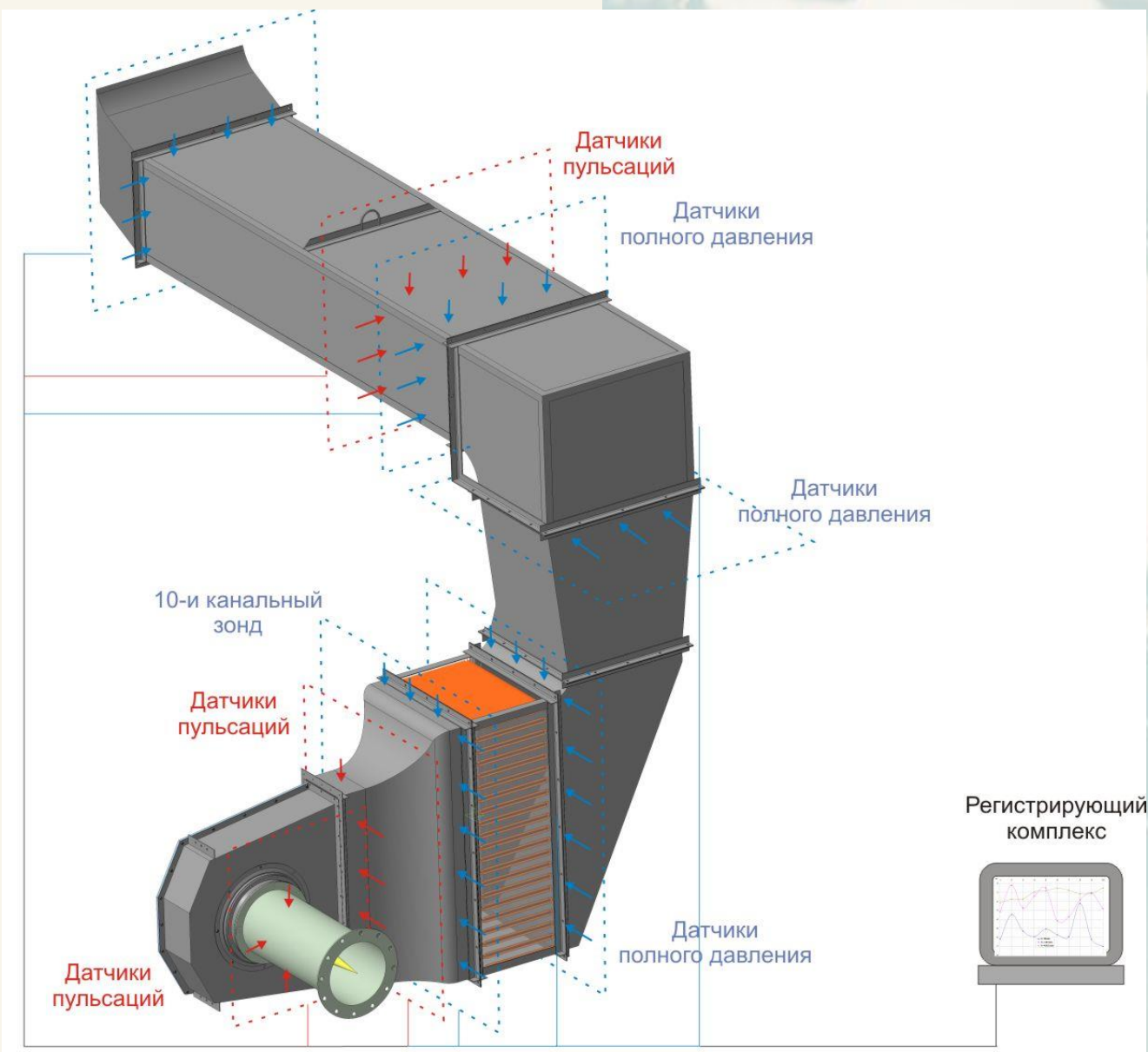
СЛАЙД № 3. Схема компоновки системы подвода воздуха к компрессору.



1 – клапан антиобледенительной системы; 2 – преобразователь давления (замер разряжения воздуха на входе в ГТД); 3 – термопреобразователь сопротивления (замер температуры воздуха на входе в ГТД); 4 – контейнер двигателя; 5 – улитка воздуховода; 6, 8 – переходник; 7 – блок шумоглушения; 9 – генератор; 10 – клапан байпасный; 11 – комплексное воздухоочистительное устройство; 12 – фильтр; 13 – преобразователь замера температуры и влажности воздуха на входе в КВОУ; 14 – преобразователь давления (замер разряжения воздуха за фильтрами КВОУ).



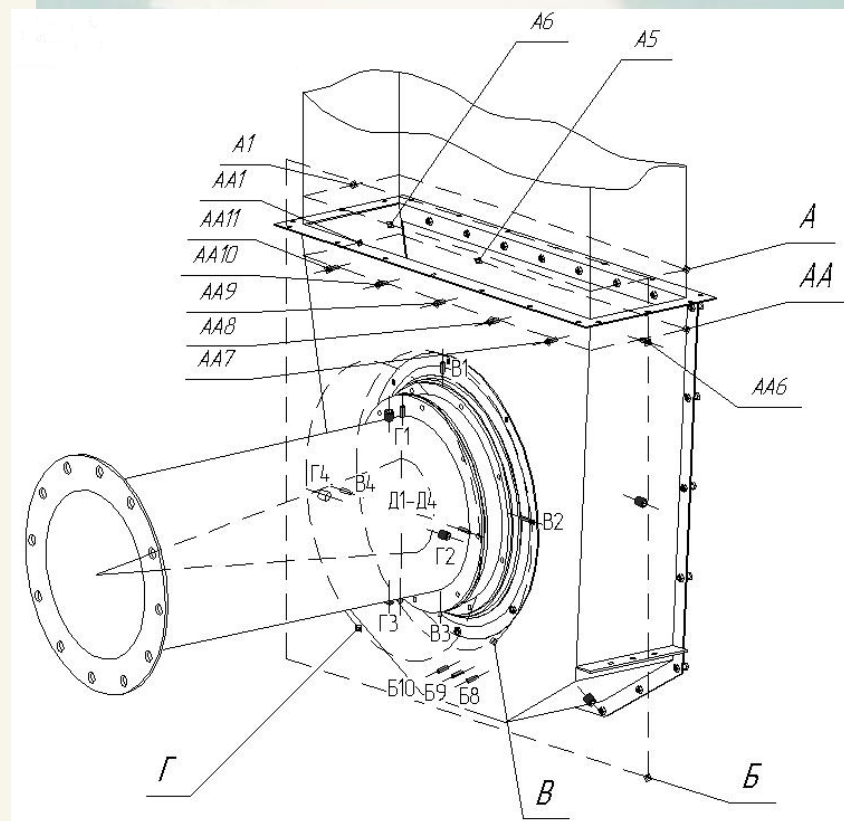
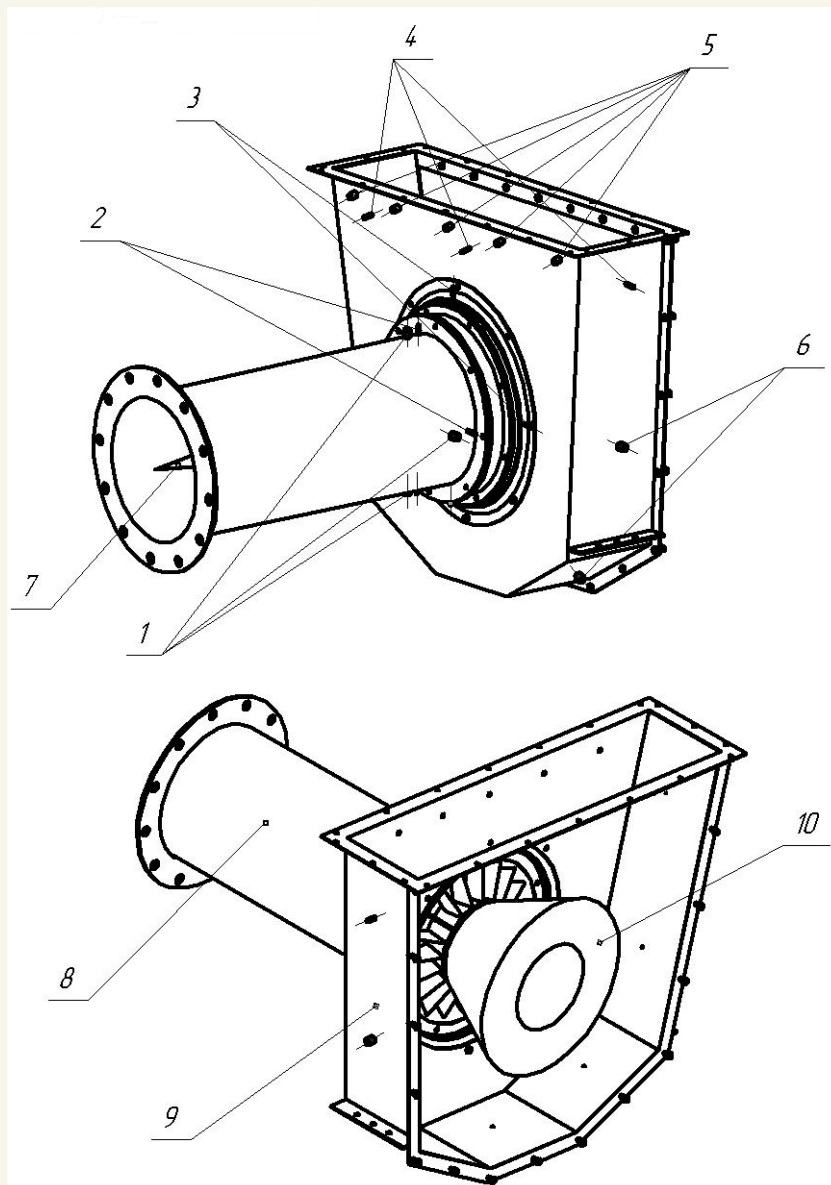
1 – форсунка; 2 – патрубок дренажный; 3 – корпус передний нижний; 4 –штуцер замера давления; 5 – термопреобразователь сопротивления; 6 – корпус первый верхний; 7 – корпус второй верхний; 8, 15 – фланец; 9 – корпус второй нижний; 10 – люк; 11 – щит электрических подсоединений; 12 – конус; 13 – сетка защитная; 14 – короб.





СЛАЙД № 6.

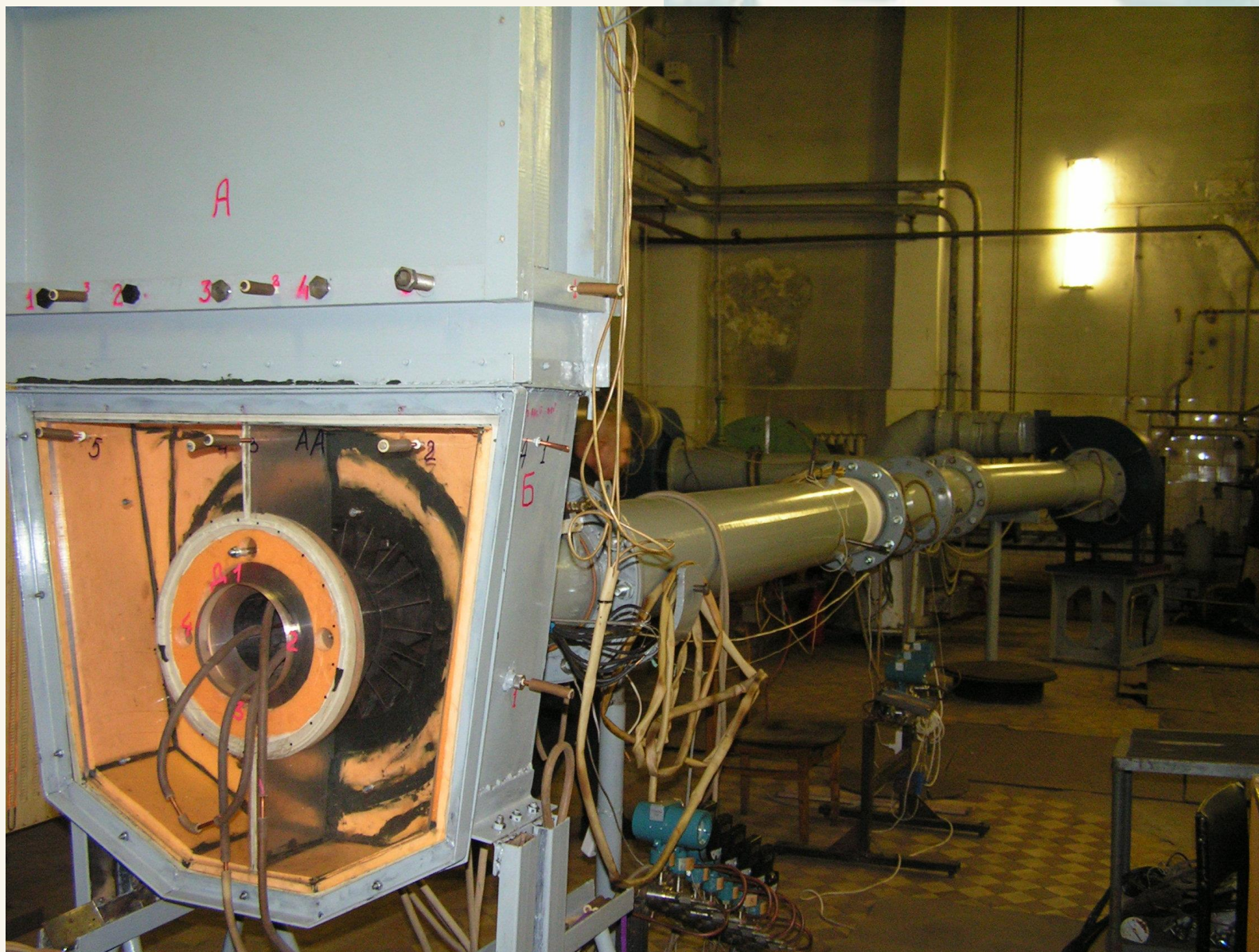
Модель исследуемого входного патрубка.

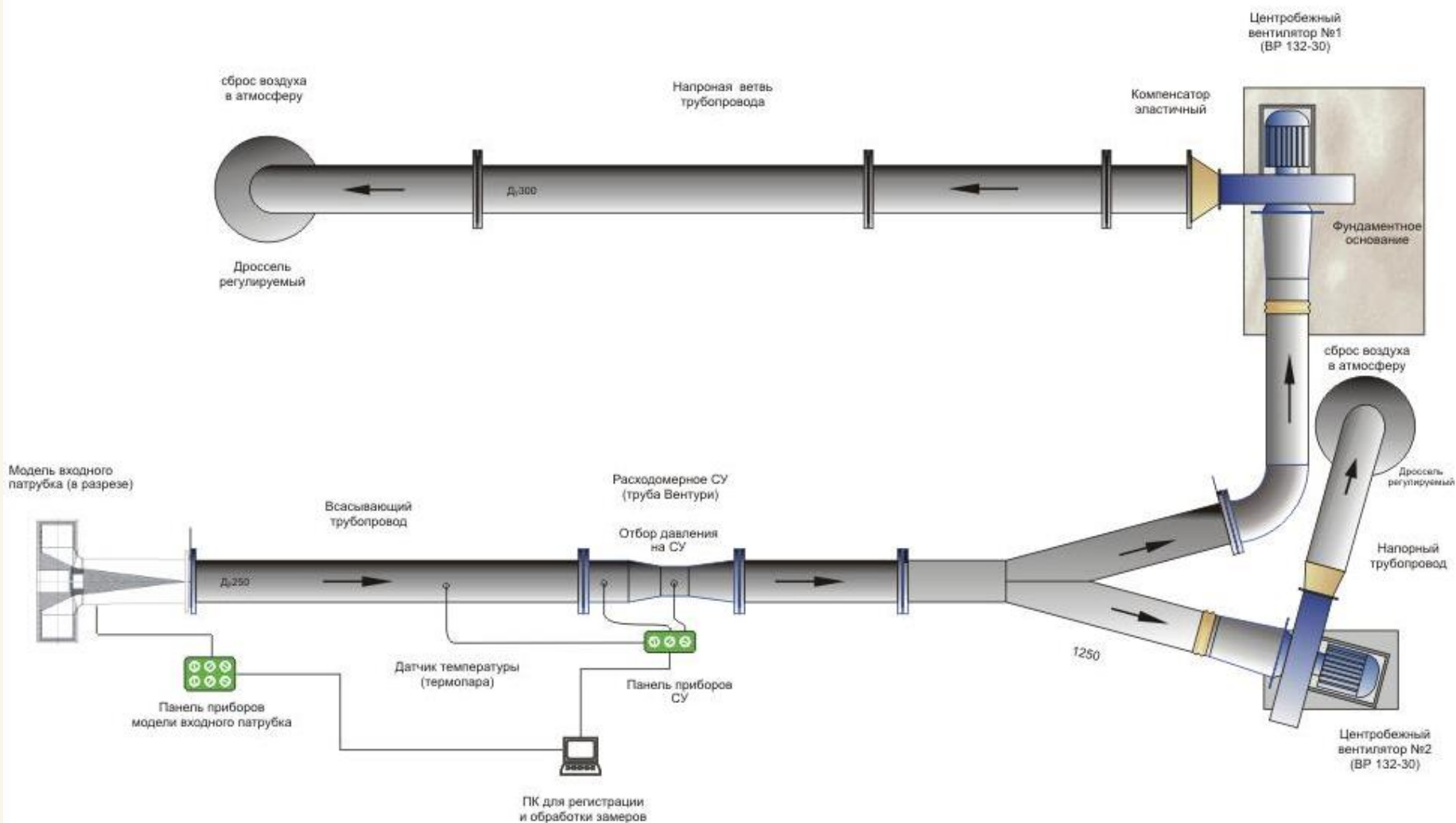


- 1 – места установки гребенок отбора полного давления
- 2, 3, 4 – штуцера отбора статического давления
- 5 – места установки трубки Пито – Прандтля
- 6 – места подключения датчика пульсации давления
- 7 – безотрывный обтекатель
- 8 – патрубок - проставка для подсоединения к трубопроводу стенда
- 9 – корпус входного патрубка (без имитации теплоизоляции)
- 10 – конус на входе в компрессор



СЛАЙД № 7. Стенд для испытаний модели входного патрубка компрессора установки ГТЭ-110.





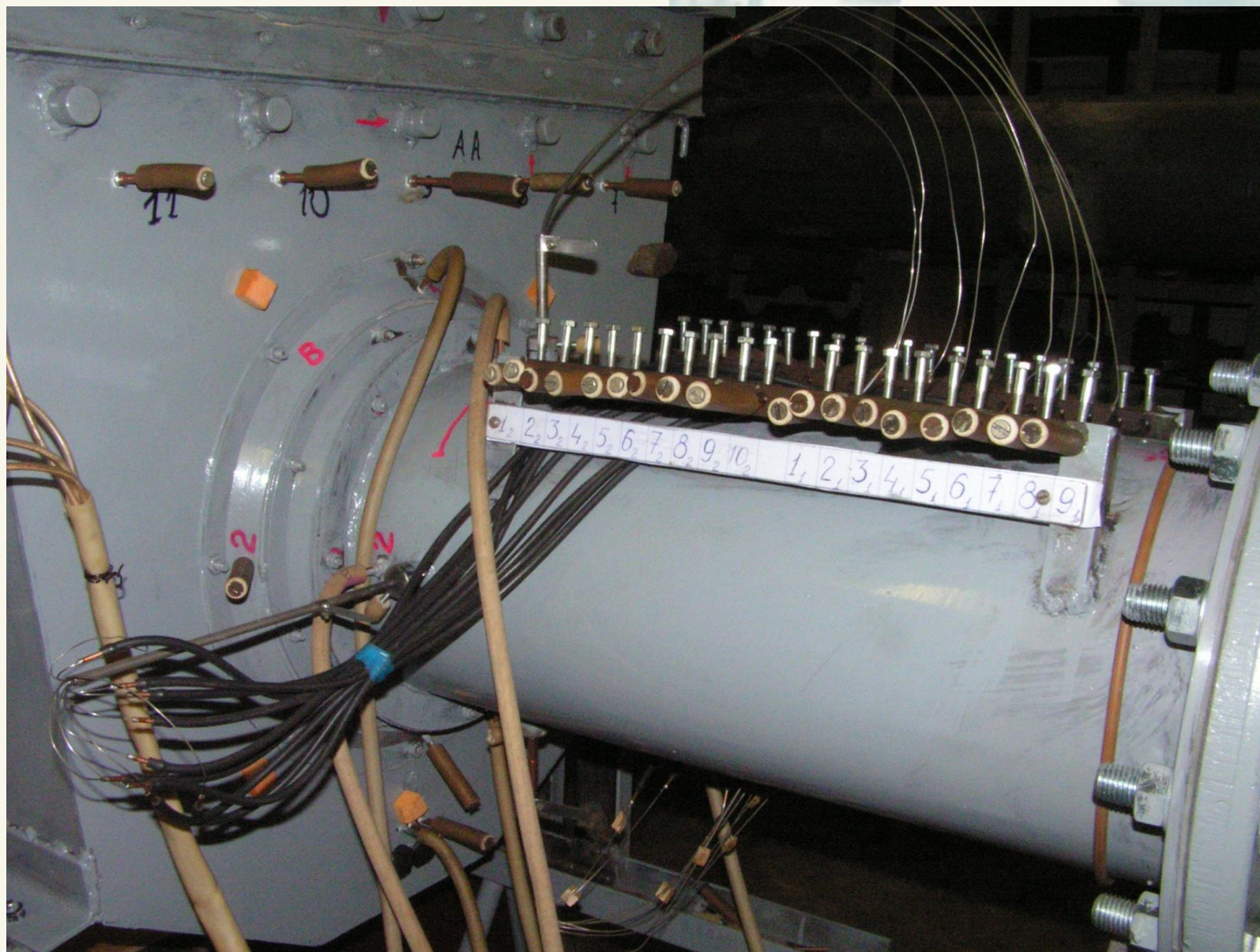
$$Q_v = 9\,000 \div 22\,000 \text{ м}^3/\text{час}, P_v = 7\,800 \div 7\,600 \text{ Па}$$



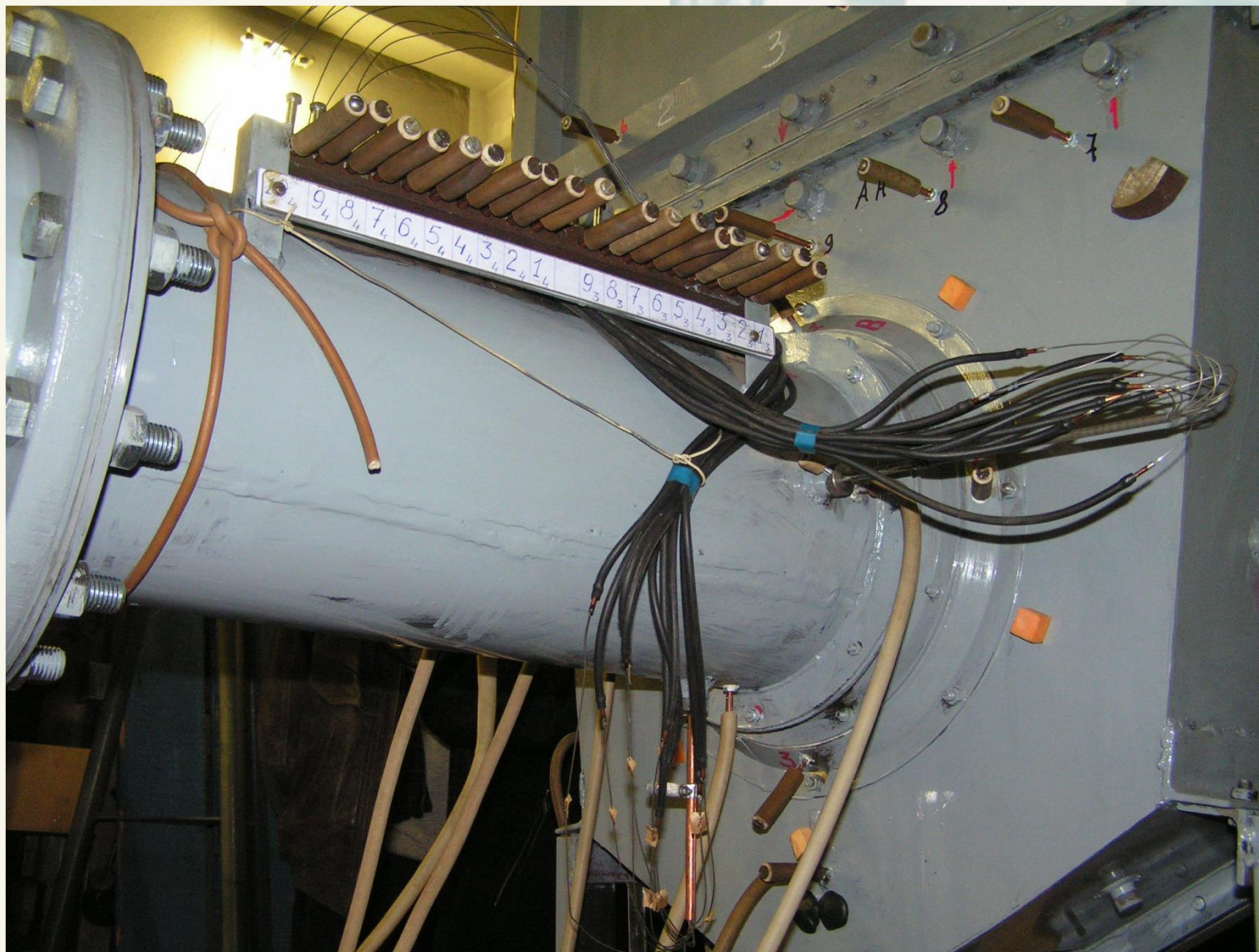


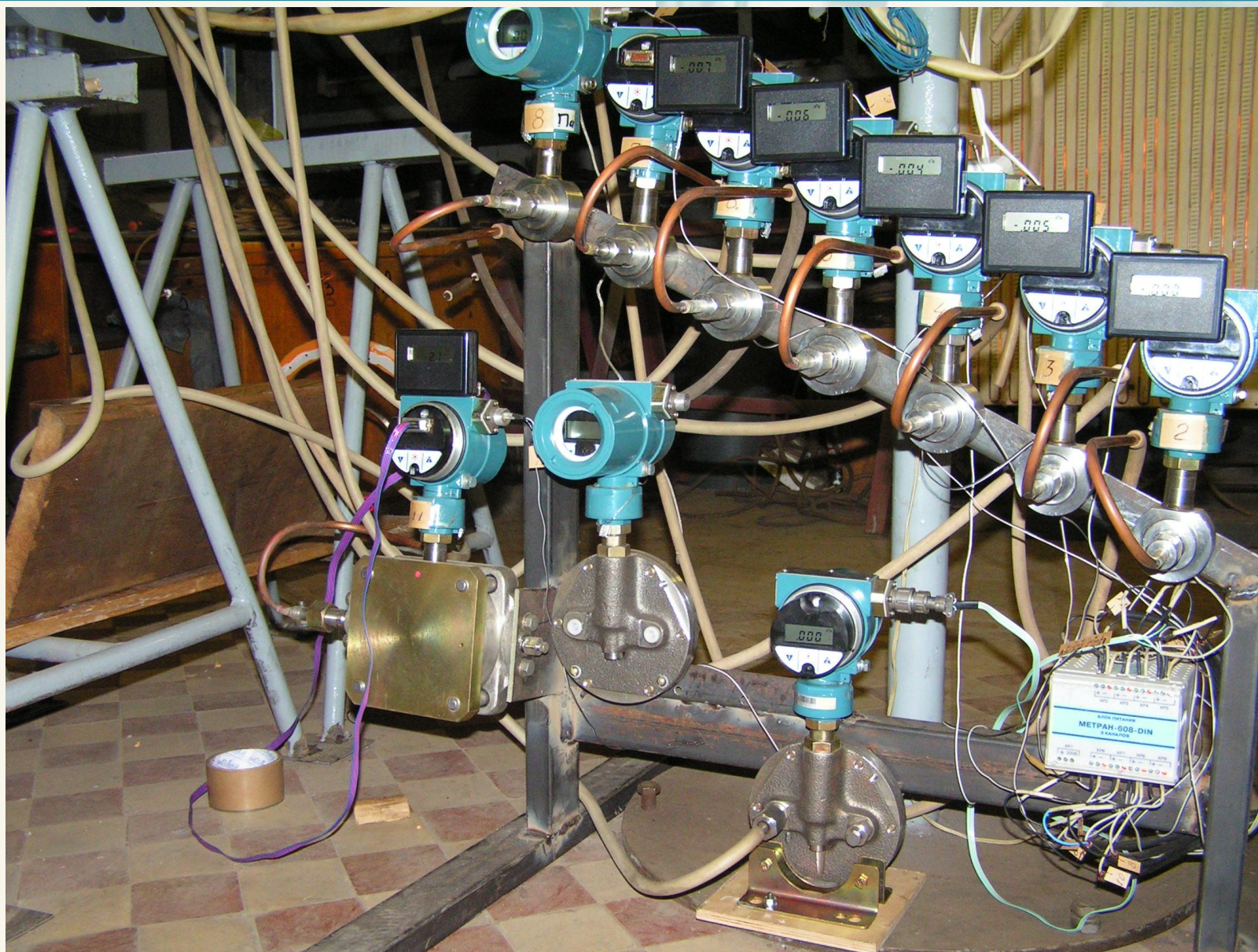
СЛАЙД № 10.

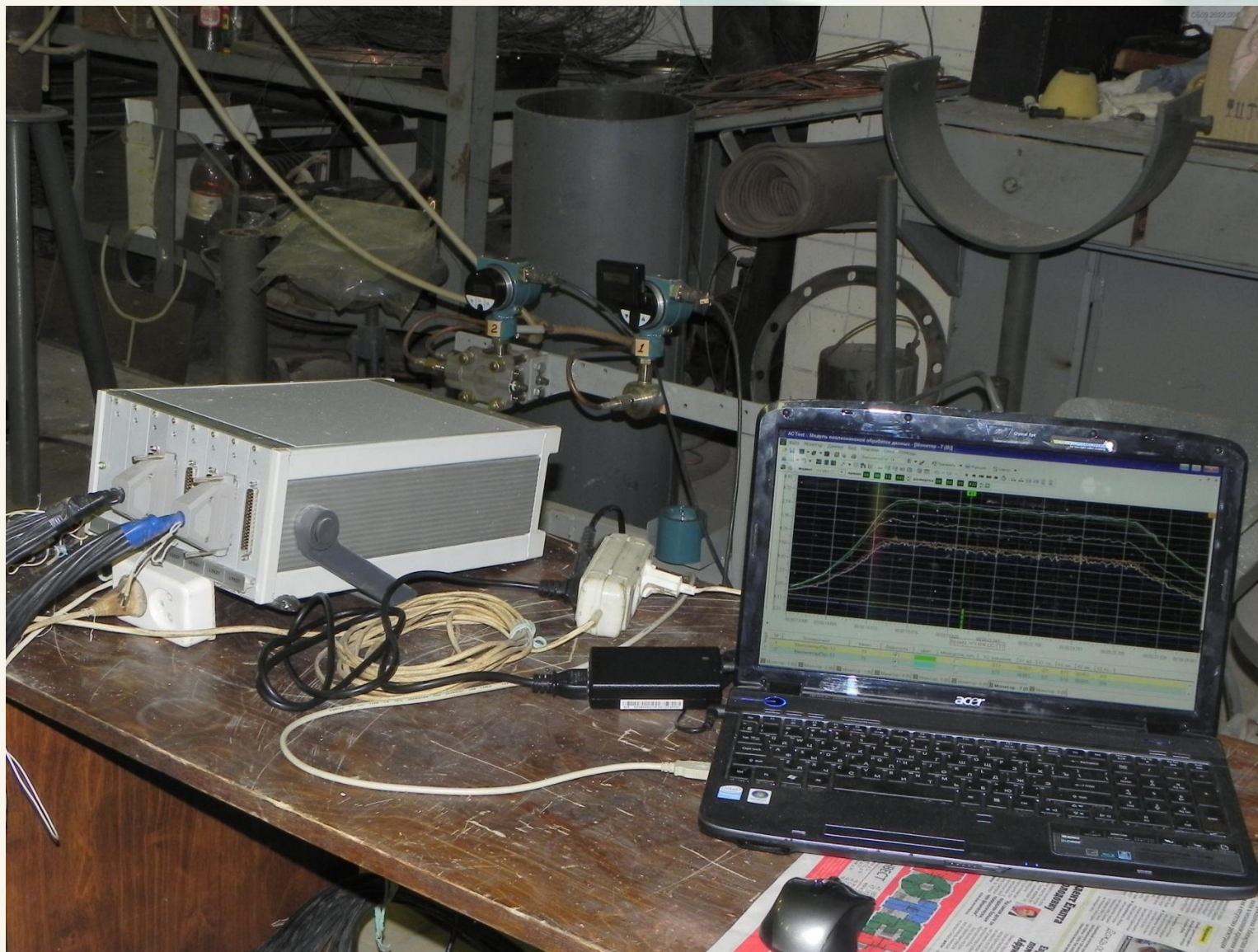
Система замеров полей давлений в сечениях входного патрубка.



СЛАЙД № 11. Система замеров полей давлений в сечениях входного патрубка.









Вариант № 1. Постановка нижнего разделительного ребра в ВК .

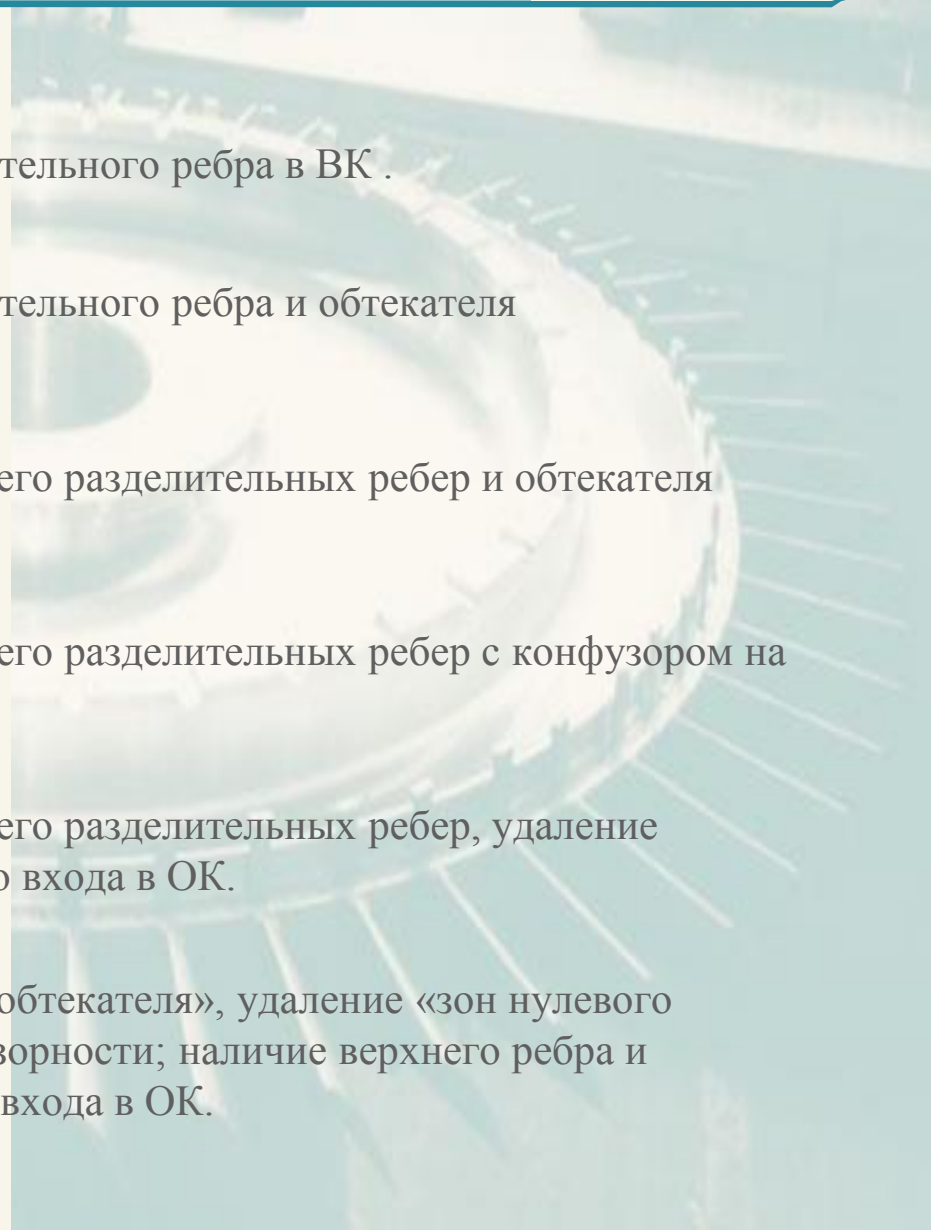
Вариант № 2. Постановка нижнего разделительного ребра и обтекателя звукоизоляции на входе в ВК.

Вариант № 3. Постановка нижнего и верхнего разделительных ребер и обтекателя звукоизоляции на входе в ВК.

Вариант № 4. Постановка нижнего и верхнего разделительных ребер с конфузоров на входе в ВК и плавным входом в ОК.

Вариант № 5. Постановка нижнего и верхнего разделительных ребер, удаление звукоизоляции из ВК, обеспечение плавного входа в ОК.

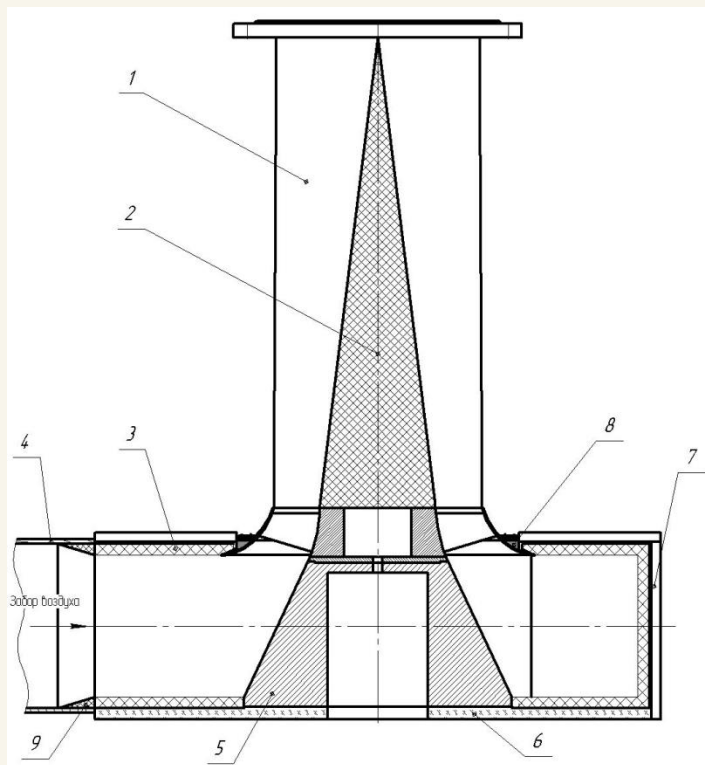
Вариант № 6. Постановка нижнего «ребра-обтекателя», удаление «зон нулевого расхода», усиление меридиональной конфузурности; наличие верхнего ребра и конфузора на входе в ВП, а также плавного входа в ОК.



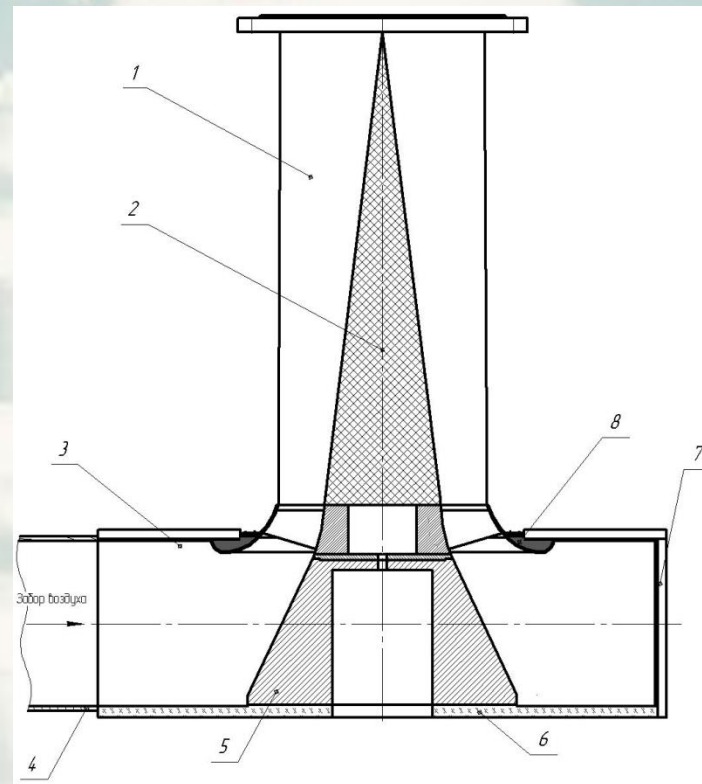


Входной патрубок со звукоизоляцией и без звукоизоляции и элементами стабилизации потока.

СЛАЙД № 15.



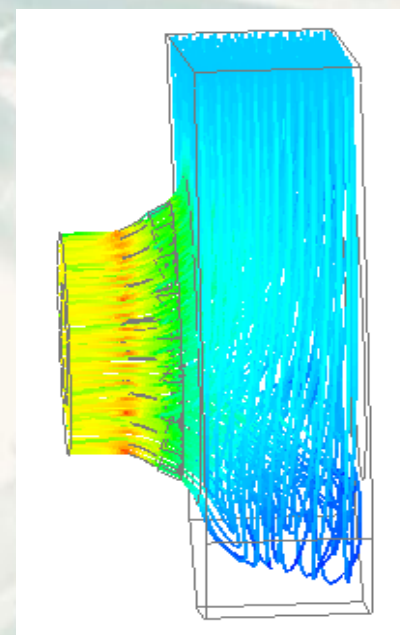
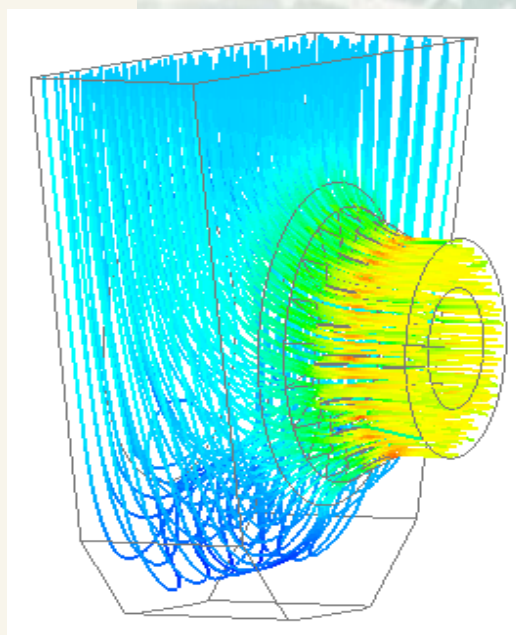
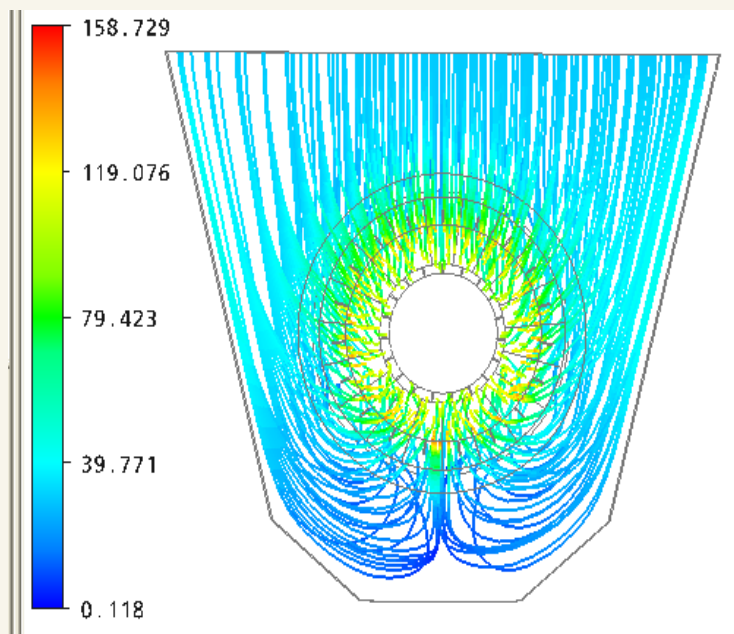
- 1 – патрубок – проставка для подсоединения к трубопроводу стенда
- 2 – безотрывный обтекатель
- 3 – имитатор теплоизоляции
- 4 – Элемент КВОУ
- 5 – конус на входе в компрессор
- 6 – передняя крышка модели (оргстекло)
- 7 – корпус входного патрубка
- 8 – сглаженный вход перед компрессором (пластилин)
- 9 – конфузор перед звукоизоляцией

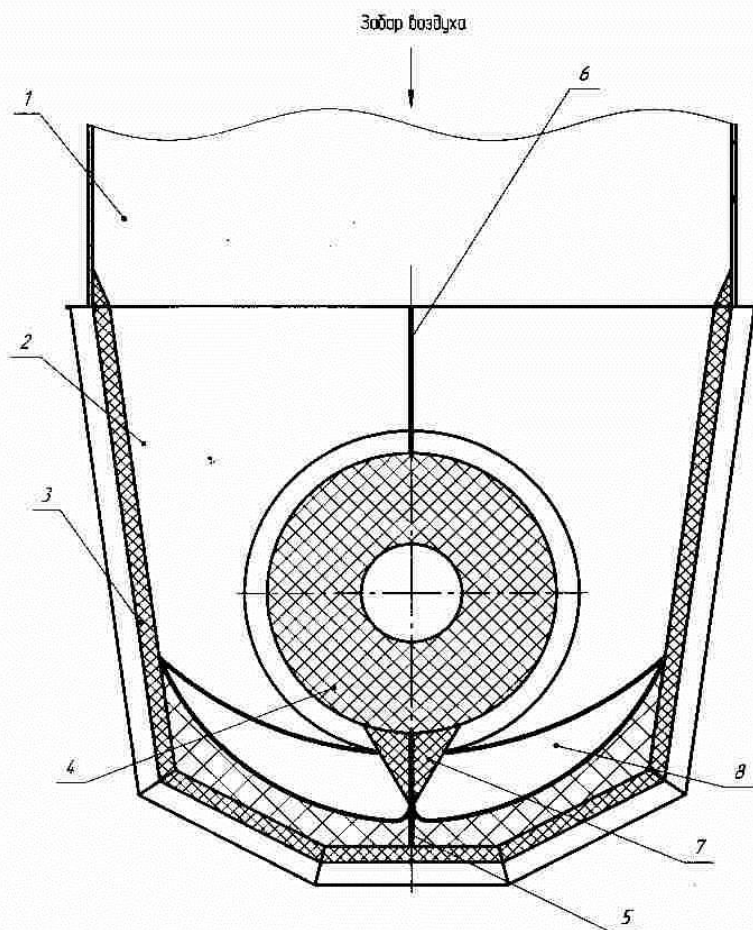


- 1 – патрубок – проставка для подсоединения к трубопроводу стенда
- 2 – безотрывный обтекатель
- 3 – имитатор теплоизоляции
- 4 – Элемент КВОУ
- 5 – конус на входе в компрессор
- 6 – передняя крышка модели (оргстекло)
- 7 – корпус входного патрубка
- 8 – кок на входе перед компрессором



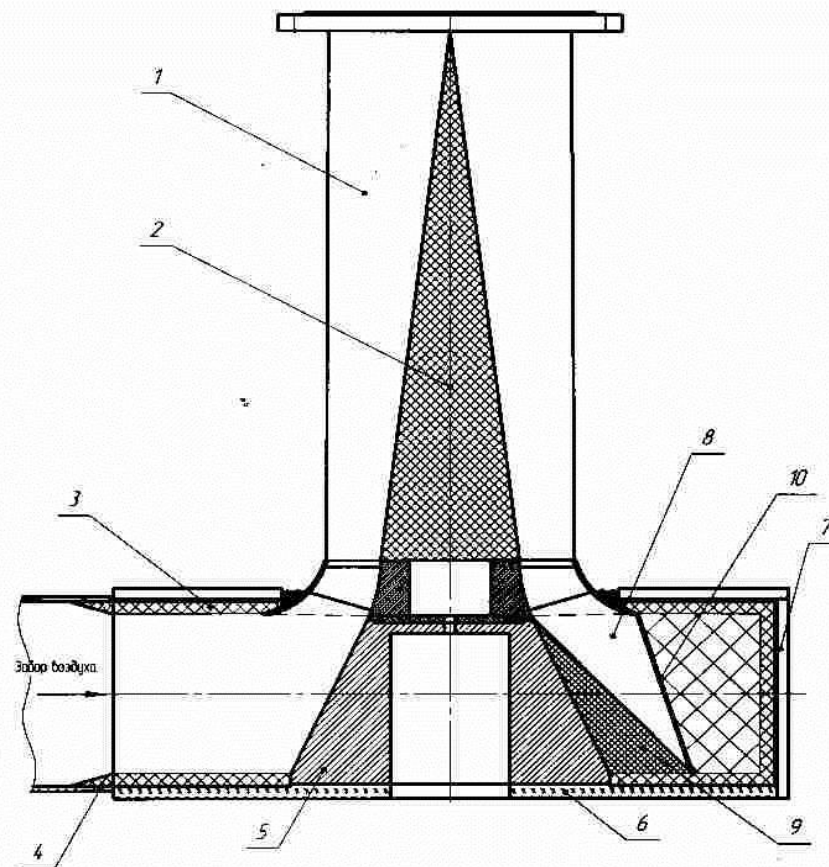
СЛАЙД № 16. Расчетная модель движения потока во входном патрубке.





- 1 - элемент КВОУ
- 2 - корпус входного патрубка
- 3 - имитация звукоизоляции
- 4 - конус на входе в компрессор

- 5 - нижнее ребро
- 6 - верхнее ребро
- 7 - обтекатель
- 8 - сглаживающий элемент



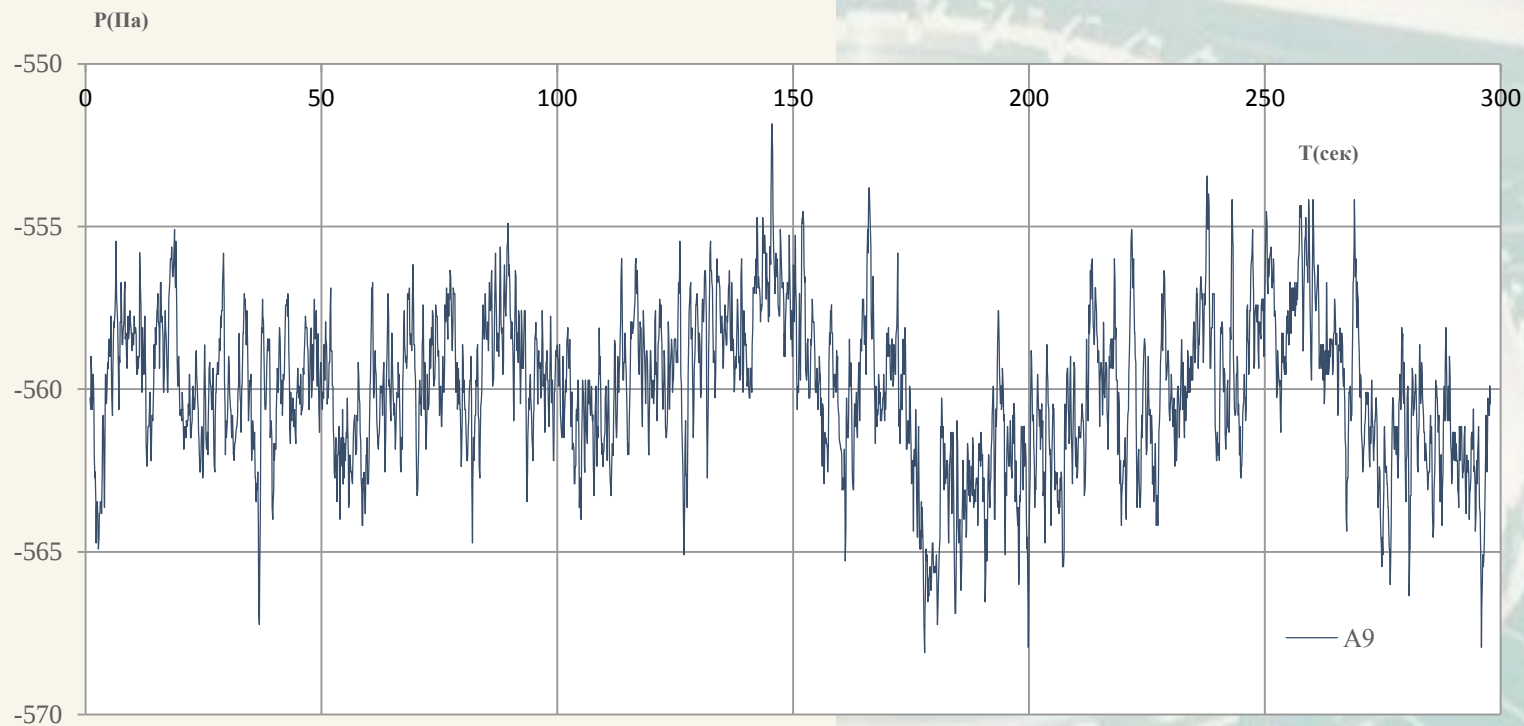
- 1 - патрубок-проставка
- 2 - безотрывный обтекатель
- 3 - имитация звукоизоляции
- 4 - элемент КВОУ
- 5 - конус на входе в компрессор

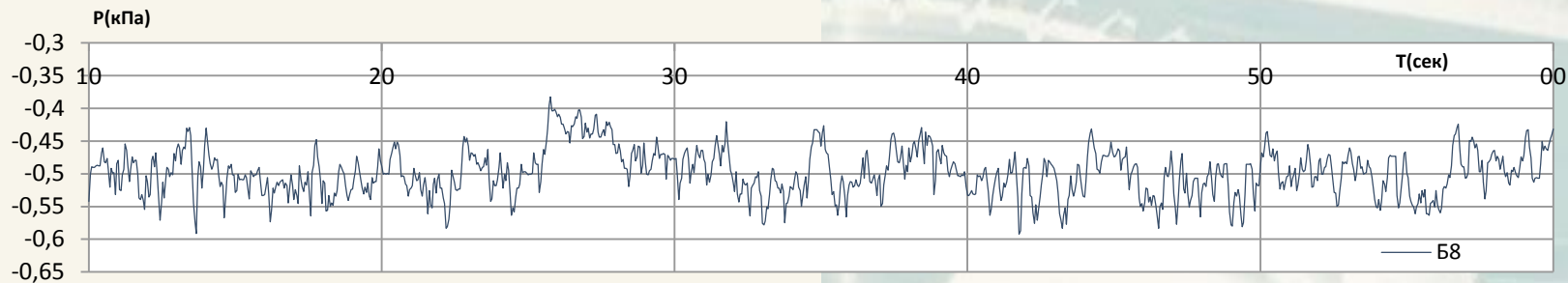
- 6 - передняя крышка модели (оргстекло)
- 7 - корпус входного патрубка
- 8 - нижнее ребро (контуры)
- 9 - обтекатель
- 10 - сглаживающий элемент



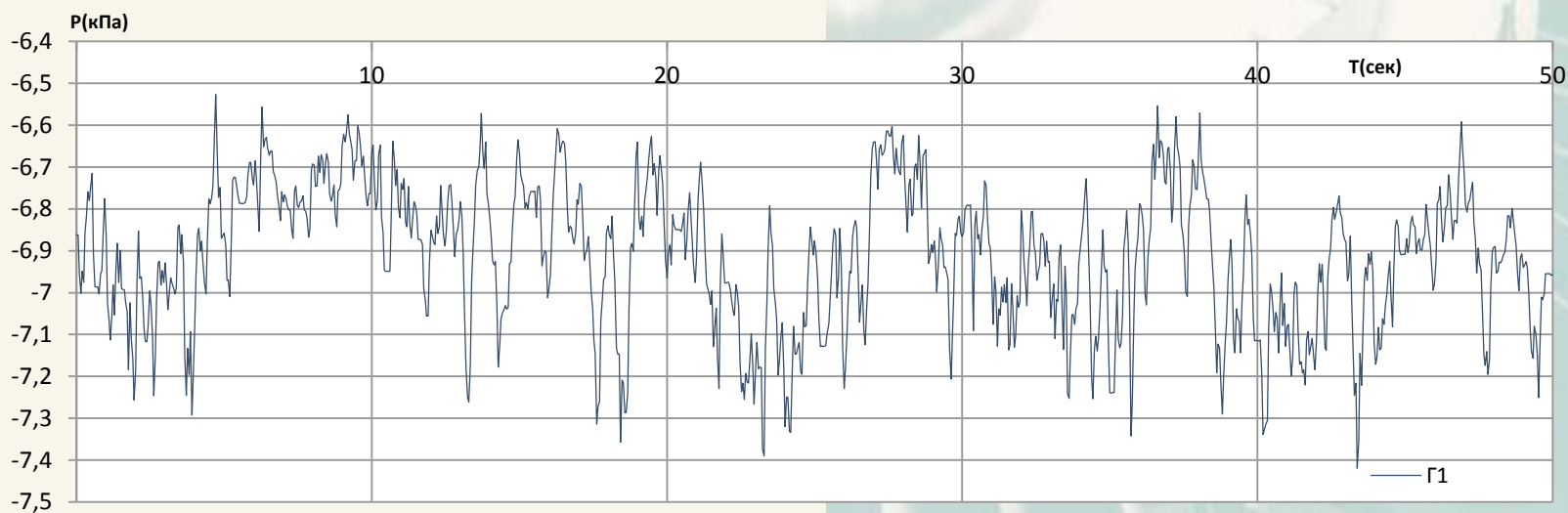
СЛАЙД № 18.

Диаграмма пульсаций давления в сечении входа потока в ВП:

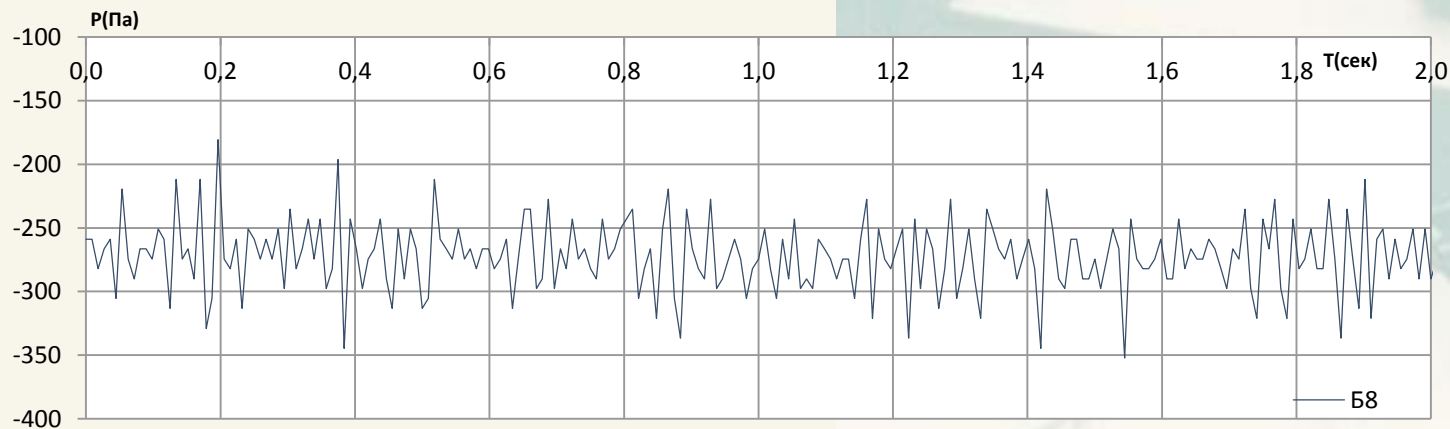




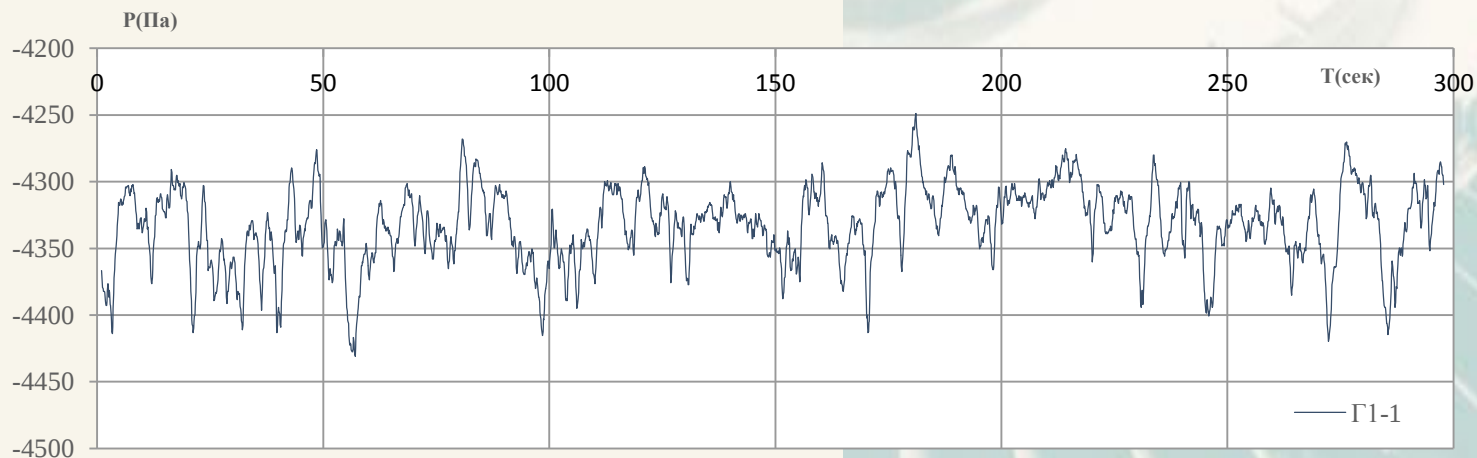
а) за кожухом вала, при исходной геометрии ВП;



б) на выходе из входного патрубка, при исходной геометрии ВП.



а) за кожухом вала, при оптимизированном варианте ВП



б) на выходе из входного патрубка, при оптимизированном варианте ВП;



- 1. Значение коэффициента потерь полного давления при исходном варианте геометрии входного патрубка составляет $\xi_{ВП}=0,3794$.

Результаты оптимизации по показателю энергозатрат:

Вариант №1 $\xi_{ВП}= 0,1551$	Вариант №4 $\xi_{ВП}= 0,1102$
Вариант №2 $\xi_{ВП}= 0,1533$	Вариант №5 $\xi_{ВП}= 0,1039$
Вариант №3 $\xi_{ВП}= 0,1347$	Вариант №6 $\xi_{ВП}= 0,0941$

- 2. Величина падения статического давления в оптимизированном варианте ВП составляет 48 мм.вод.ст. (480 Па) (Вариант №6) и 56 мм.вод.ст. (560 Па)(Вариант №5).
- 3. Максимальная неравномерность потока на входе в лопаточный аппарат компрессора при исходном варианте геометрии входного патрубка составляет 15%.
Результаты оптимизации по показателю неравномерности 4,9%
- 4. Амплитуда пульсаций в элементах входного патрубка при исходном варианте геометрии:
 - в области за кожухом вала 200 Па.
 - на выходе из патрубка 700 Па.Результаты оптимизации по динамическому показателю.
 - в области за кожухом вала 130 Па.
 - на выходе из патрубка 150 Па.



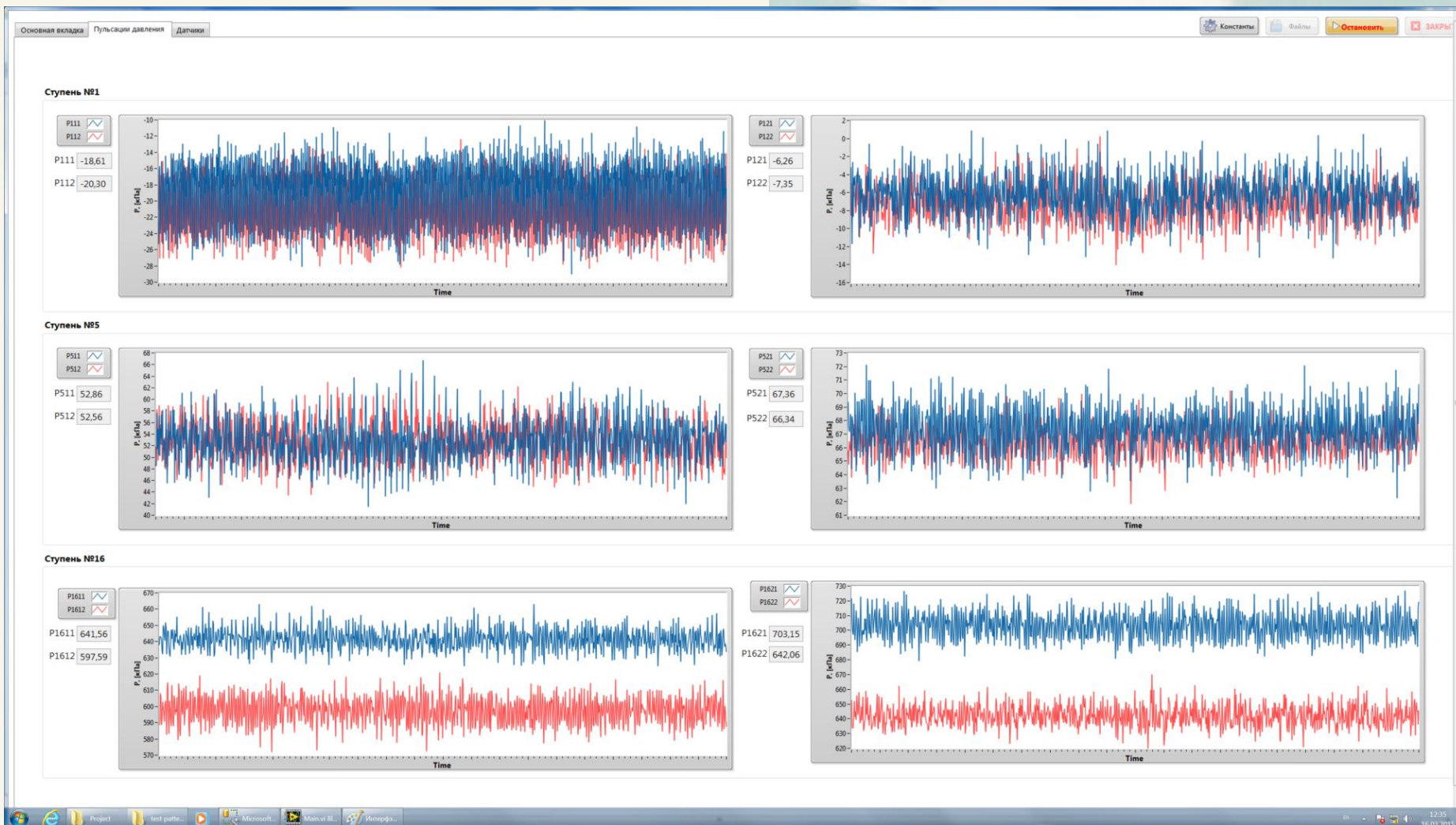
- **Определение уровня потерь полного давления в ВП при совместной работе с ВЗТ**
- **Определение уровня потерь полного давления в ВЗТ при совместной работе с ВП.**
- **Определение структуры потока на входе в ВП при совместной работе с ВЗТ.**
- **Разработка и реализация технических мероприятий для обеспечения равномерной структуры потока на входе в ВП.**
- **Оптимизация характеристик ВП (аэродинамических, энергетических и геометрических) при совместной работе с ВЗТ (снижение: уровня потерь полного давления; уровня неравномерности потока на выходе из ВП; уровня пульсаций давления; уровня звуковой мощности).**
- **Совместная оптимизация ВЗТ и ВП с целью снижения общих потерь полного давления на входе в лопаточный аппарат компрессора ГТЭ-110.**

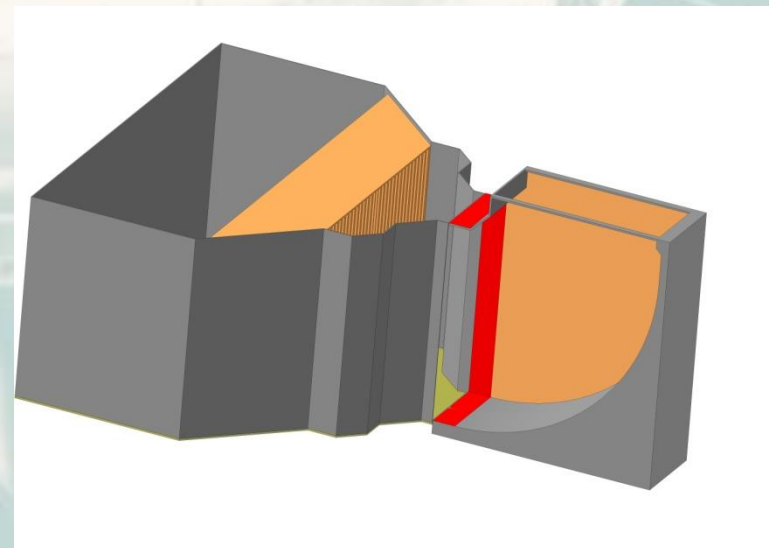
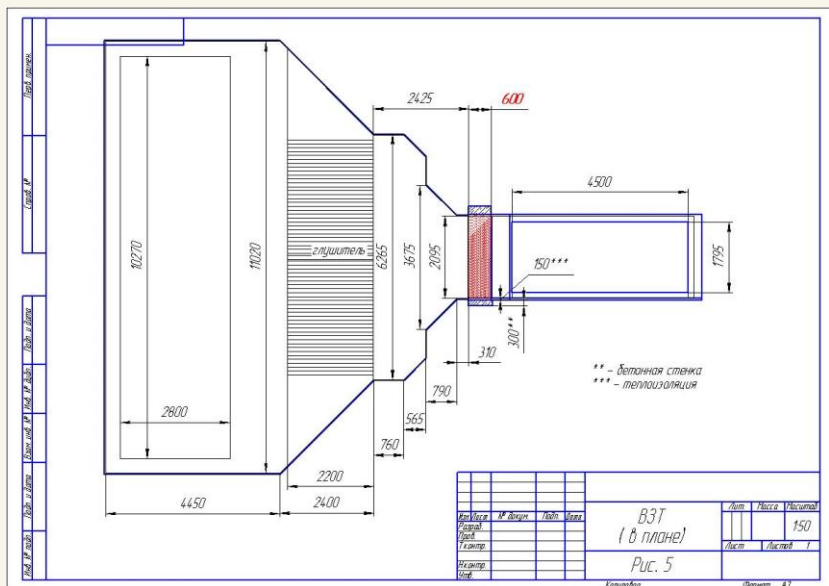
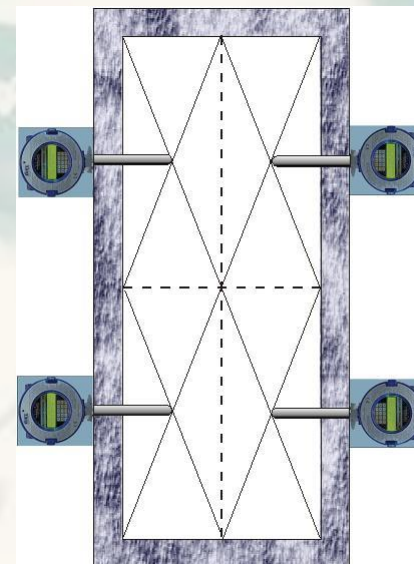
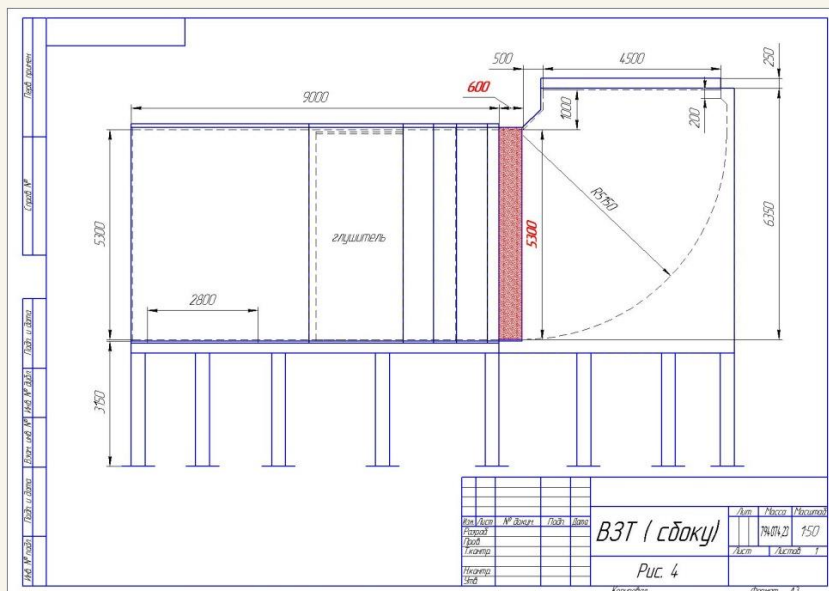




СЛАЙД № 24.

Анализ пульсаций давления в сечениях проточной части компрессора ГТУ.



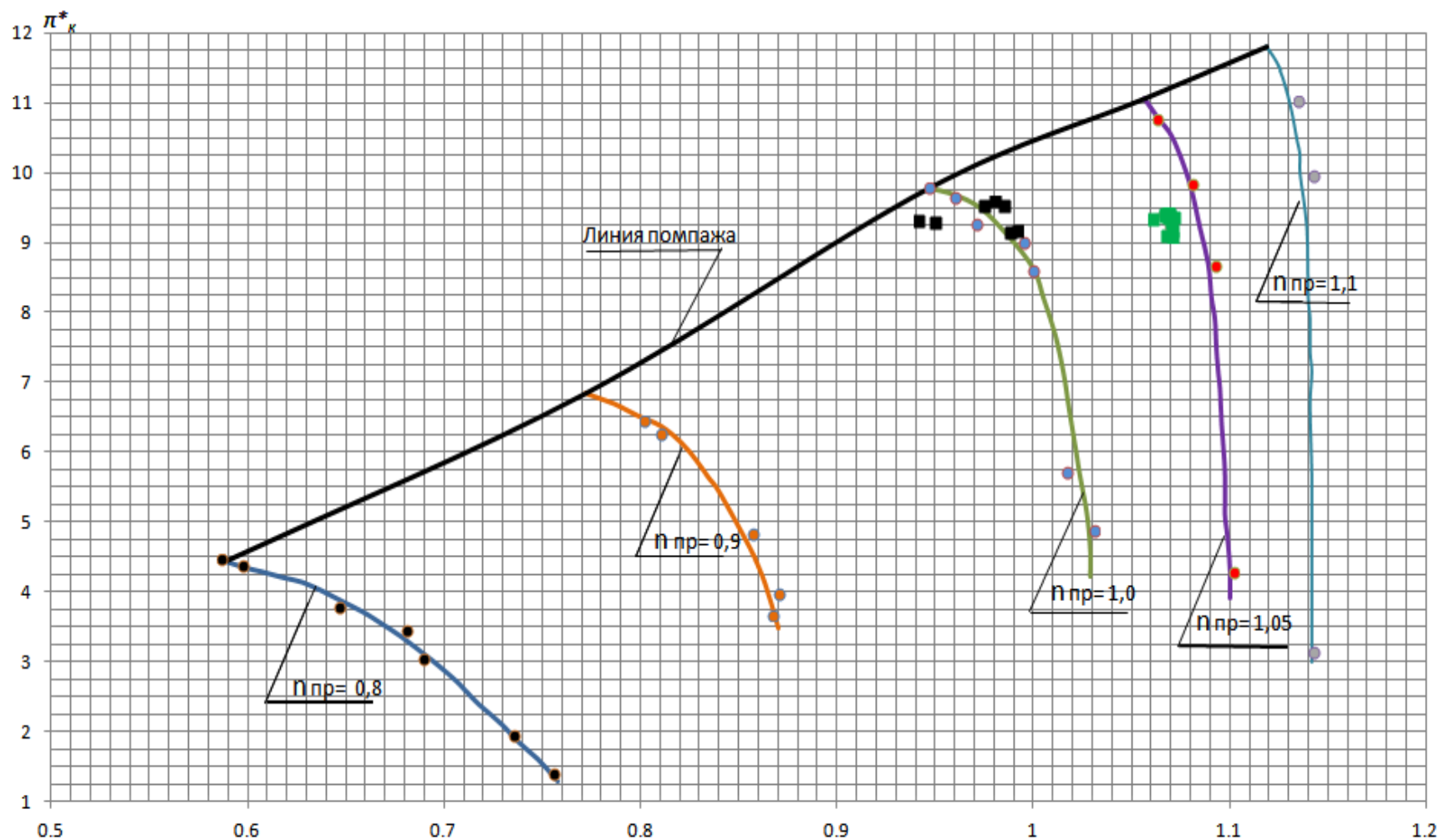




Результаты измерений.

СЛАЙД № 26.

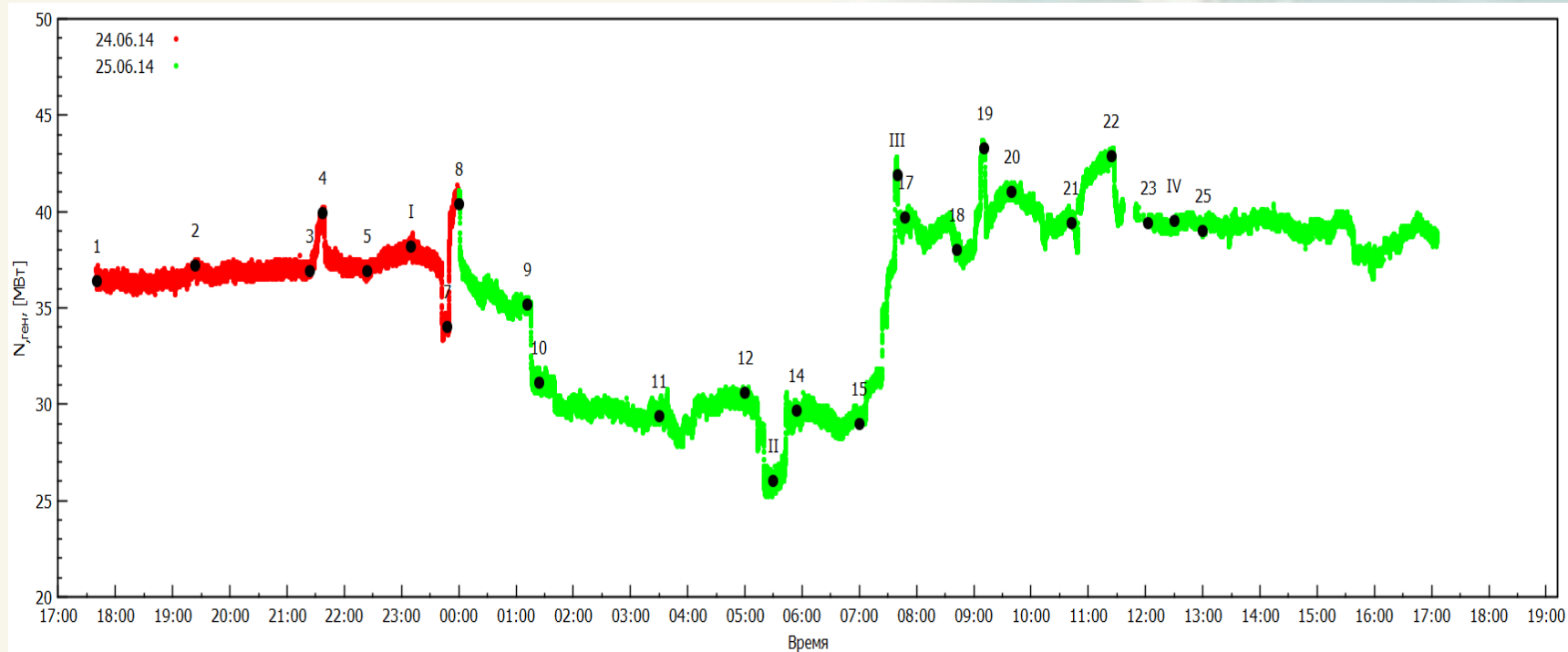
Режимы работы на универсальной характеристике компрессора.





Результаты измерений. Распределение суточной нагрузки ГТУ.

СЛАЙД № 27.

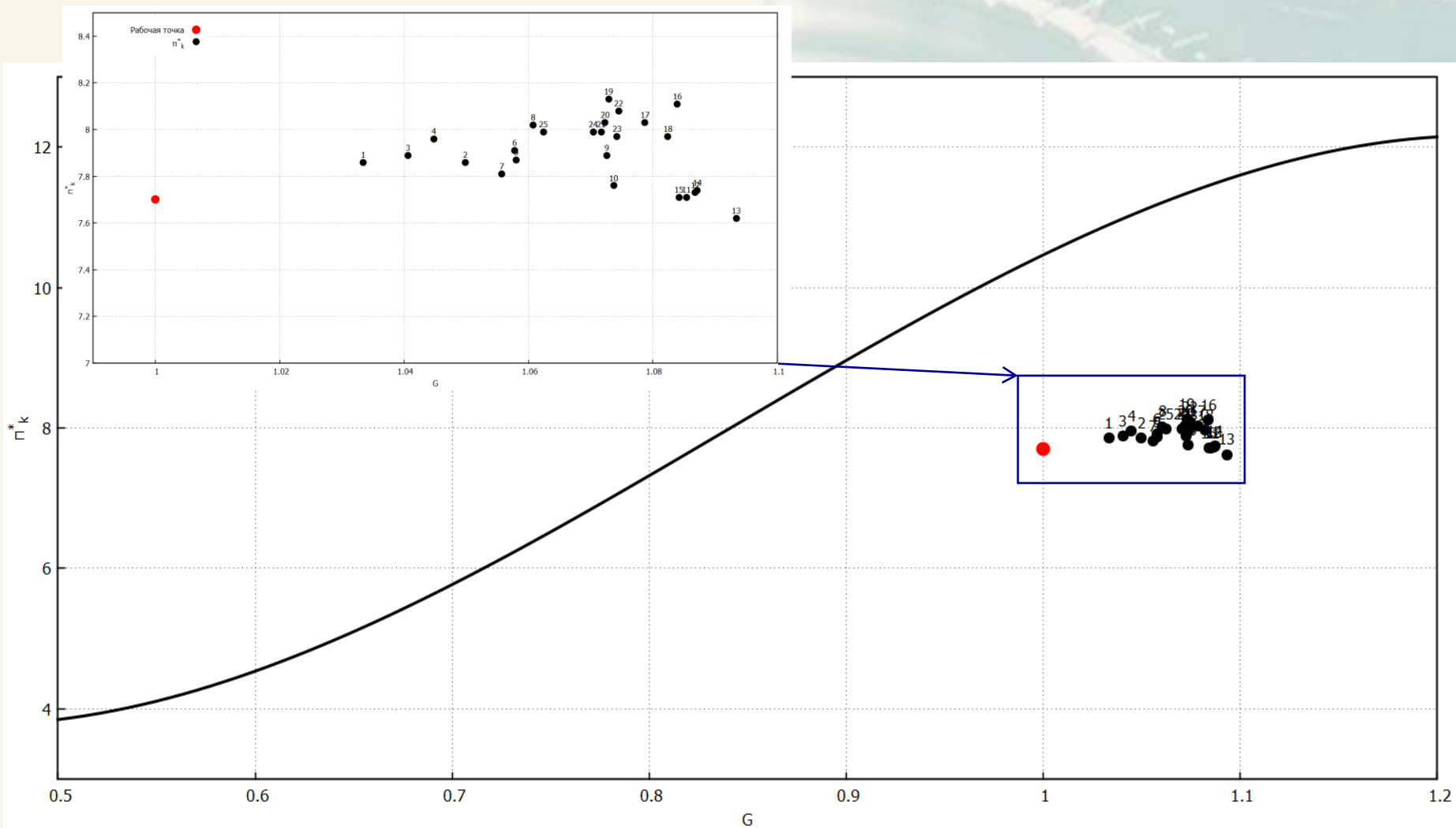




Результаты измерений.

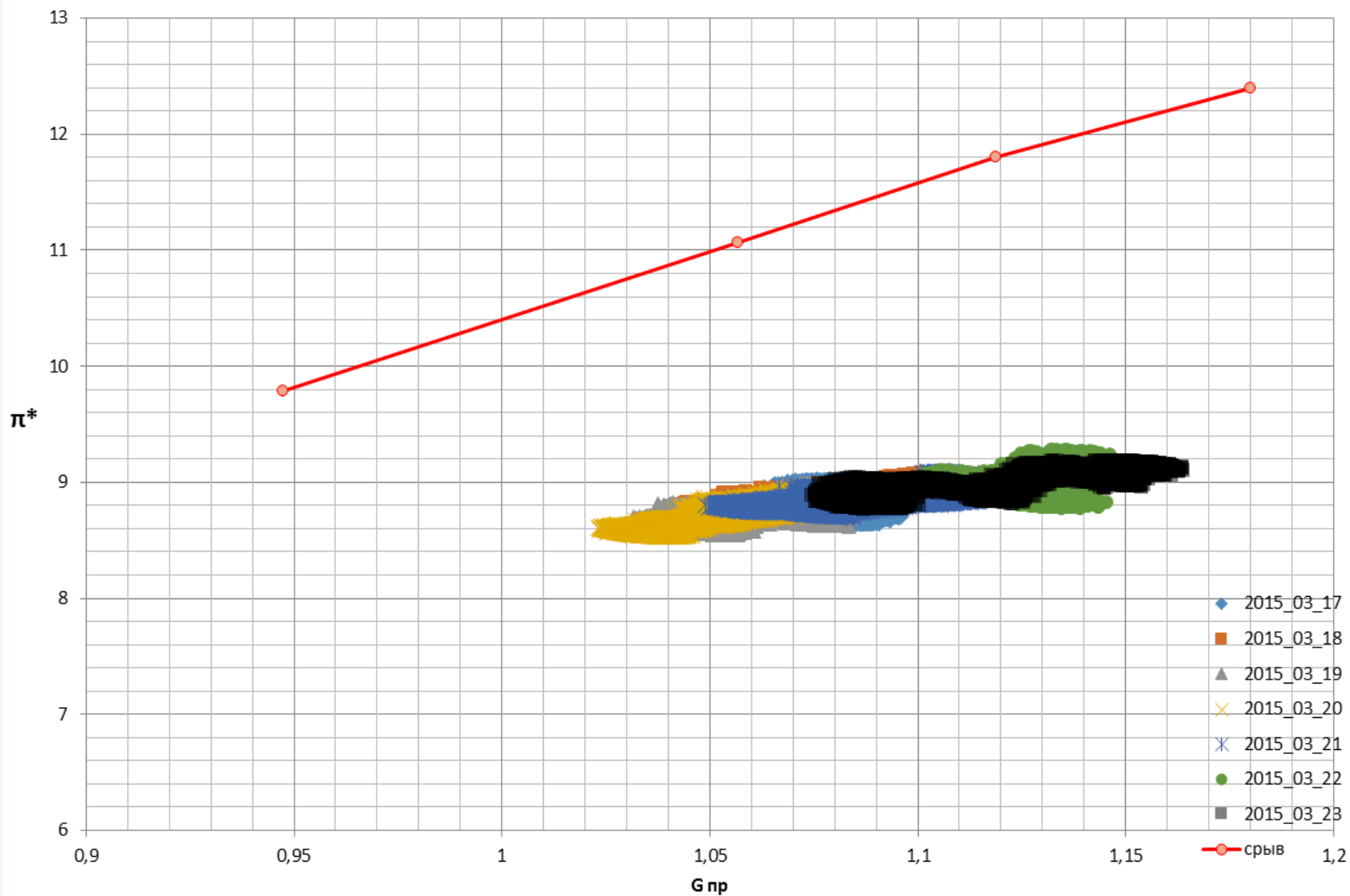
СЛАЙД № 28.

Движение рабочей точки на характеристике компрессора в течении суток.





СЛАЙД № 29. Поле рабочих режимов компрессора при работе ГТУ в течении недели.





1.	Выполнена оптимизация характеристик ВП установки ГТЭ-110 при его работе без ВЗТ.
2.	Обобщены данные о характере влияния ВЗТ на работу ВП энергетических ГТУ.
3.	Выполнены проектирование и изготовление модели ВЗТ установки ГТЭ-110.
4.	Собран и оснащен стенд для экспериментальных исследований характеристик ВП установки ГТЭ-110, при его работе совместно с ВЗТ
5.	Разработана программа экспериментальной оптимизации характеристик ВП установки ГТЭ-110, при его работе совместно с ВЗТ.
6.	Обобщены данные о характере влияния ВП и иных эксплуатационных факторов на работу энергетических ГТУ.
7.	Разработана система раннего предупреждения (СРП) о приближении режима работы компрессора энергетической ГТУ к режимам неустойчивой работы.
8.	Разработаны предложения по применению СРП в энергетических установках ГТЭ-110.

