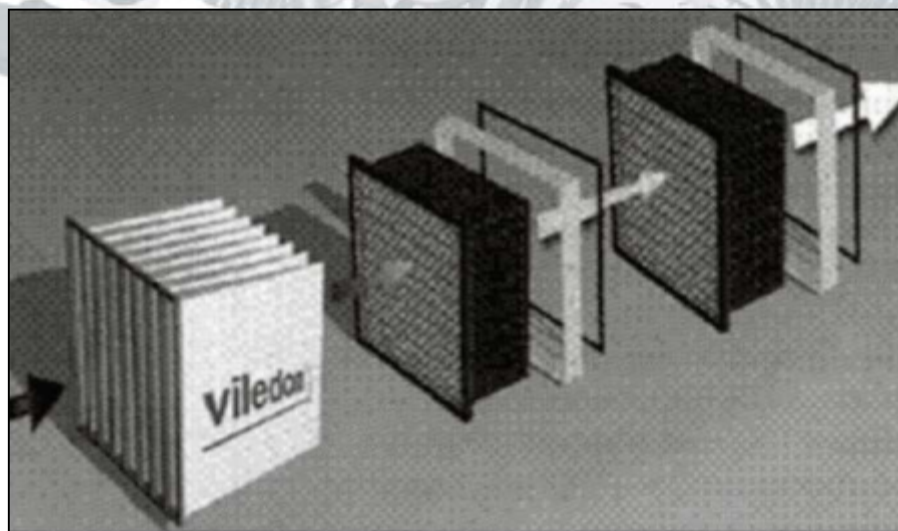


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**Модуль 5** Способы повышения эффективности ГТУ

**Тема 5** Очистка воздуха и топливного газа



Разработчик: к.х.н., доцент каф. ТХНГ Н.В. Чухарева



## Ухудшение эксплуатационных характеристик ГТУ и снижение выработки энергии

**Загрязнение компрессора**

Аэродинамические изменения потока

Дисбаланс массы воздуха

Вибрация

Помпаж

Эрозивный износ

**Загрязнение турбины**

Высокотемпературная коррозия

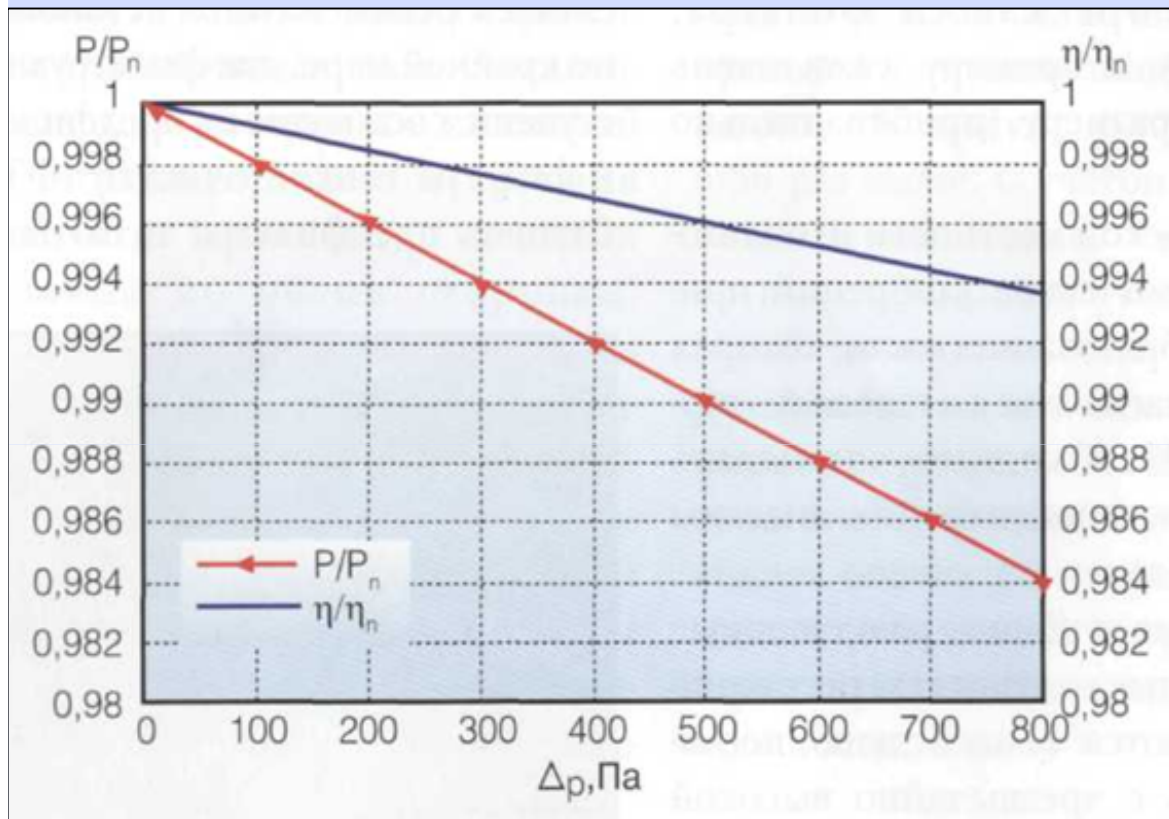
Эрозия защитных покрытий

Изменение системы охлаждения лопаток вследствие отложения частиц

**Падение давления в системе воздуховода**

Снижение эффективности работы ГТУ

## Влияние перепада давления в воздуховоде на показатели работы ГТУ



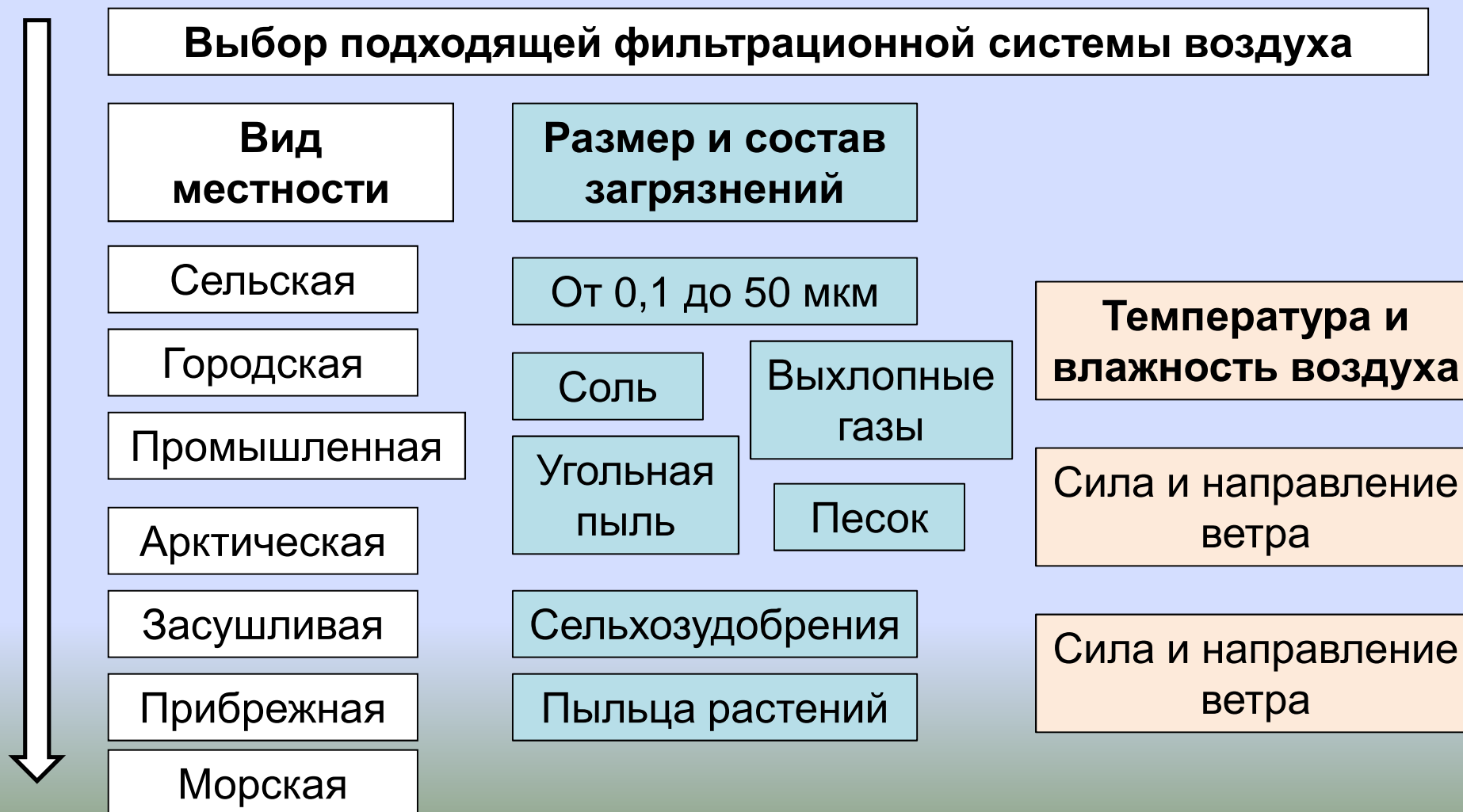
$P/P_n$  – относительная выработка электроэнергии, где  $P$  – реальная,  $P_n$  – номинальная выработка;  
 $\eta/\eta_n$  – относительная эффективность, где  $\eta$  – реальная,  $\eta_n$  – номинальная эффективность;  
 $\Delta p$  – перепад давления в воздуховоде

Кривая рабочих характеристик компрессора



Если скорость потока воздуха уменьшается, показатель рабочей эффективности ОК смещается влево на кривой (вблизи к линии помпажа), отражающей рабочие его характеристики

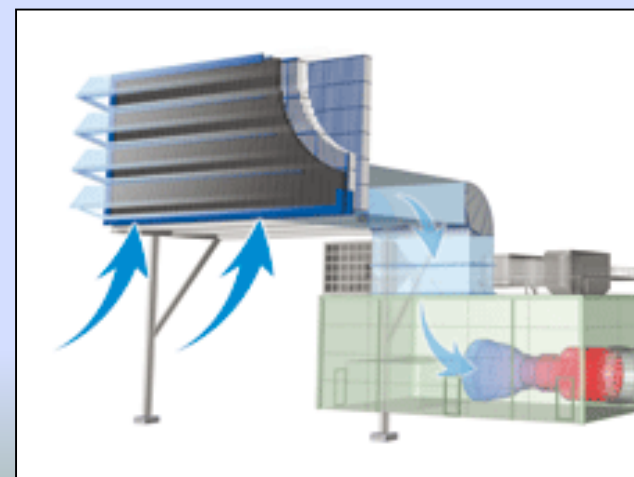
## Эффективное задержание малых частиц загрязнений имеет жизненно важное значение для продолжительной и эффективной работы турбинных установок

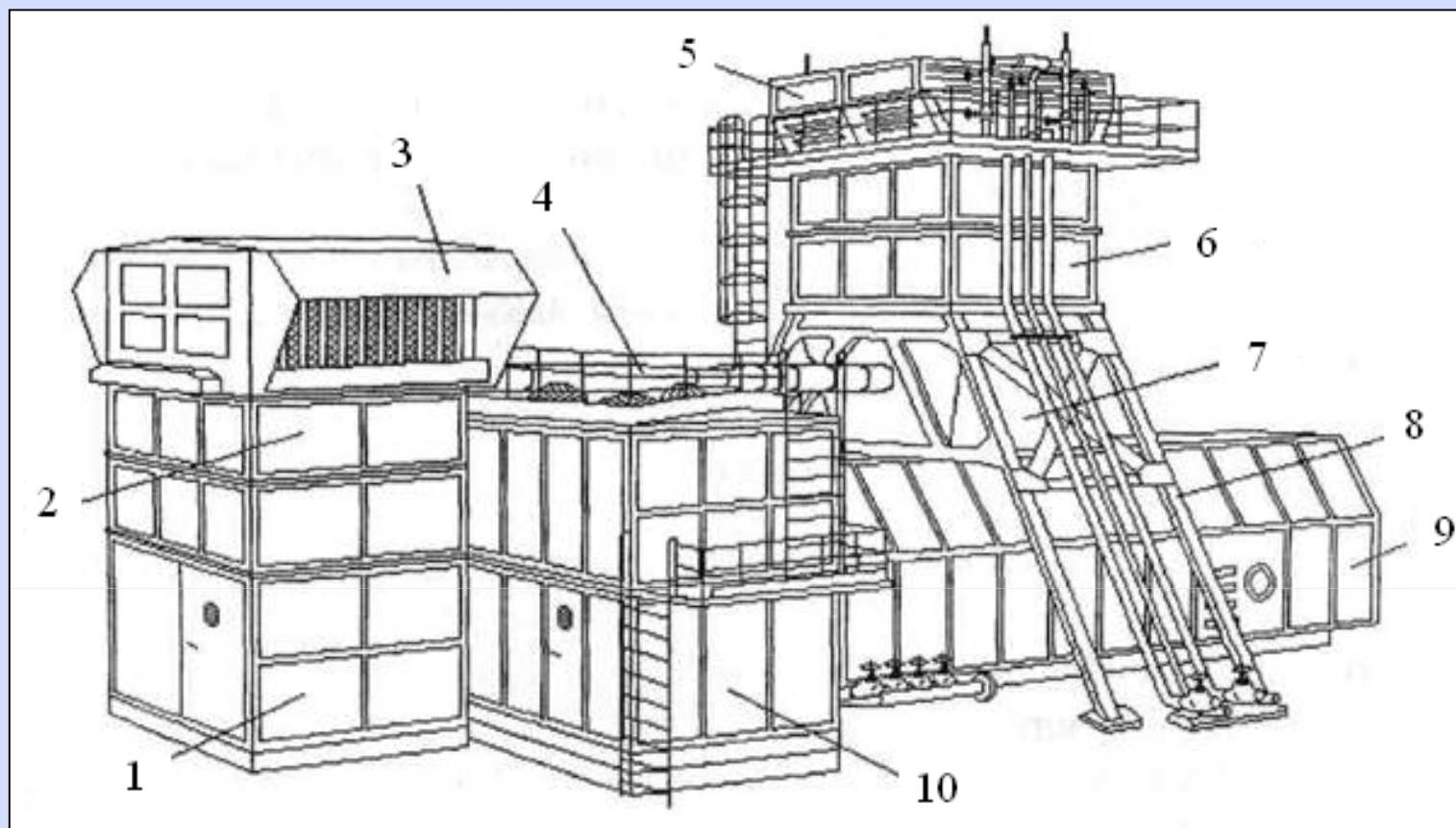


## ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

**Системы очистки воздуха должны обеспечивать:**

1. Очистку воздуха от частиц
2. Глушение шума осевого компрессора, охлаждение циклового воздуха (для увеличения выходной мощности агрегата в регионах с высокой температурой окружающей среды)
3. Защиту от обледенения элементов всасывающего тракта и осевого компрессора

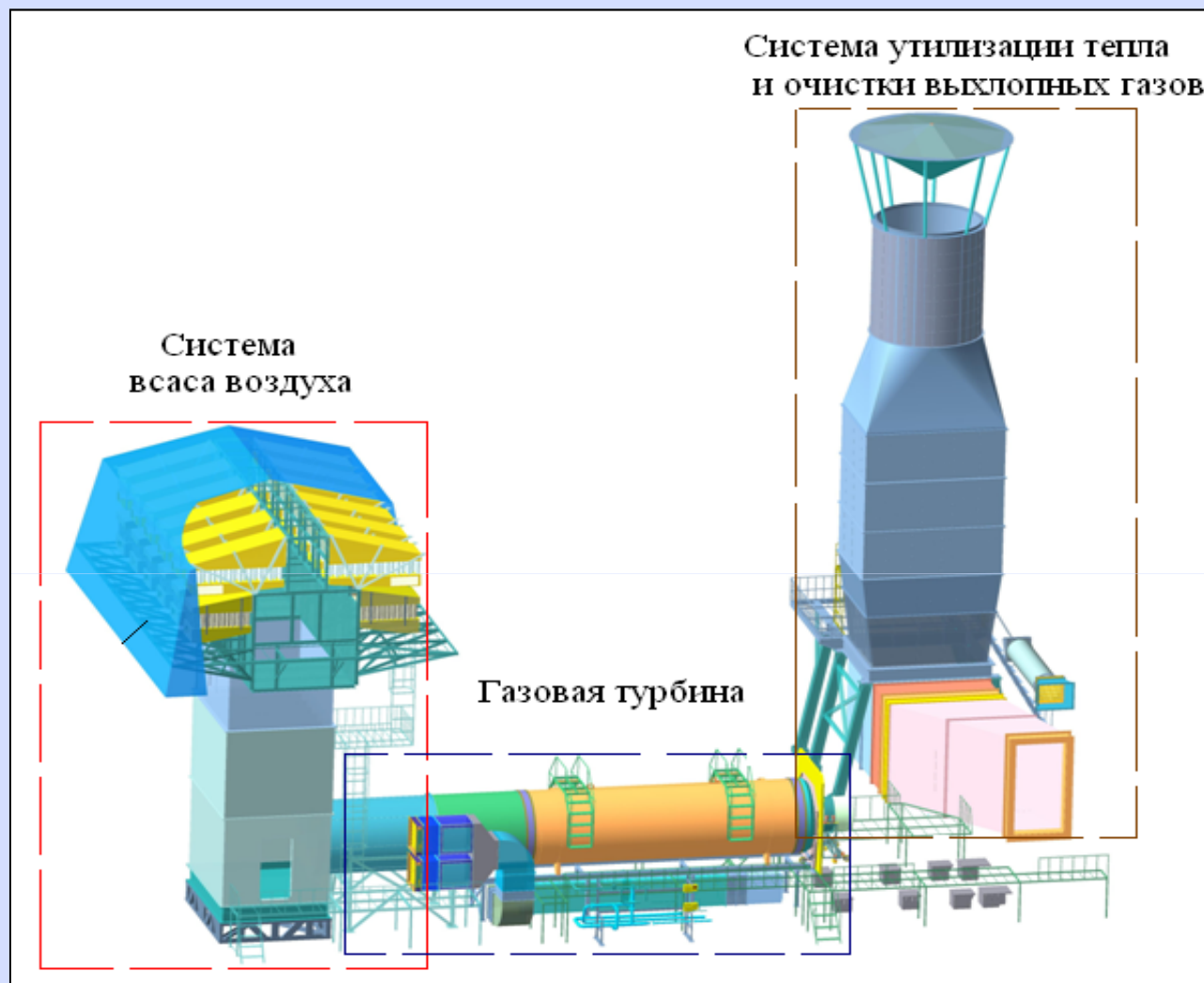




Общий вид агрегата ГПА-Ц-16:

- 1 - камера всасывания; 2 - шумоглушители всаса; 3 - воздухоочистительное устройство; 4 - система подогрева циклового воздуха; 5 - утилизатор; 6 - шумоглушители выхлопа; 7 - диффузор; 8 - опора выхлопной части; 9 - турбоблок; 10 - блок маслоагрегатов

(Т.Г. Артемова. Эксплуатация ГПА-Ц-16, [www.turbinist.ru](http://www.turbinist.ru))



Состав ГПА-25, производства ООО «Волга-Авиагаз», Самарской области

([www.volgaaviagaz.ru/kprod.html](http://www.volgaaviagaz.ru/kprod.html))

## Классификация систем очистки воздуха

### По количеству ступеней очистки

Одноступенчатые системы

Двухступенчатые системы

Трехступенчатые системы

### По принципам улавливания пыли

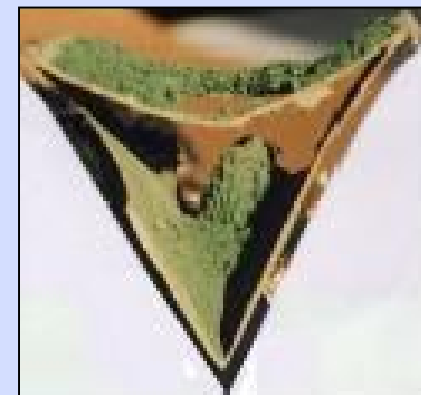
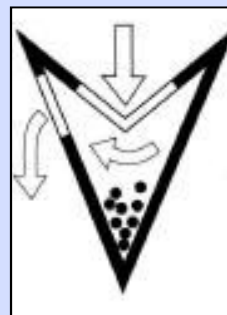
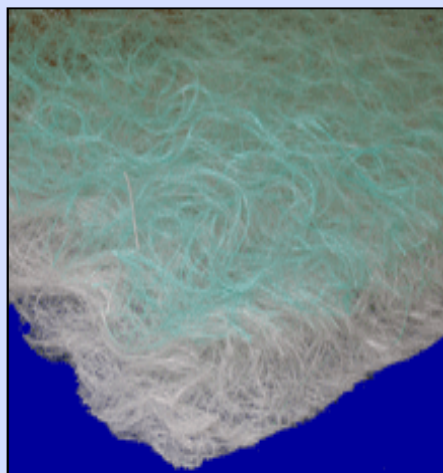
Фильтрующие элементы инерционного типа

Фильтрующие элементы

- масляные сетчатые;
- кассетные;
- мешочные;
- патронные;
- с элементами плиссированного материала (полиэстер, стекловолокно, картон, и т.д.);
- комбинированные системы.

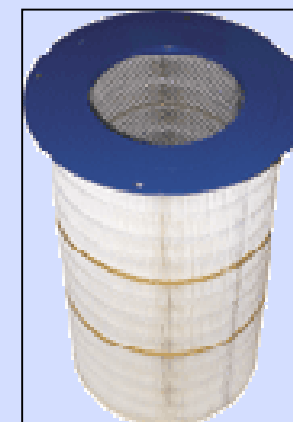
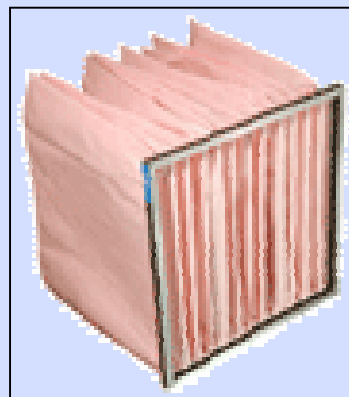
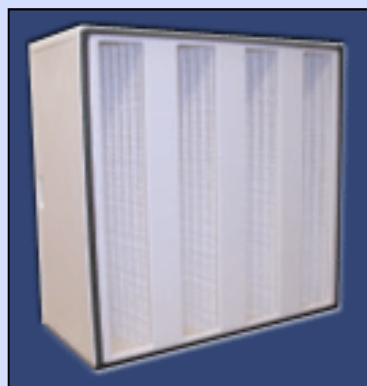






**Плиссированные (гофрированные) фильтры:**

а) из стекловолокна; б) из картона



**Плиссированные (гофрированные) фильтры:**

а) из стекловолокна; б) из картона

**Система фильтрационной очистки воздуха включает:**

- **предфильтрационную ступень,**
- **промежуточные фильтры**
- **фильтры тонкой очистки**

Наименование параметров	Разработчик			
	ООО «ВНИИГАЗ» и EMW filtertechnik (Германия)			«Nordic Air Filtration» (Дания)
Тип фильтрующего элемента	<i>Комбинированная трех ступенчатая система фильтрации</i>			<i>фильтр пылеулавливающий</i>
	влажготделитель	предфильтр	МРК-4	
Номинальный расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	3400			1000
Сопротивление фильтра, Па:				
-чистого	75	74	81	100
-загрязненного	250	250	450	700
Пылеемкость, г	315	200	610	2000
Материал	стекловолокно	искусственное волокно	бумага из стекловолокна	целлюлоза-90%; полиэстер-10%
Площадь фильтрации, м <sup>2</sup>	0,35	1,3	20 (31)	18,5
Класс фильтрации по ГОСТ Р 51251-99	G2	G4	F8	F8
Назначенный ресурс, час	более 10 000	более 30 000	более 50 000	более 20 000

**Предфильтры должны улавливать широкий диапазон частиц, удерживать влагу, обладать высокой механической прочностью**

## ПОДГОТОВКА ТОПЛИВНОГО ГАЗА ДЛЯ СЖИГАНИЯ В ГТУ

Нормы очистки топливного газа, применяемые фирмой General Electric для своих газовых турбин

<i>Компонент</i>	<i>Допустимое содержание в рабочем теле ГТУ</i>
Сера	0,05% (мольных) или не более количества, необходимого для оборудования сульфатов щелочных металлов с концентрацией 0,6 ppm
Твердые частицы	0,0027 г/м <sup>3</sup>
Металлы:	
- ванадий	< 0,03 ppm
- Na + K	см. норму по сере
- Ca	< 0,012 ppm
- Pb	< 0,012 ppm
- Cu	< 0,025 ppm
- Соединения азота	< 500 ppm в виде NH <sub>3</sub> (экологическая норма)

1 ppm = 1 куб. см/куб. м = 1 куб. нсм/куб. нм = 0,0001% об.

Перед подачей в газовые турбины газ очищают от пыли, механических примесей и влаги, измеряют расход при помощи специальных блочных установок подготовки **топливного, пускового и импульсного газа**

**Топливный газ** – предназначен для реализации процесса горения в камере сгорания. В качестве топливного газа используют природный или попутный нефтяной газ

**Пусковой газ** — газ, используемый для запуска газовой турбины

**Импульсный газ** — газ, применяемый в системе КИП и А и системах управления компрессорной станцией

**Технические характеристики установки подготовки топливного, пускового и импульсного газа Сумского научно-производственного объединения**

<i>Параметр</i>	<i>Топливный газ</i>	<i>Пусковой газ</i>	<i>Импульсный газ</i>
Производительность, кг/ч	650...35000	120...12600	по требованию
Давление газа на входе, МПа	2,4...8,25	0,8...7,6	2,5...8,25
Давление газа на выходе, МПа	2,4...3,0	0,25...0,5	1,0...2,5
Масса, кг	800...23500		
Климатическое исполнение	У1, ХЛ1		

## Блочные установки

Блок очистки газа

Блок осушки и хранения  
импульсного газа

Блок подогревателя  
топливного газа

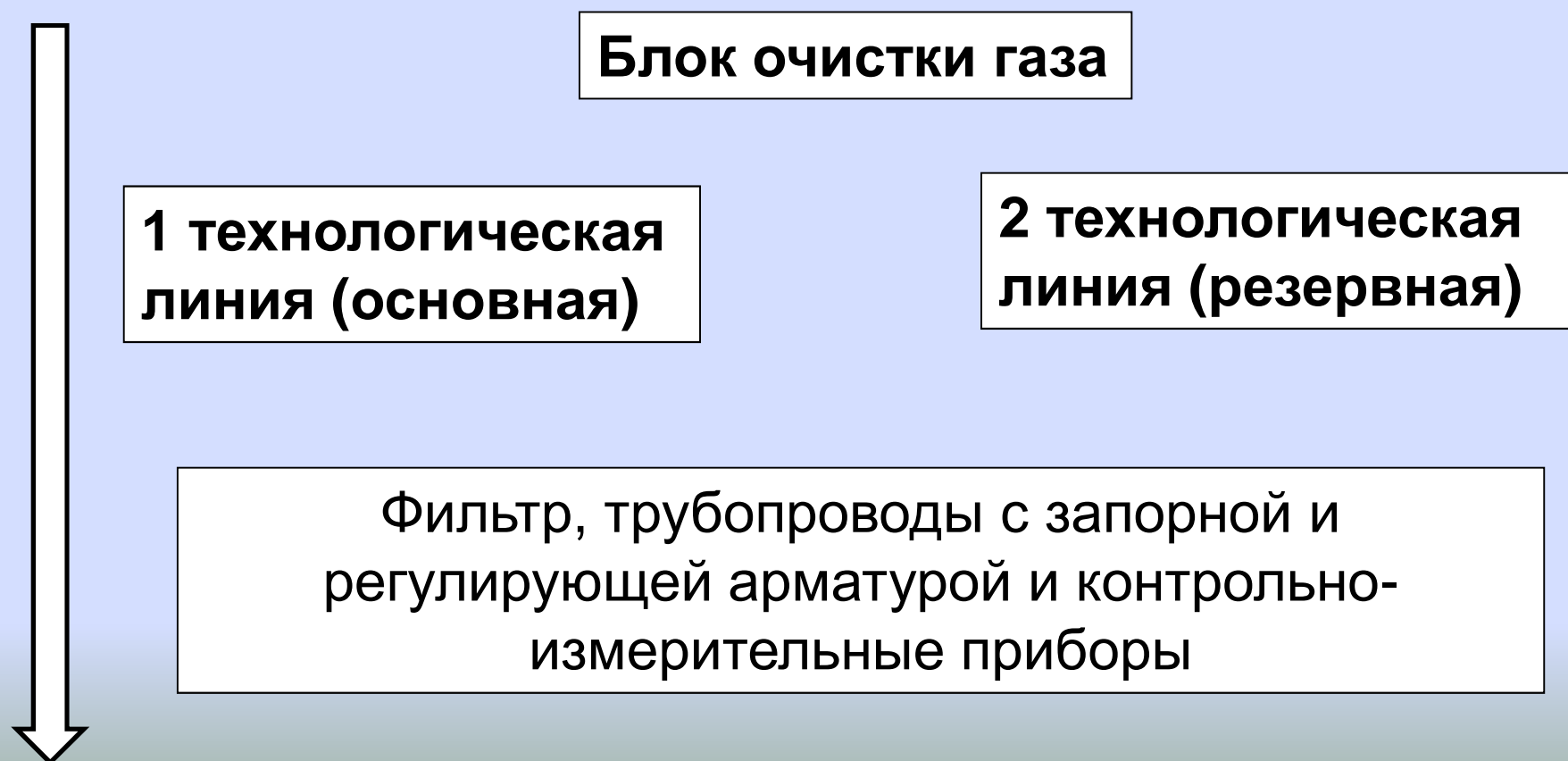
Блок замера газа

Блоки подготовки  
топливного газа



## Блок очистки газа

Предназначен для очистки газа на входе установки подготовки топливного, пускового и импульсного газа от жидкости и механических примесей



**Блок подогревателя топливного газа** включает подогреватель с промежуточным теплоносителем, необходимый для работы компрессорной станции в пусковой период

Дополнительно с целью обеспечения установки газом регенерации ( $t=300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в подогревателях предусмотрен теплообменник «газ-газ»  $P_y=10\text{ МПа}$ , который используется вместе с блоком подогревателя газа

Кроме указанного варианта от влаги природный или попутный нефтяной газ могут очищать при помощи различных сорбентов



### **Блок осушки и хранения импульсного газа**

предназначен для осушки импульсного газа до точки росы по влаге -  $55^{\circ}\text{C}$  при рабочем давлении, а также для накопления импульсного газа в ресивере, и выдаче по мере необходимости для управления пневмоприводной арматурой компрессорной станции

Разработаны и изготавливаются блоки осушки и хранения импульсного газа с огневым и электрическим подогревом газа регенерации

**Блоки подготовки топливного газа** служат для редуцирования и поддержания заданного давления топливного газа. Разработан ряд блоков подготовки топливного газа, которые отличаются по функциональному назначению, составом оборудования и категории размещения

В общем случае блоки подготовки топливного газа имеют в своем составе: **две линии редуцирования топливного газа** (основная и резервная) для обеспечения топливным газом газотурбинных двигателей; **линию редуцирования пускового газа** для запуска газотурбинного двигателя; **две линии редуцирования газа на собственные нужды** (основная и резервная) для обеспечения станции газом среднего давления.

**Блок замера газа** предназначен для замера общего количества газа, поступающего на установку, а также для замера количества топливного и пускового газа.

В состав блока входят технологические линии замера общего количества газа и замера количества нагретого топливного газа, снабженные регулирующей, запорной арматурой, приборами КИПиА. В блоке предусмотрено переключение рабочих линий на резервную или байпасную

# Благодарю за внимание!

## Перечень рекомендуемой литературы по Модулю 5



### Основная:

- Газотурбинные установки: учебное пособие/ А.В. Рудаченко, Н.В. Чухарева, С.С. Байкин.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 139с.
- Энергетика трубопроводного транспорта газов: Учебное пособие / А.Н. Козаченко, В.Н. Никишин, Б.П. Поршаков – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001. – 400 с.
- Манушин Э.А. Газовые турбины. Проблемы и перспективы. М.: Энергоатомиздат, 1986.- 168 с.

### Дополнительная:

- Газотурбинные технологии. Специализированно-аналитический журнал. Изд-во «Медиа Гранд»
- ГОСТ 4.433-86. Установки газотурбинные стационарные. Но-менклатура показателей.
- ГОСТ 21199-82. Установки газотурбинные. Общие техниче-ские требования.
- Повышение эффективности использования газа на компрессорных станциях / Динков В.А., Гриценко А.И., Васильев Ю.Н., Мужиливский П.М. - М.: Недра, 1981,- 296 с