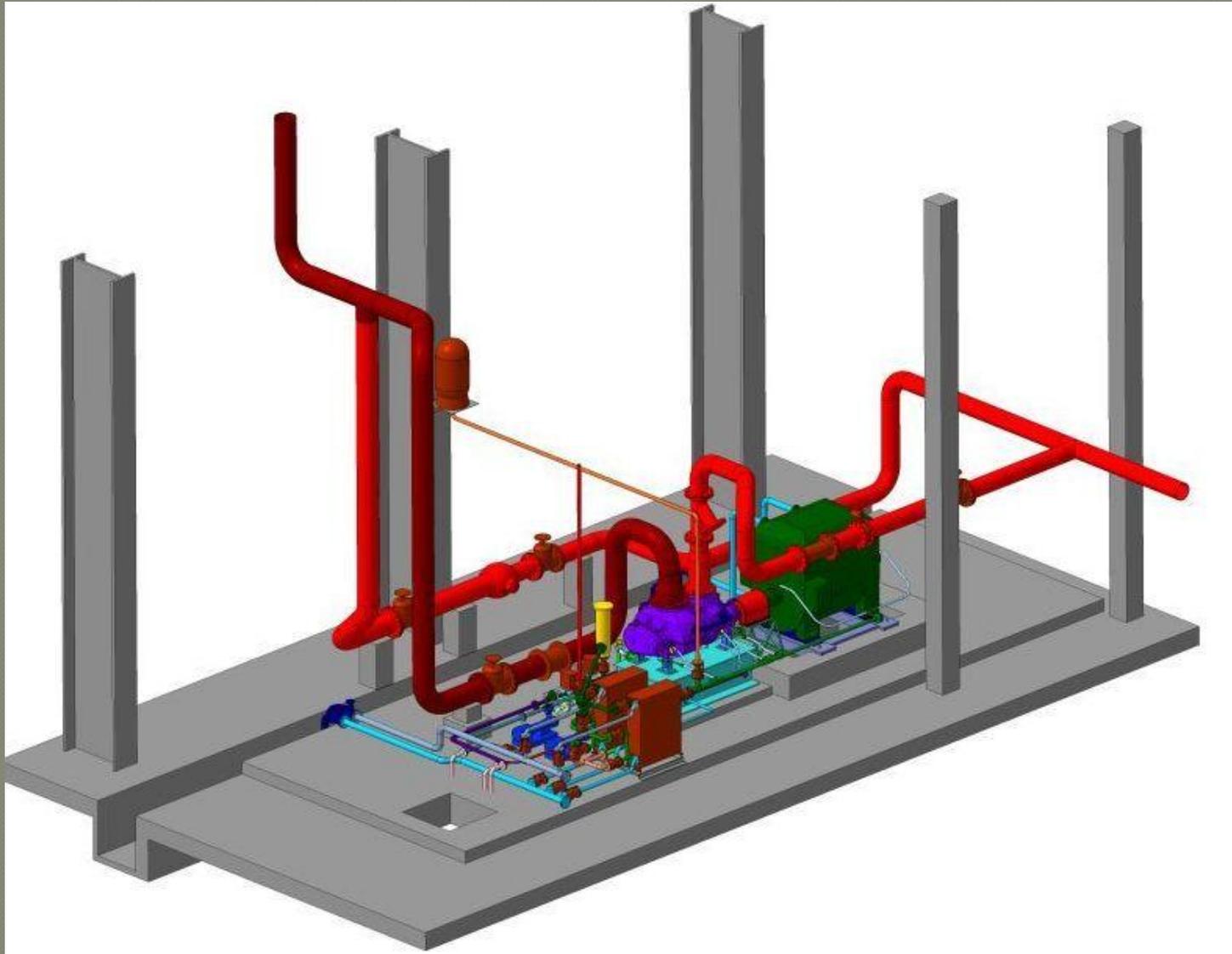
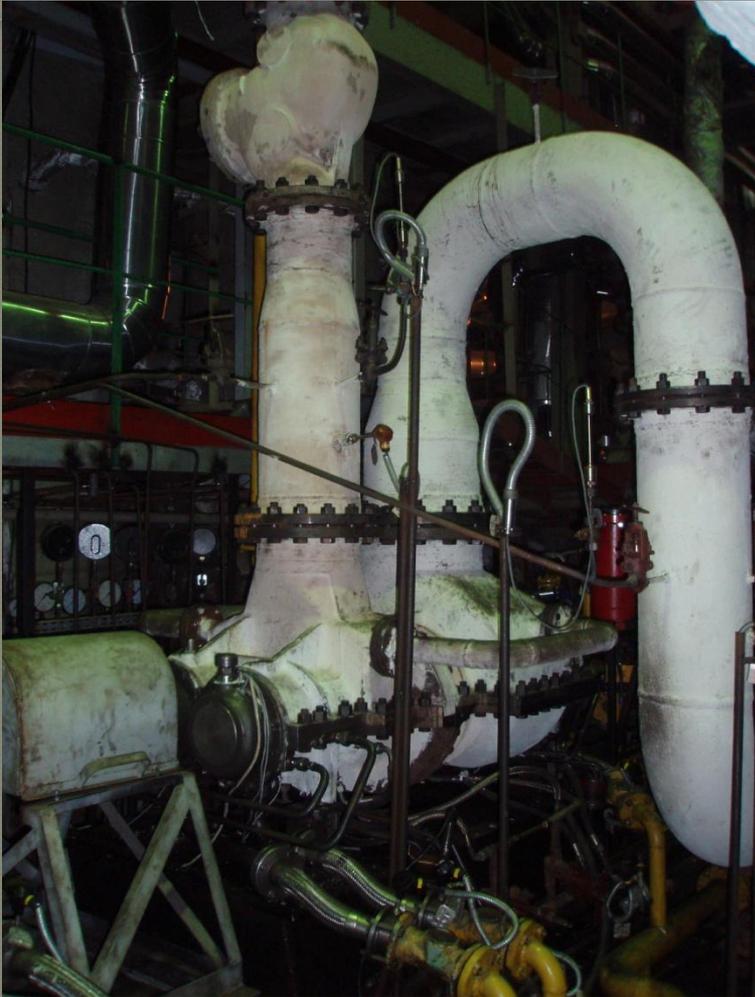


**ПАРОВАЯ ВИНТОВАЯ  
МАШИНА (ПВМ):  
ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

# ОПЫТ: Энергоустановка ПВМ-2000АГ-1600 (Уфимская ТЭЦ-4 ООО БГК)



# ПВМ-2000АГ-1600



Общий вид

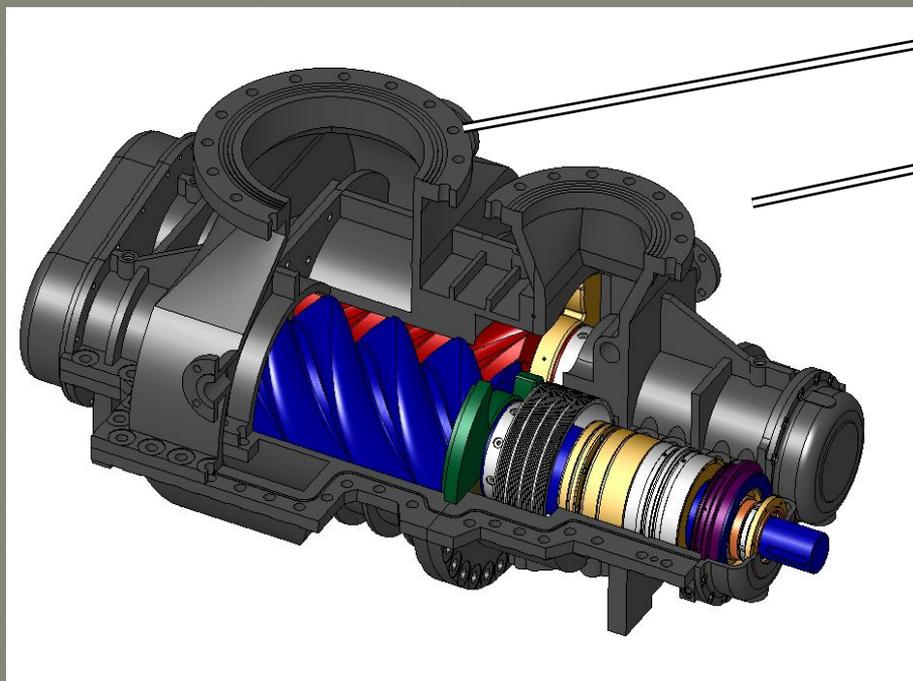


- Энергоустановка имеет САУ на базе современных вычислительных контроллеров
- Основные параметры работы контролируются с помощью электронных датчиков. Наиболее важные параметры имеют до трех независимых точек измерения

## Достигнутые результаты

- Нарботка энергоустановки является наибольшей среди всех созданных до настоящего времени аналогов и составила более 6700 часов.
- Выработано 4 млн. кВт\*час электроэнергии. Для сравнения: это равносильно работе всей Уфимской ТЭЦ-4 в течение 24...30 часов.
- В наиболее показательные - зимние месяцы работы, благодаря работе энергоустановки, расход электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ снизился с 8,5 % до 7,9 % от общей выработки, а удельный расход топлива на отпуск электроэнергии уменьшился на 0,8 г у.т./кВт\*час.
- ПВМ, примененная в составе энергоустановки, является наиболее мощной (1,2...1,4 МВт) из созданных в Российской Федерации подобных машин.
- В ПВМ, примененная в составе энергоустановки, рассчитана для работы при наиболее высоких, среди аналогов, начальных параметрах пара ( $t=300$  град. С;  $P=1,6$  МПа).

## Устройство паровой винтовой машины (ПВМ)



Патрубок выходной

Патрубок входной

ПВМ является ротационной машиной объемного действия.  
Принцип действия - обращенный винтовой компрессор сухого сжатия.

ПВМ состоит из корпуса, в котором размещены два ротора, подшипники, уплотнения и другие узлы и детали.  
Каждый ротор в средней части имеет многозаходную винтовую нарезку специального профиля.

# Работа ПВМ



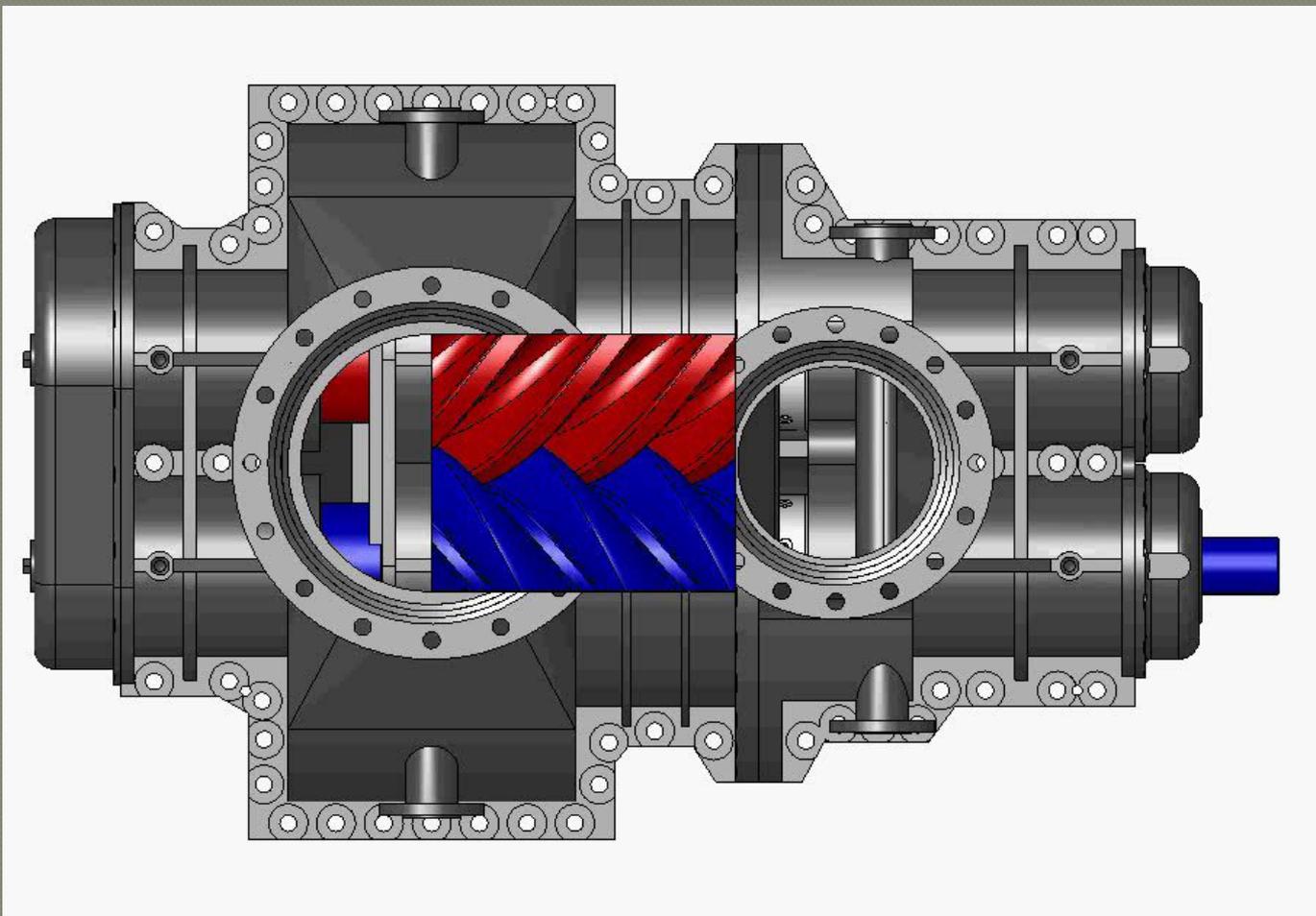
Начальное  
заполнение  
парной  
полости

Расширение  
пара

Выпуск  
отработанного  
пара

При работе ПВМ водяной пар поступает под давлением в парные полости, образуемые зубьями винтов роторов и корпусом. В процессе вращения винтов каждая парная полость отсекается от впускного окна, увеличивается в объеме в процессе расширения пара, а затем соединяется с выпускным окном, через которое отработанный пар поступает в выпускной паропровод.

# Работа ПВМ



Крутящий момент, возникающий под действием пара, передается на ведущий вал ПВМ.

# ПВМ и ТУРБИНА

- В ряде рекламных материалов, а также в популярных публикациях, о ПВМ говорится как о «винтовой турбине», что является грубой ошибкой.
- БРЭ:
  - а) «ТУРБИНА (франц. *turbine*, от лат. *turbo* – вихрь, вращение с большой скоростью) – двигатель с вращательным движением рабочего органа – ротора и непрерывным рабочим процессом, преобразующий в механическую работу энергию подводимого рабочего тела – пара, газа или жидкости; *лопаточная машина...»*;
  - б) «ПАРОВАЯ ТУРБИНА – турбина, в которой кинетическая энергия водяного пара преобразуется в механическую работу...».
- ПВМ не является лопаточной машиной, и в ней не кинетическая, а потенциальная энергия рабочего тела преобразуется в механическую работу.
- Из-за отсутствия нормативных документов, определяющих термин «паровая винтовая машина», возможны необоснованные конфликты между предприятиями–производителями оборудования и государственными надзорными и контролирующими органами.

## Достоинства ПВМ

- Компактность.
- Простота конструкции, высокая ремонтпригодность.
- Неприхотливость к качеству пара, который может быть любой влажности, а также содержать твердые частицы.
- Маневренность, быстрый пуск и останов.
- Большой диапазон регулирования мощности (20...100 %).
- Постоянство крутящего момента на выходном валу по оборотам.
- Меньшая (в 1,5...2 раза) стоимость, чем у лопаточных турбин.
- Эксплуатационная надежность и безопасность при аварийных ситуациях.
- Потенциально высокий ресурс (до 100...150 тыс. час), обусловленный отсутствием взаимного касания роторов и, соответственно, механического износа.

# Перспективы применения ПВМ

- Благодаря совокупности положительных качеств ПВМ, их можно использовать там, где невозможно или невыгодно использование паровых турбин или классических (поршневых) паровых машин:
  - а) в действующих ТЭЦ и котельных параллельно РОУ, РУ;
  - б) в ГТУ-ТЭЦ и ГПА-ТЭЦ в паровом цикле с использованием котлов – утилизаторов;
  - в) на предприятиях пищевой, целлюлозно-бумажной и др. отраслей;
  - г) на геотермальных станциях;
  - д) в газотранспортных системах;
  - е) в нефтедобывающей отрасли.
- В настоящее время практически апробировано использование ПВМ в качестве привода электрических генераторов. В дальнейшем возможно их использование и в качестве регулируемого привода технологического оборудования.
- Возможно появление газовых винтовых машин и их применение для детандирования газа.

# Винтовые машины в газотранспортных системах

- Энергетические затраты на осуществление работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА) компрессорных станций (КС) составляют более 75 % общих производственно-технологических потребностей магистральных газопроводов в топливе.
- Большинство ГПА являются газотурбинными установками (ГТУ) и при их работе огромные количества энергии теряются с продуктами сгорания газа, так называемыми вторичными энергоресурсами (ВЭР).
- До настоящего времени использование тепла ВЭР на КС составляет менее 5 % из-за отсутствия крупных внешних потребителей тепла и сезонности теплопотребления.
- Наиболее реальными способами утилизации ВЭР могут быть производство электрической энергии, обеспечение привода компрессоров, а также организация охлаждения компримируемых газа и воздуха ГПА.
- Наибольшее распространение получили процессы утилизации тепла ВЭР с использованием конденсационных паровых турбин. В настоящее время рассматривается также применение в утилизационных циклах в качестве рабочего тела органических агентов с низкой теплотой парообразования (бутан, пентан).
- При реализации утилизационных циклов ВЭР с использованием и водяного пара, и веществ с низкой теплотой парообразования, в диапазоне мощностей 500...1500 кВт применение винтовых машин может дать значительную выгоду.

# **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ попутного нефтяного газа (ПНГ) с помощью энергоустановок на базе паровых винтовых машин**

## **Актуальность задачи утилизации ПНГ:**

1. Согласно постановлению правительства РФ, с 2012 г. целевой показатель сжигания газа на факельных установках должен составлять менее 5% объема добычи.
2. Осуществляется поэтапная отмена нулевой ставки налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) для нефтяного газа.
3. С 01 января 2012 г. Правительством РФ запланировано увеличение на порядок штрафных санкций для стимулирования достижения 95 % величины утилизации ПНГ.

## **Существующие способы утилизации ПНГ**

1. Газопоршневые, газотурбинные электростанции. ( Недостатки : большая металлоемкость, высокая удельная величина капитальных вложений, невысокий межремонтный период, высокие эксплуатационные затраты, необходимость предварительной подготовки газа (сероочистка)).
2. Закачка газа в пласт. ( Недостатки: большая металлоемкость, высокая удельная величина капитальных вложений, невысокий межремонтный период; объем закачиваемого газа жестко привязан к технологии разработки месторождений, в связи с этим труднорегулируем).

## Наиболее эффективно размещение энергоустановок в нефтесборных парках (НСП) НГДУ

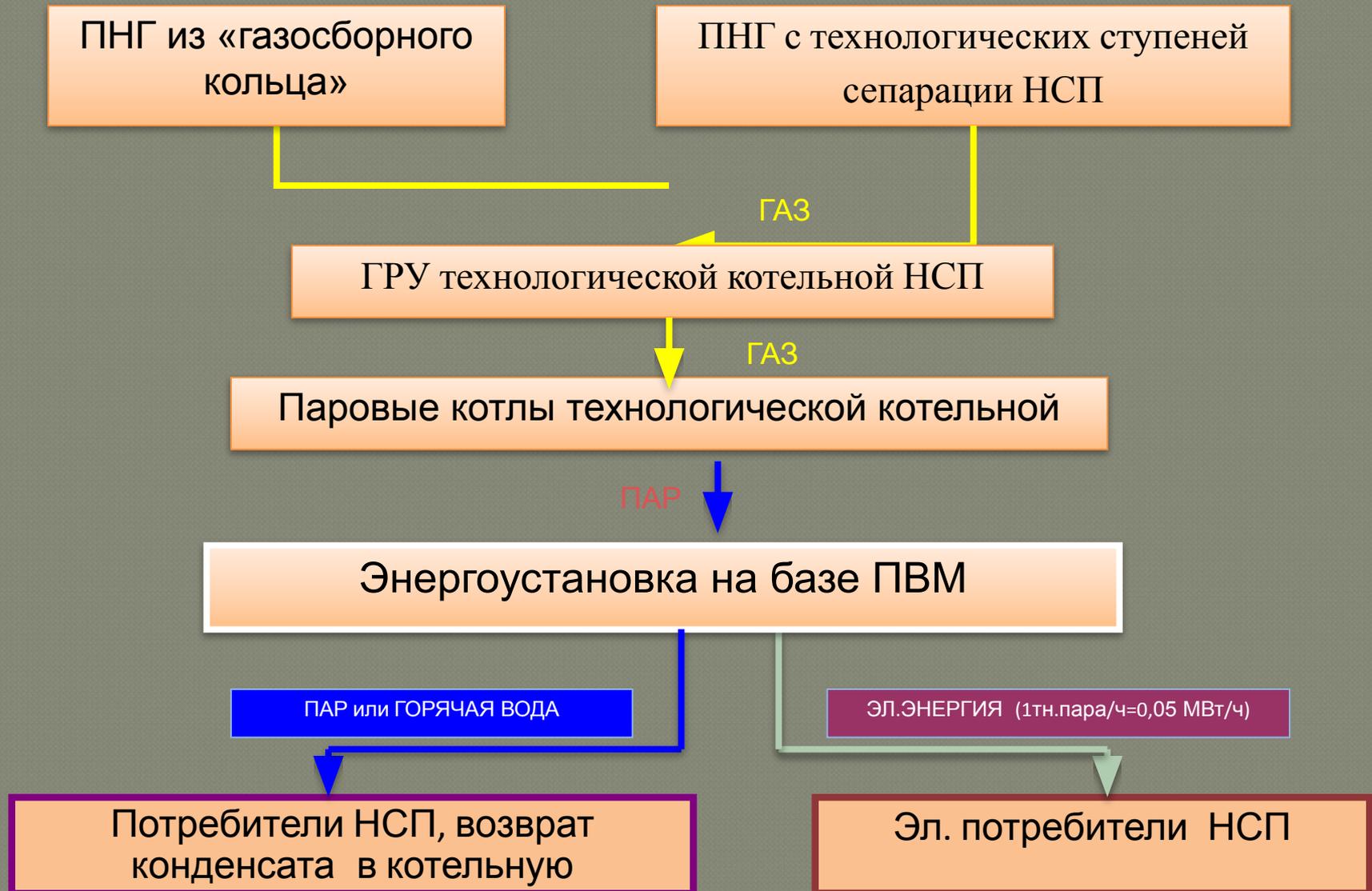
### Преимущества:

- существует система сбора и распределения ПНГ;
- существует система сжигания ПНГ (технологические котельные);
- расположены рядом электро-, и теплопотребители;
- максимально сокращаются теплотери при использовании технологических котлов в дежурном режиме для нужд пожаротушения;
- система сбора и подготовки универсальна и предлагаемая схема применима в любом НГДУ.
- Расчеты показали, что, используя пар типовой котельной с двумя котлами ДКВР-2,5/13, можно получить электрическую мощность 450...500 кВт при двухконтурной схеме применения винтовых машин и 240...250 кВт – при одноконтурной.
- Возможна также реализация одноконтурной схемы применения винтовых машин с использованием в качестве рабочего тела органических агентов с низкой теплотой парообразования. Пар технологической котельной будет при этом выполнять роль промежуточного теплоносителя или ВЭР.

### Экономическая эффективность:

- Применение в НСП энергоустановки мощностью 250 кВт позволит снизить годовую плату за потребленную электроэнергию в количестве 2,2 млн. кВт\*ч на сумму 2,5 млн. руб., за потребление мощности в количестве 250 кВт на сумму 1 млн.руб. (по тарифам 2009 г.).
- Срок окупаемости проекта составляет 2,5...3 года.

# Предлагаемая схема (типовая для НГДУ) утилизации ПНГ

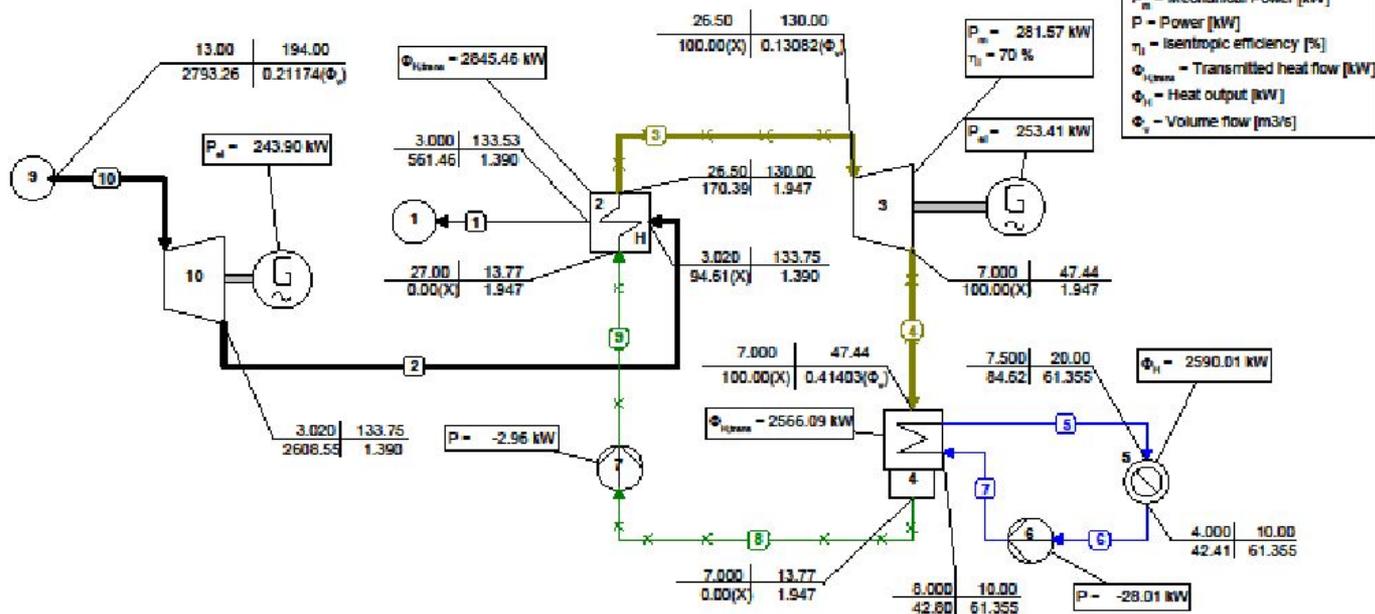


# Расчет мощности, получаемой от пара типовой котельной при реализации двухконтурной схемы применения винтовых энергоустановок

c:\program files\cycle-tempo 5.0\myproj\bashna202.gnd

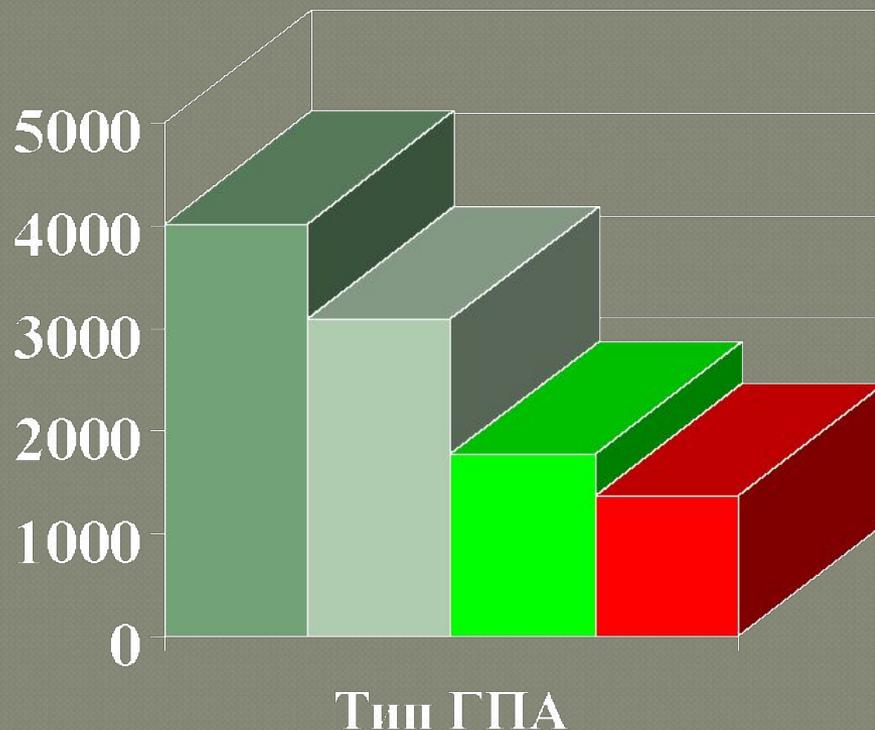
Хладон R717= аммиак ( NH<sub>3</sub> )

- Предварительный расчет.  
 Суммарная мощность ~500kWt.  
 Двухконтурная схема:  
 1. Водяной пар 2хДКВР-2,5/13  
 2. ORC -цикл с рабочим телом NH<sub>3</sub>



# Газоперекачивающие агрегаты ОАО «Газпром»

Кол-во ГПА



- Общее кол-во ГПА
- Кол-во ГГПА
- Стационарные ГГПА
- Стационарные отечественные ГГПА

## Выводы

1. Возможность создания работоспособных и эффективных ПВМ доказана практикой.
2. ПВМ являются не альтернативой паровым турбинам, а дополнением к существующему арсеналу технических средств энергетики.
3. Благодаря совокупности положительных качеств ПВМ, их можно использовать там, где невозможно или невыгодно использование паровых турбин.
4. Перспективным, в частности, является использование ПВМ для энергоэффективной утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), используя при этом существующую инфраструктуру НГДУ.
5. Для широкого внедрения технологии энергосбережения с помощью детандер-генераторных установок, в том числе с помощью энергоустановок на базе ПВМ, необходимо совершенствование законодательной базы и создание простых механизмов на его базе (с учетом экономических факторов), обеспечивающих возможность подсоединения малых генерирующих мощностей к сети и выдачу избыточной вырабатываемой энергии в сеть.