

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет авиационных двигателей, энергетики и транспорта  
Кафедра авиационной теплоэнергетики и теплотехники

Выпускная квалификационная работа

Анализ технико-экономической эффективности  
КПГУ на базе паротурбинной установки  
ПТ-135/165-130/15 и газотурбинной установки  
ГТЭ-150 на переменных тепловых нагрузках

13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Выполнил: студент группы ТЭМ-206  
Байбеков С. Г.  
Руководитель: Цирельман Н.М.

Уфа 2017

# Цели и задачи работы

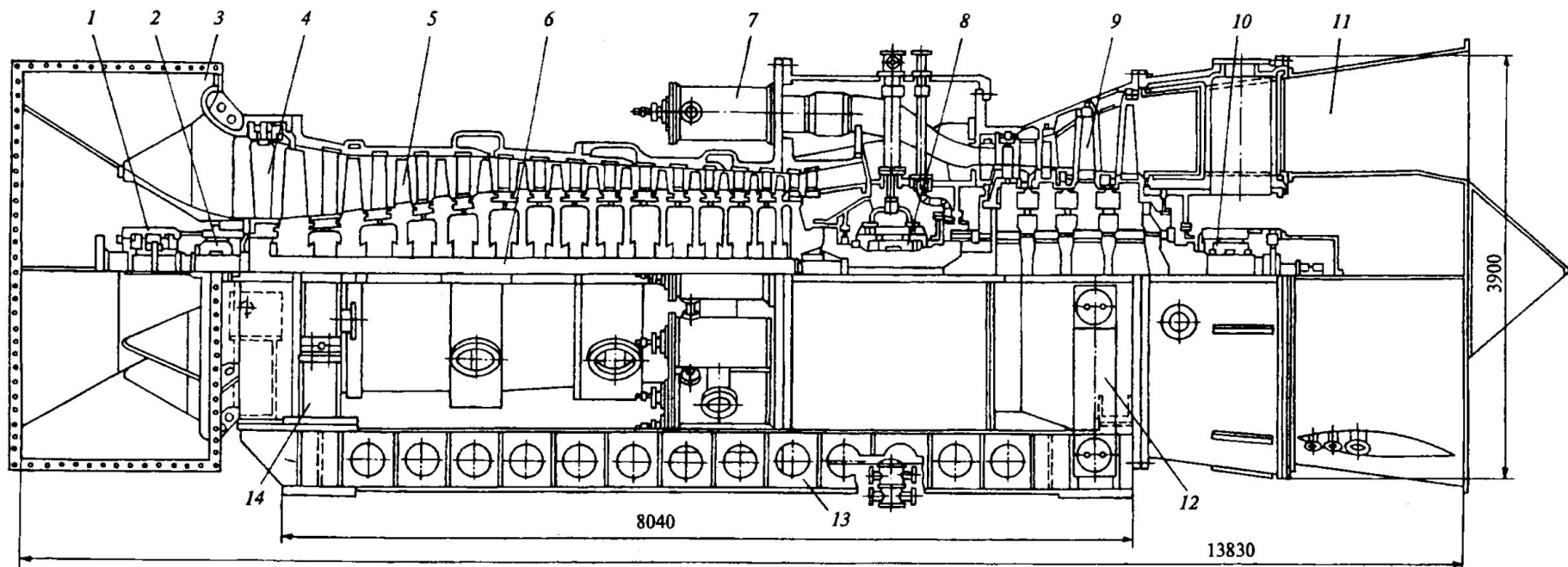
## Цель:

- Расчет и анализ технико-экономической эффективности КПГУ на базе ПГУ ПТ-135/165-130/15 и ГТУ ГТЭ-150 на переменных тепловых нагрузках при температурах наружного воздуха  $t_{\text{нар}} = +15, -5, -25^{\circ}\text{C}$ .

## Задачи:

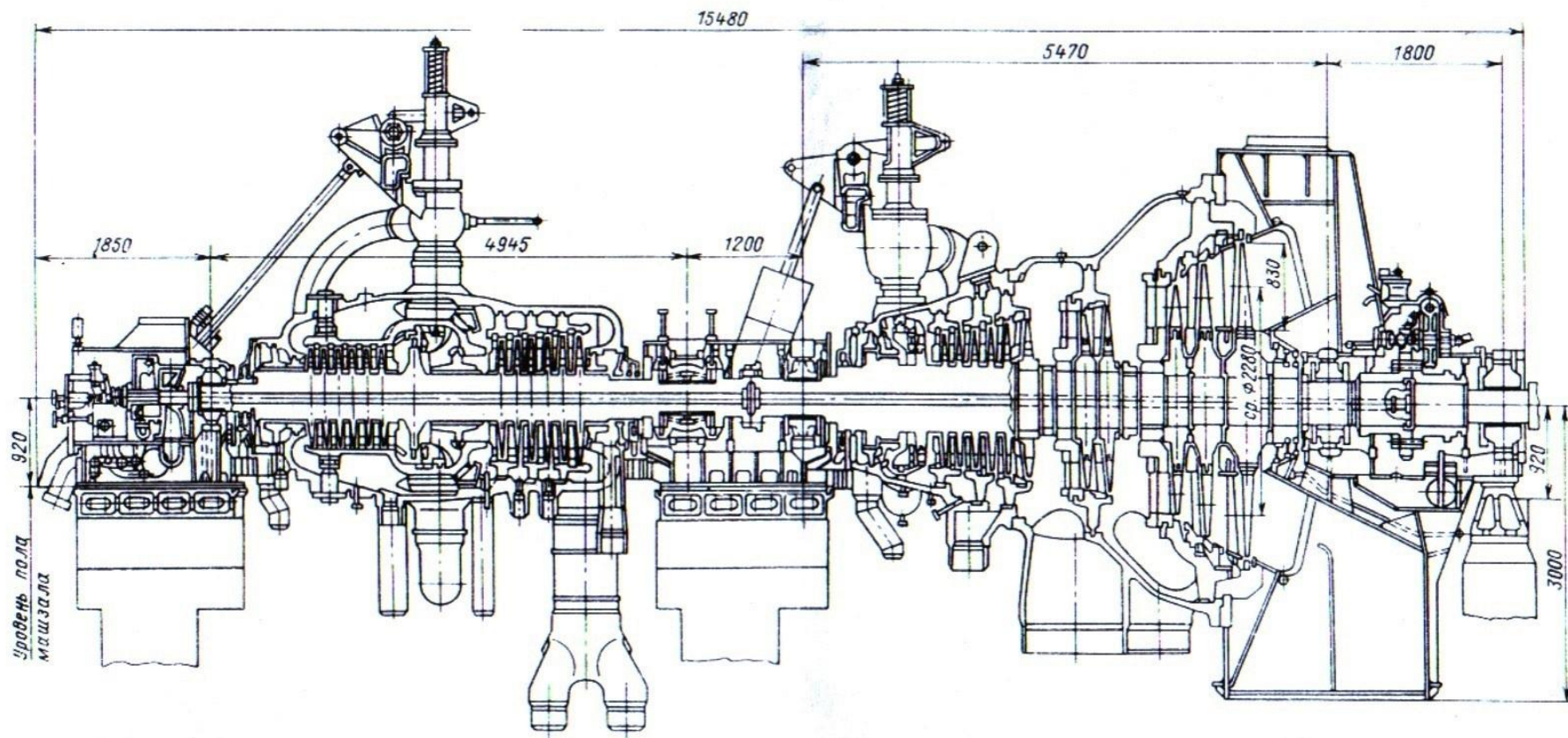
- Термодинамические расчеты ГТУ ГТЭ-150;
- Расчет принципиальной тепловой схемы ПТ-135/165-130/15 при температурах наружного воздуха  $t_{\text{нар}} = +15, -5, -25^{\circ}\text{C}$ ;
- Разработка и расчет принципиальных схем ПГУ сбросного типа, ПГУ с одноконтурным КУ и ПГУ с двухконтурным КУ на переменных тепловых нагрузках;
- Сопоставительный анализ полученных результатов.

# Продольный разрез газотурбинной установки ГТЭ-150

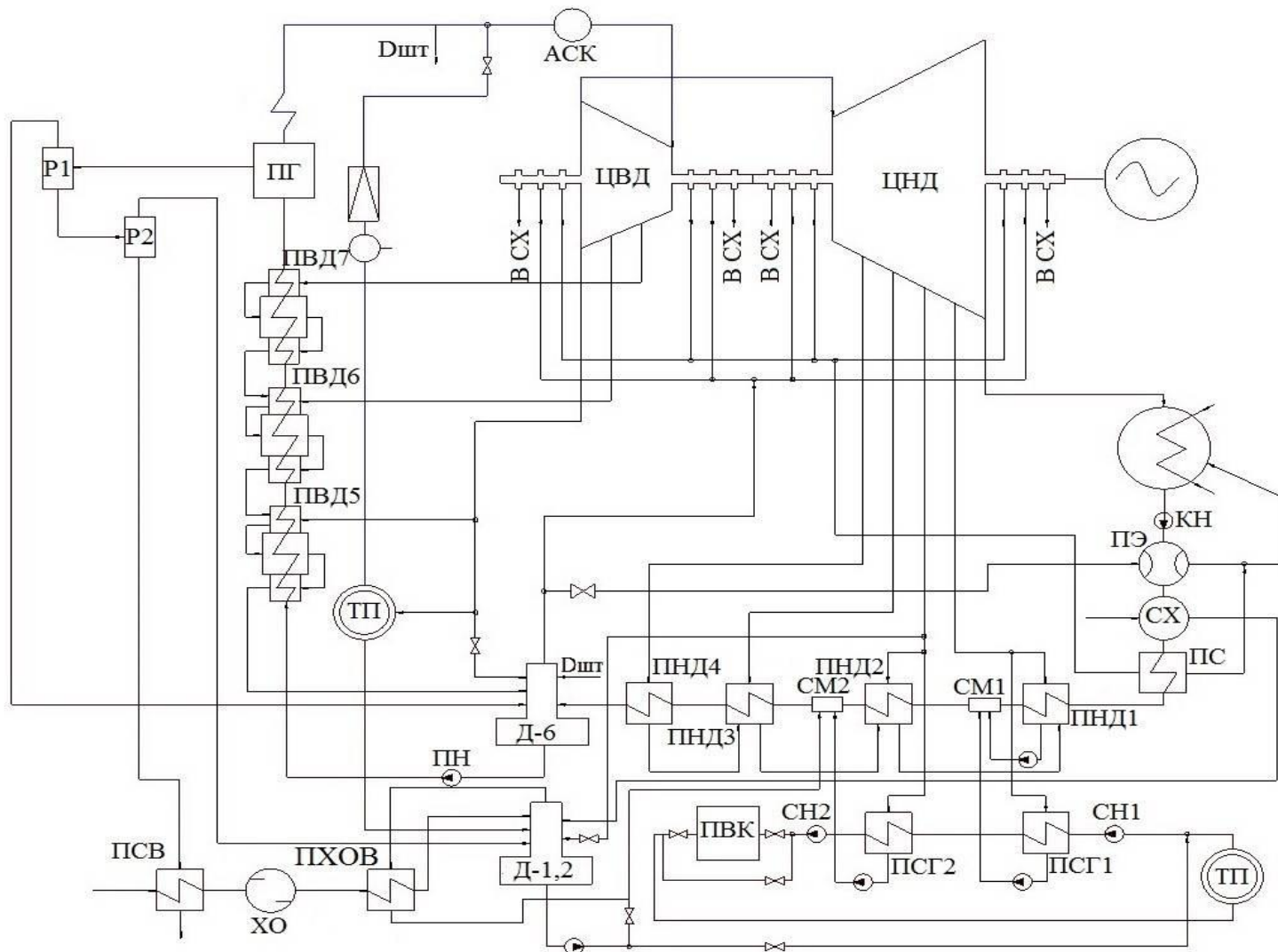


1 – упорный подшипник; 2 – передний опорный подшипник; 3 – входной патрубок компрессора; 4 – поворотный входной направляющий аппарат; 5 – лопатки компрессора; 6 – центральная стяжка ротора компрессора; 7 камера сгорания; 8 – средний подшипник; 9 – лопатки турбины; 10 – задний подшипник; 11 – выходной диффузор; 12 – задняя подвижная опора; 13 – рама; 14 – передняя неподвижная опора

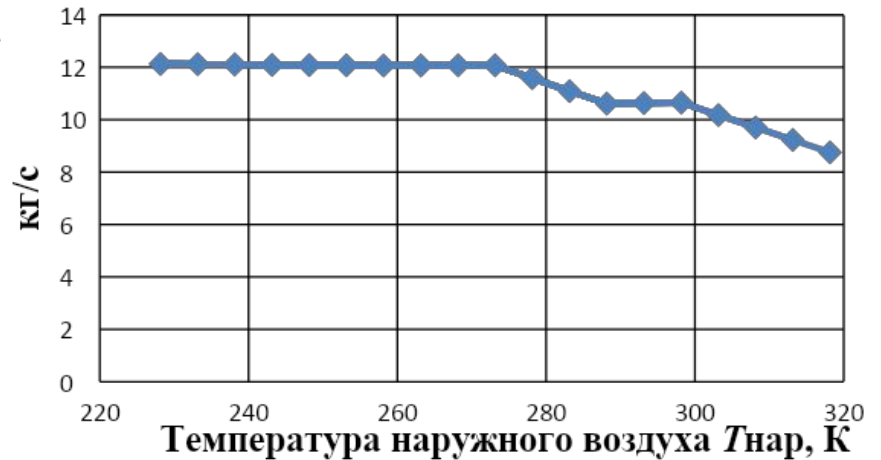
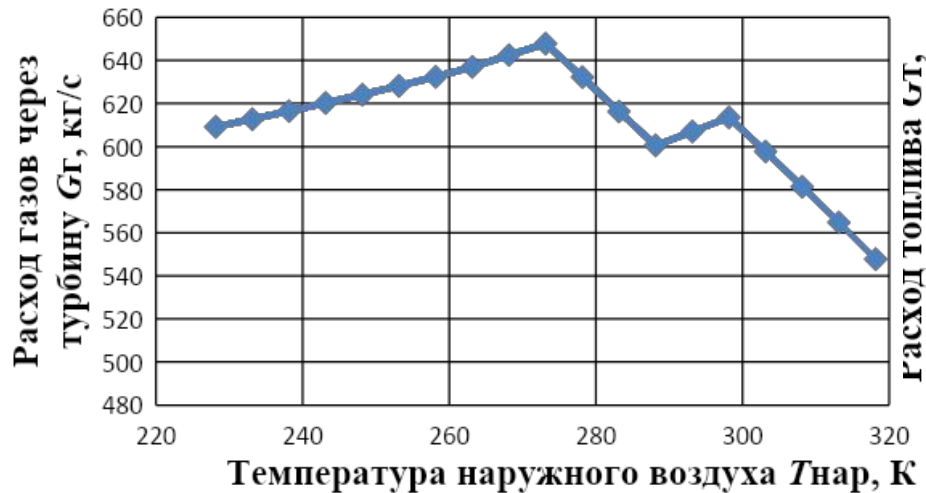
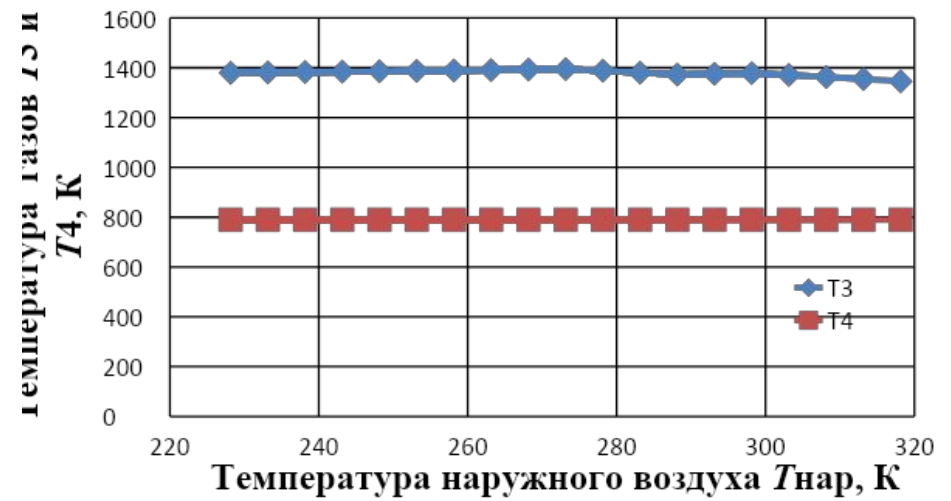
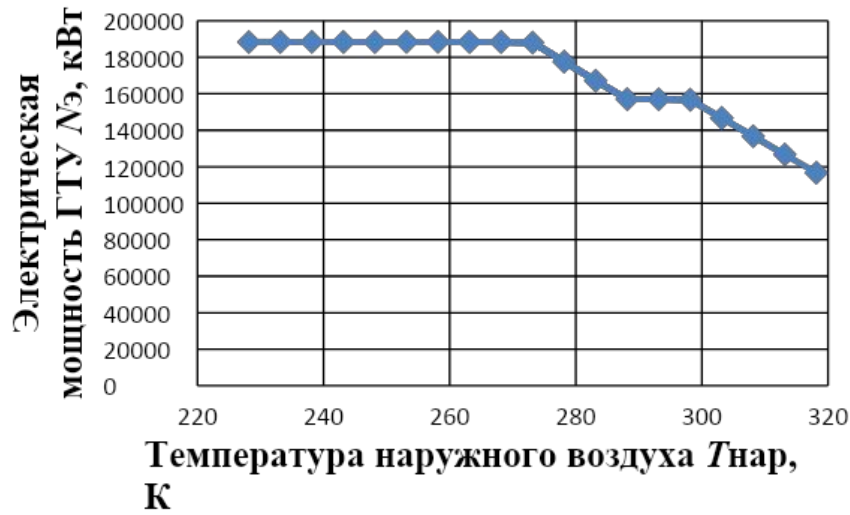
# Продольный разрез турбоустановки ПТ-135/165-130/15



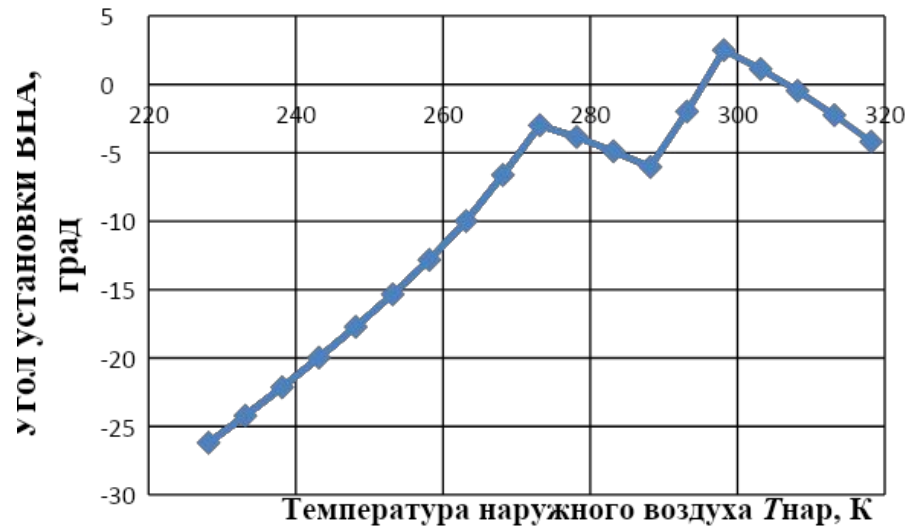
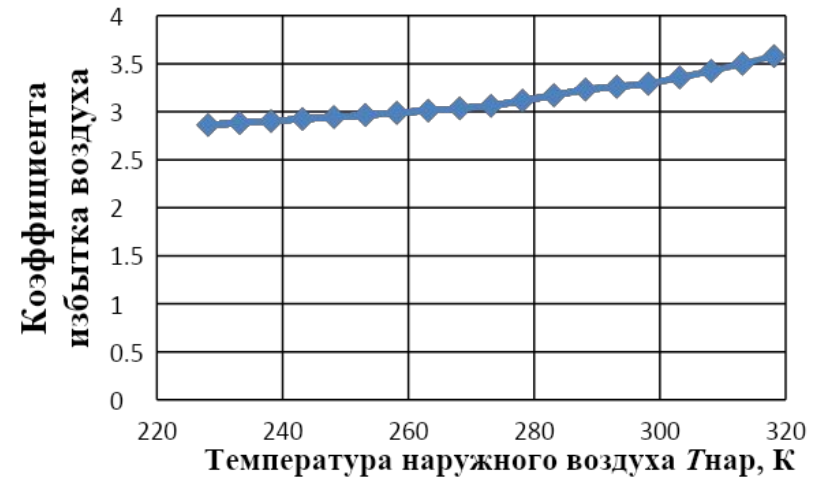
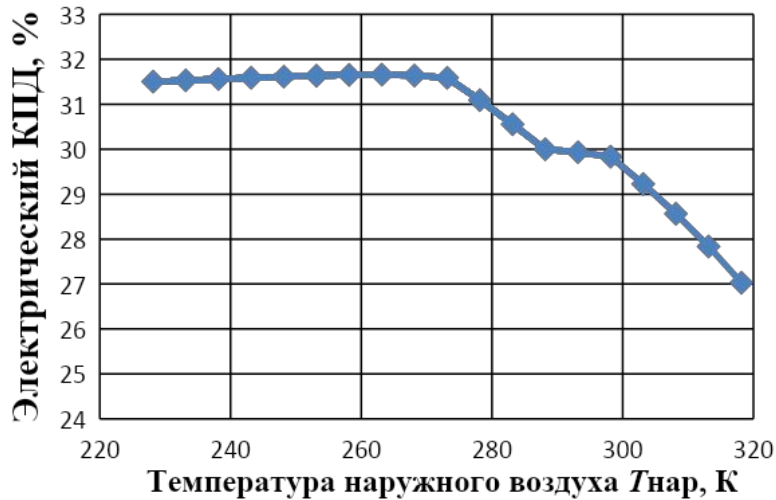
# Принципиальная тепловая схема турбоустановки ПТ-135/165-130/15



# Климатические характеристики ГТЭ-150

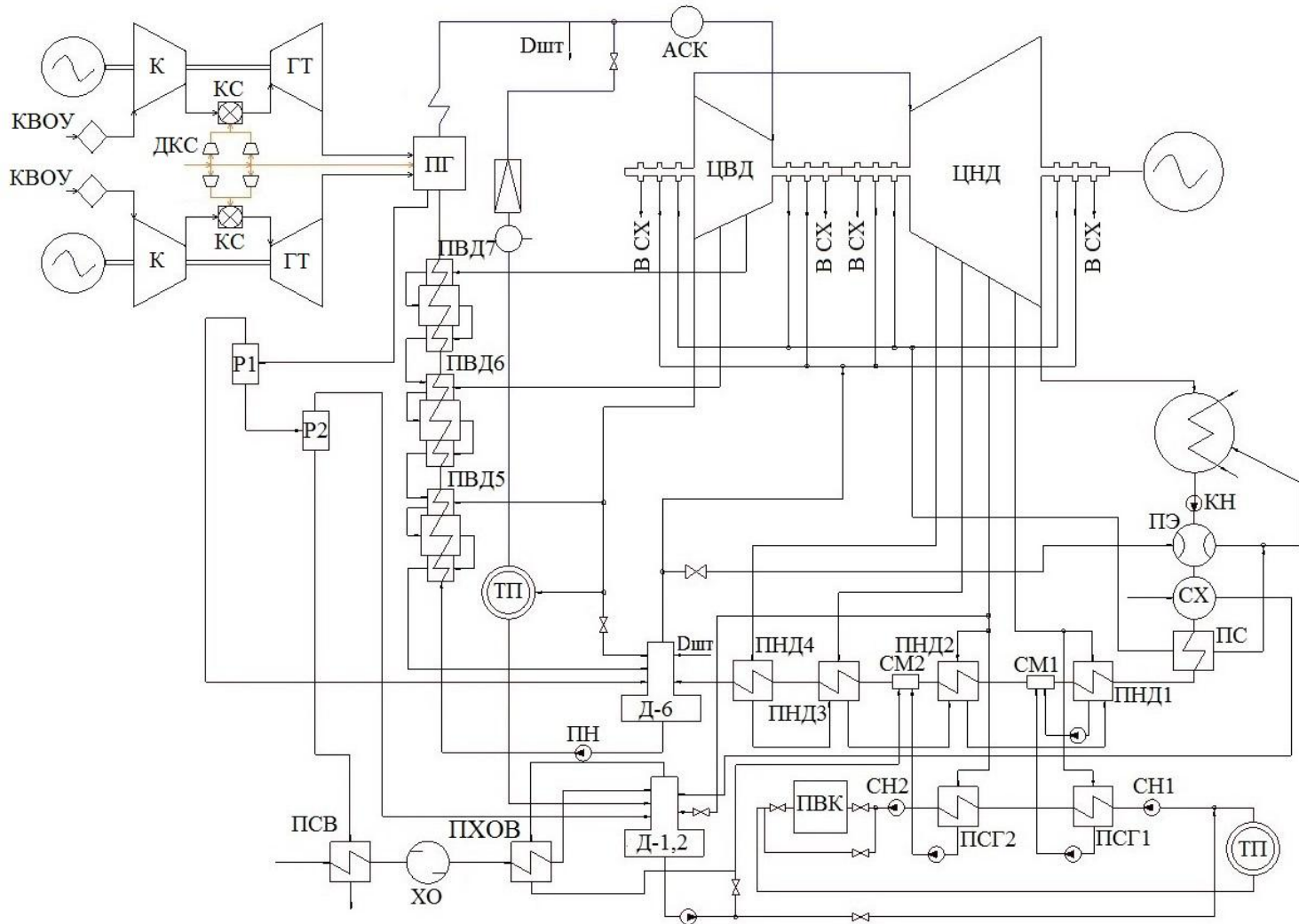


# Климатические характеристики ГТЭ-150 (продолжение)



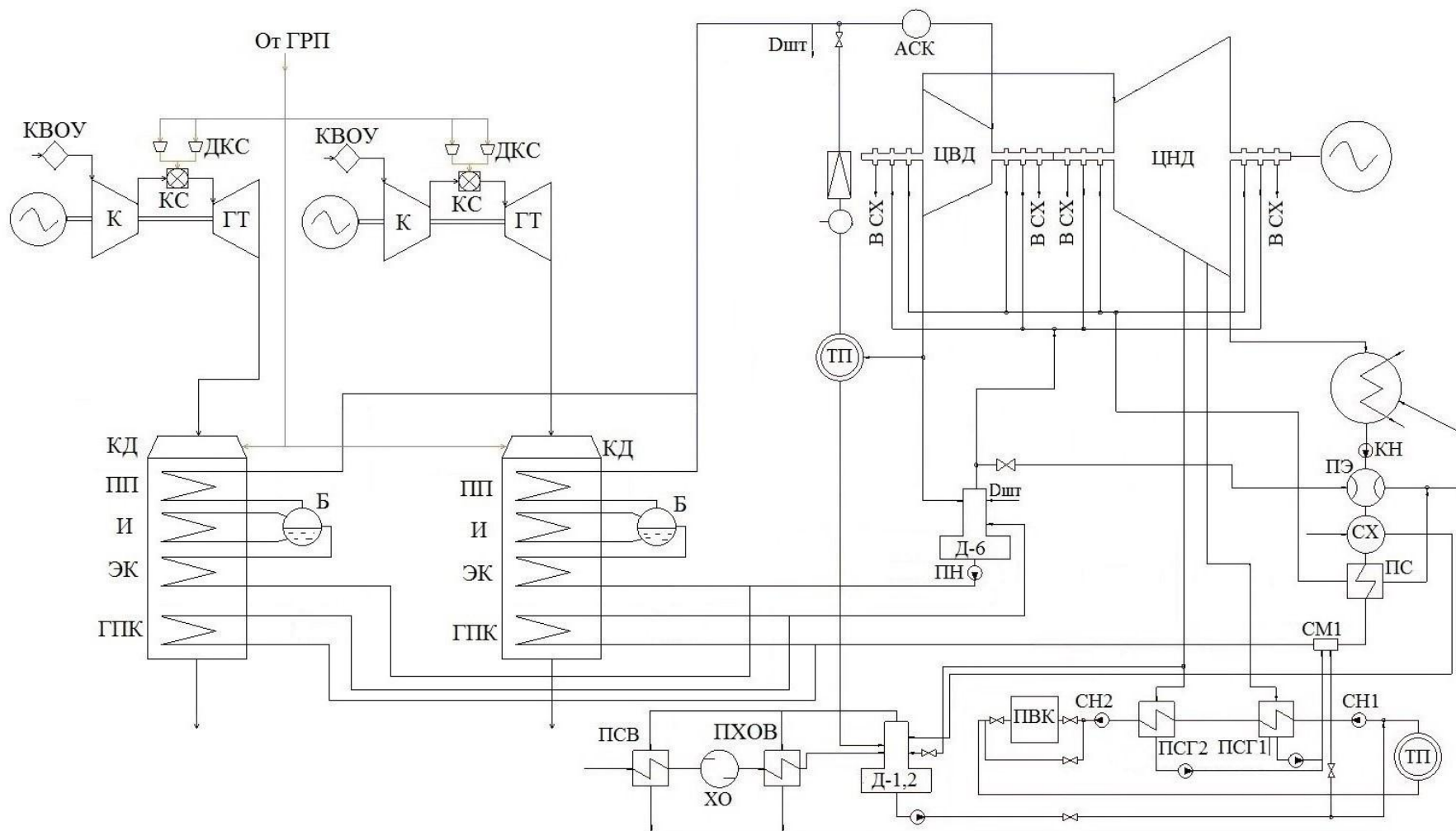


# Принципиальная тепловая схема ПГУ сбросного типа с дожиганием топлива

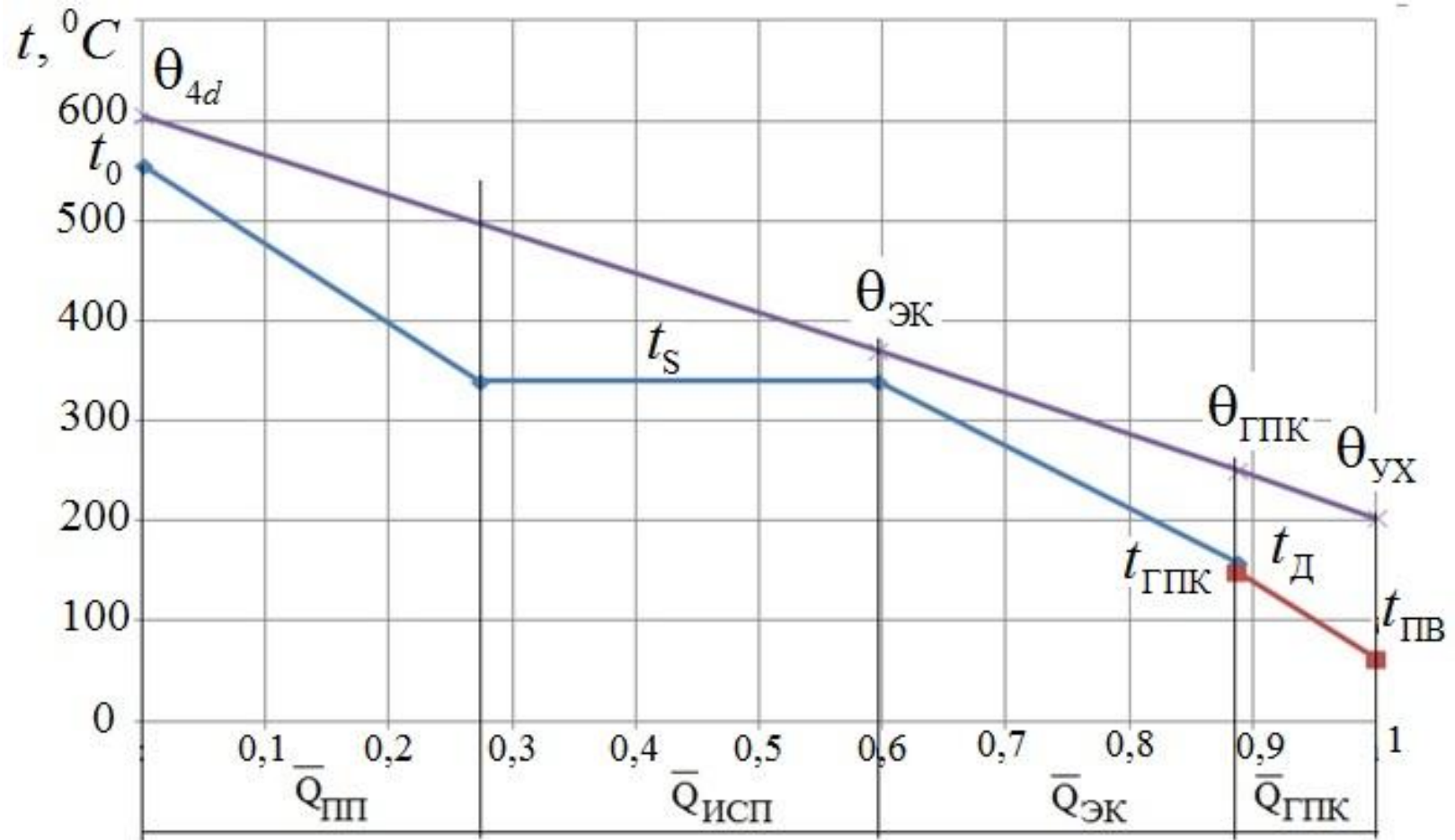




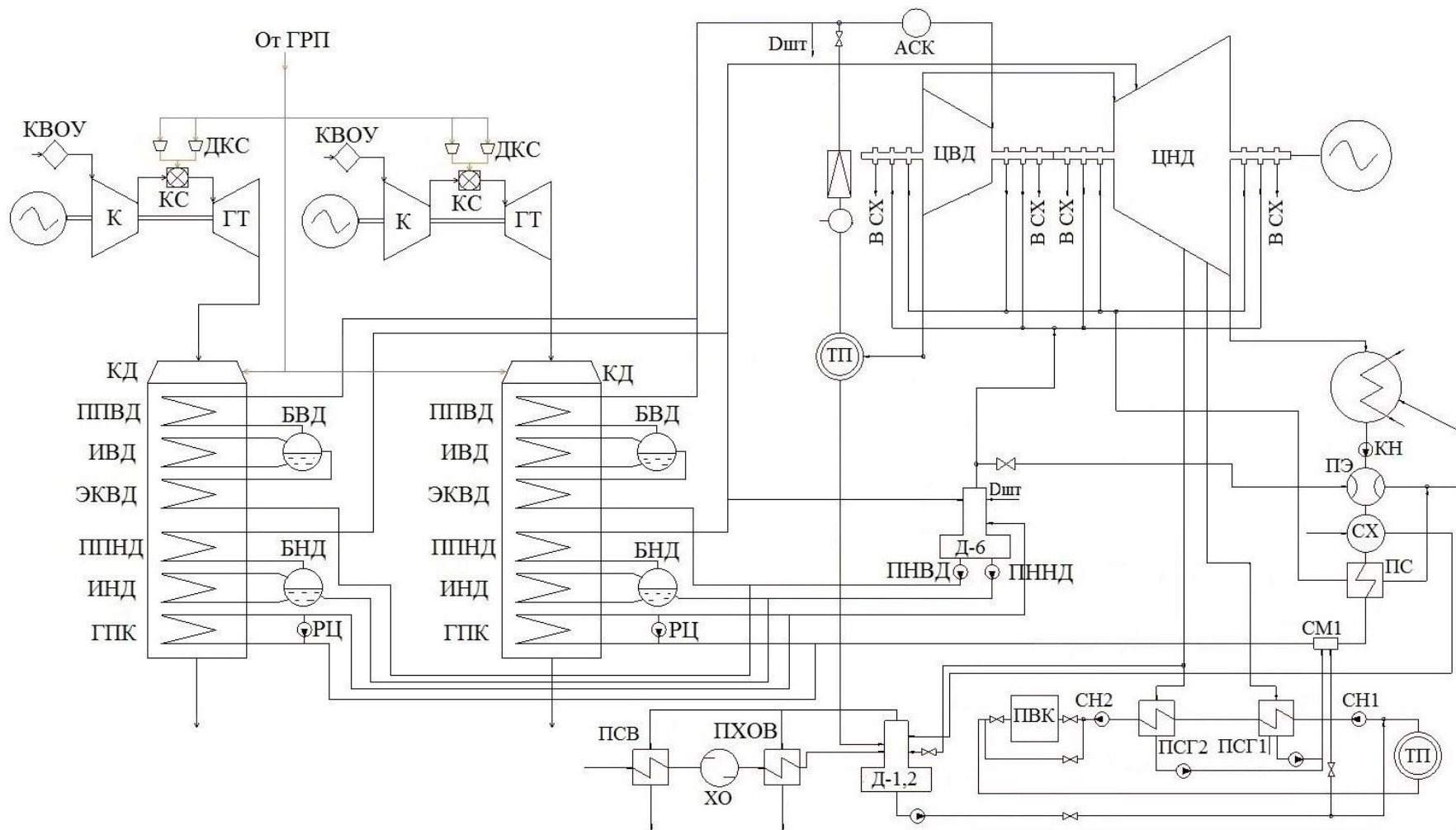
# Принципиальная тепловая схема ПГУ с одноконтурным КУ с дожиганием топлива



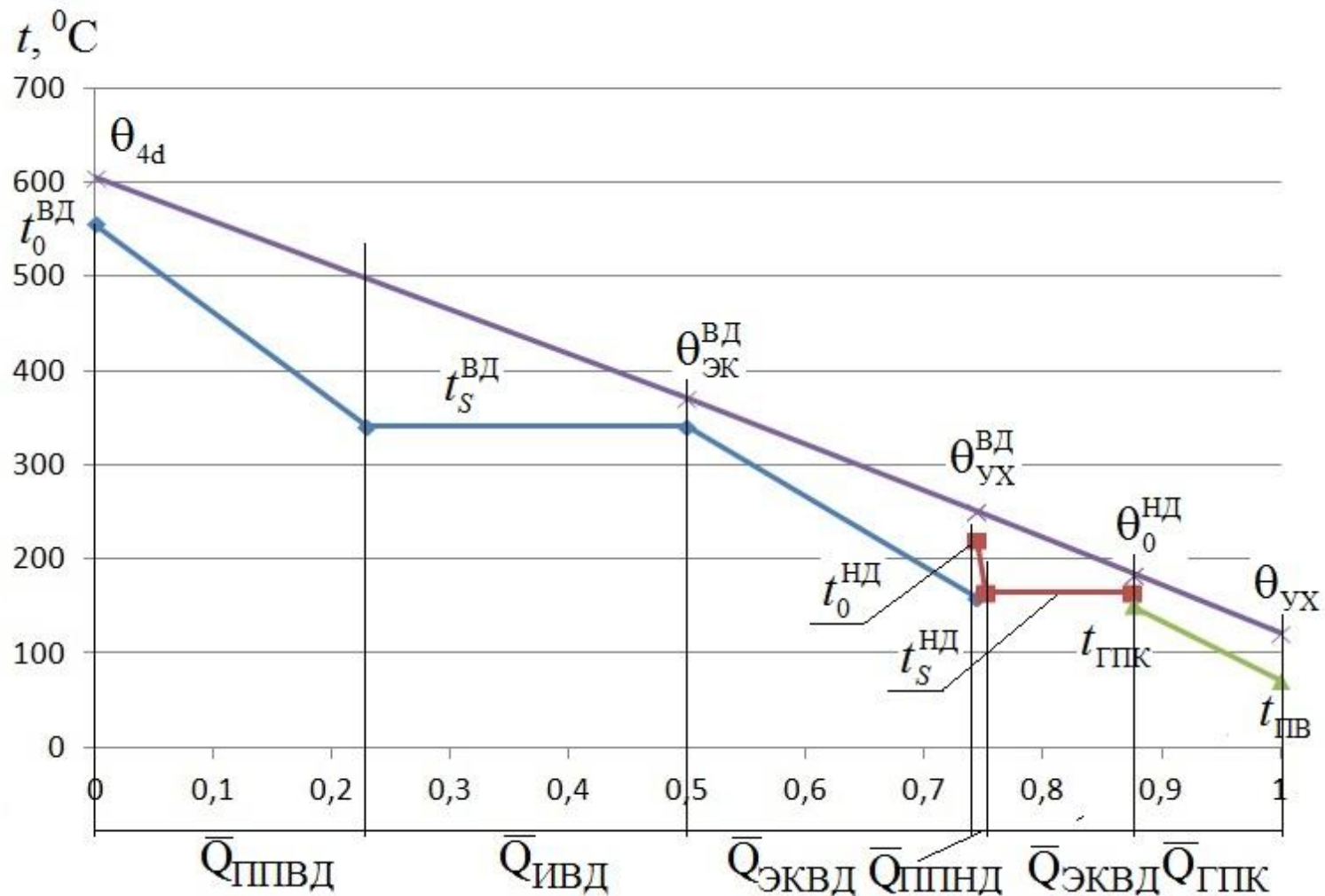
# $Q, t$ – диаграмма одноконтурного котла-утилизатора



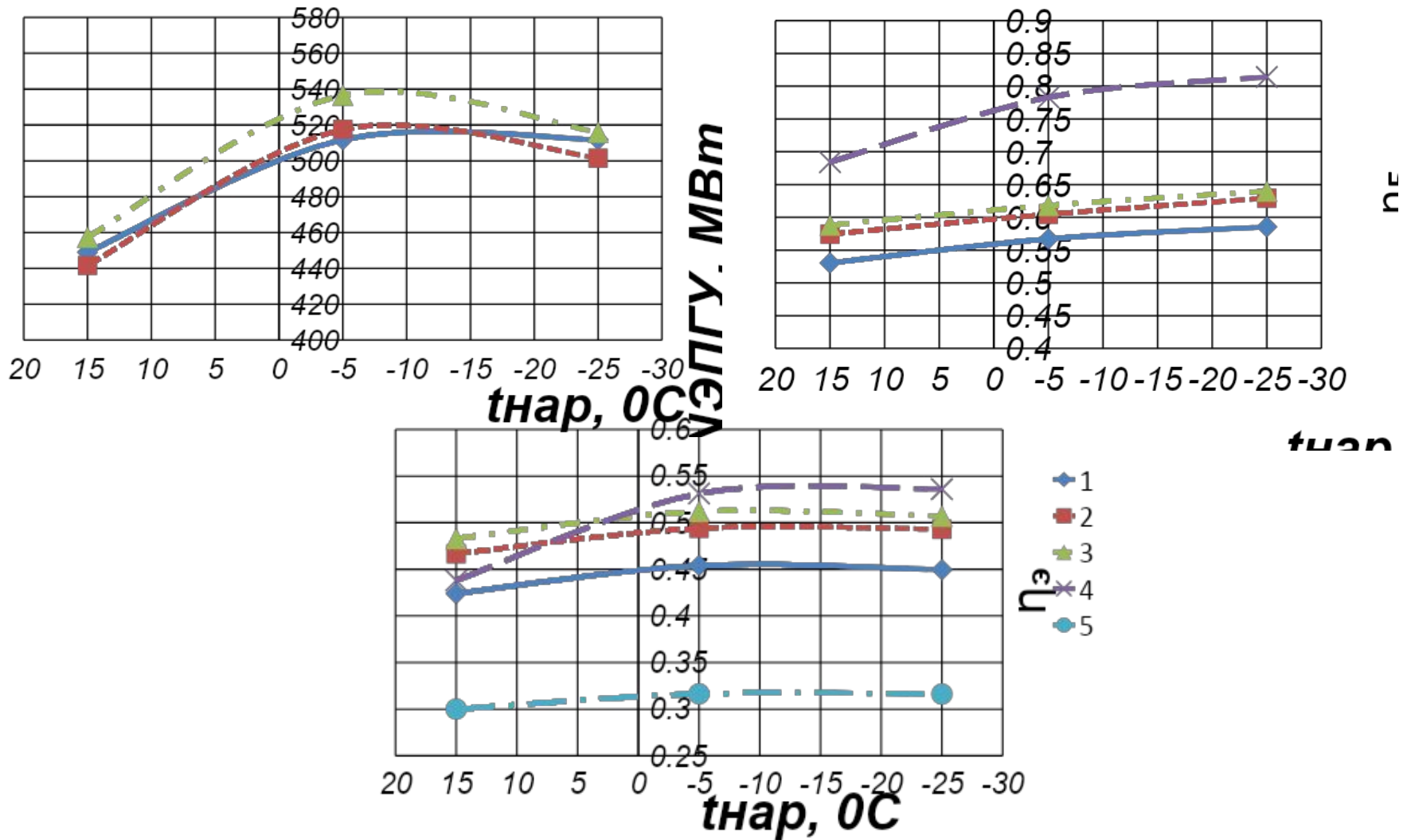
# Принципиальная тепловая схема ПГУ с двухконтурным КУ с дожиганием топлива



# $Q, t$ – диаграмма двухконтурного котла-утилизатора

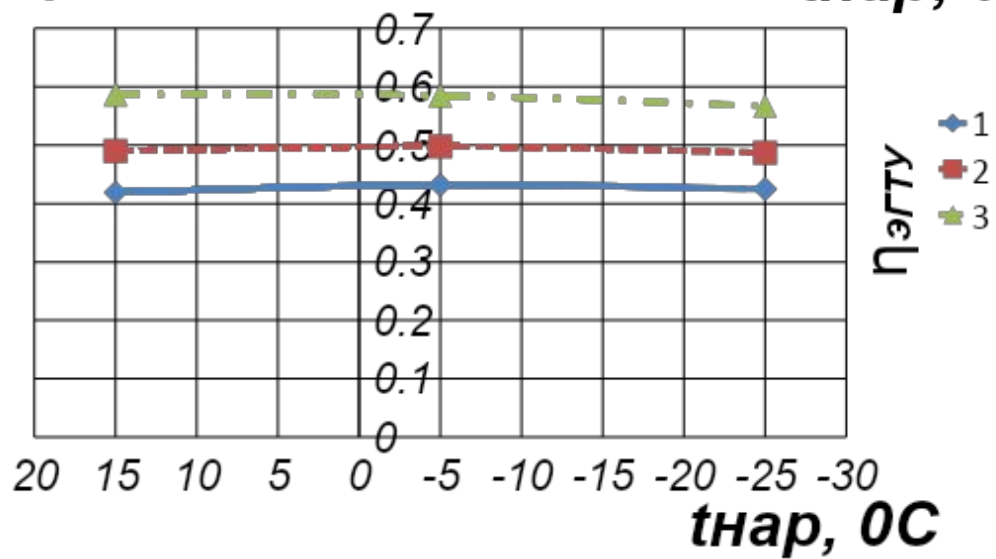
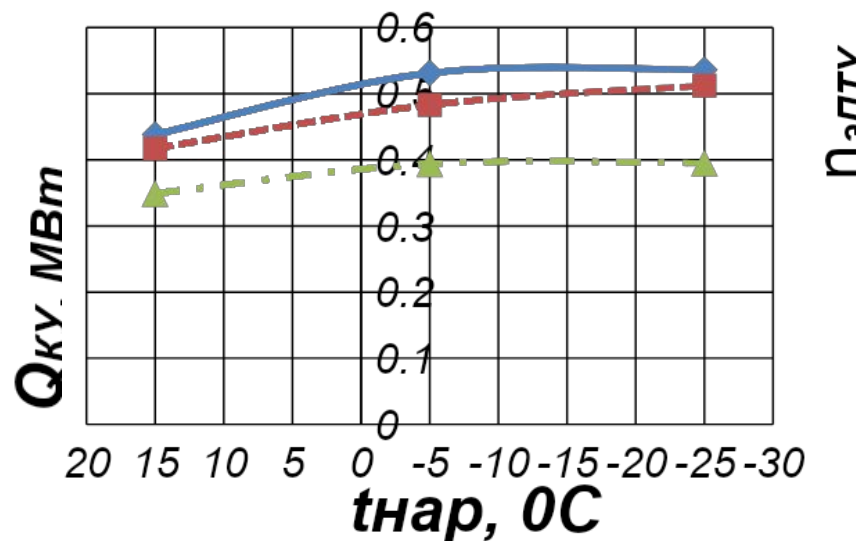
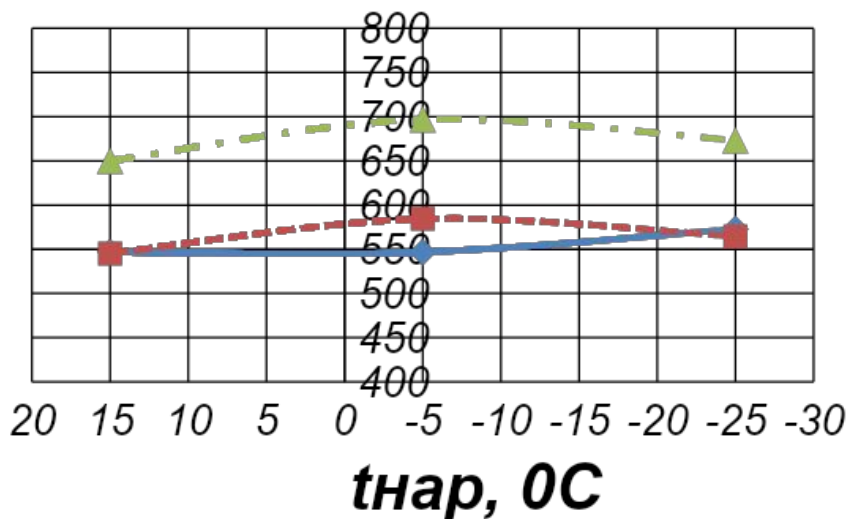


# Зависимости технико-экономических показателей ПГУ от $t_{нар}$



1 – ПГУ сбросного типа; 2 – ПГУ с одноконтурным КУ; 3 – ПГУ с двухконтурным КУ;  
4 – ПТУ; 5 – ГТУ;

# Зависимости технико-экономические показатели ПГУ от $t_{нар}$ (продолжение)

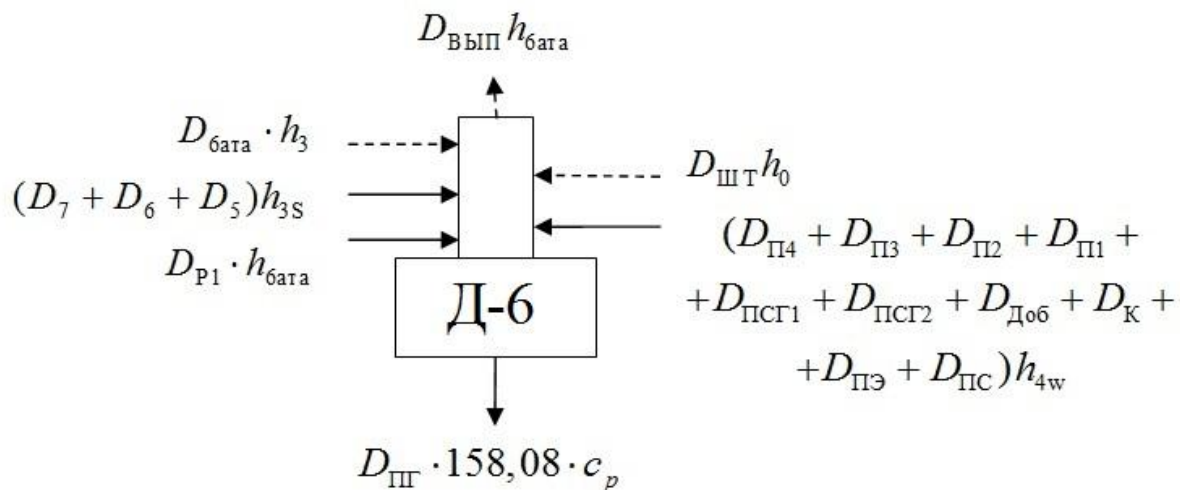


1 – ПГУ сбросного типа; 2 – ПГУ с одноконтурным КУ;

3 – ПГУ с двухконтурным КУ.

Уравнение теплового баланса для деаэратора Д-6  
и формула расчета мощности турбоустановки

$$\begin{aligned}
 & D_{\text{бара}} \cdot h_3 + (D_7 + D_6 + D_5)h'_3 + D_{\text{П1}} \cdot h_{\text{бара}} + D_{\text{ШТ}}h_0 + \\
 & + (D_{\text{П4}} + D_{\text{П3}} + D_{\text{П2}} + D_{\text{П1}} + D_{\text{ПСГ1}} + D_{\text{ПСГ2}} + D_{\text{До6}} + D_{\text{К}} + D_{\text{ПЭ}} + D_{\text{ПС}})h_{4w} = \\
 & = D_{\text{П}} \cdot 158,08 \cdot c_p + D_{\text{Вып}}h_{\text{бара}}.
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \frac{N_{\text{Э}}}{\eta_{\text{М}}\eta_{\text{Г}}} = & D_{\text{П7}}(h_0 - h_1) + D_{\text{П6}}(h_0 - h_2) + (D_{\text{П5}} + D_{\text{ПР}} + D_{\text{бара}})(h_0 - h_3) + \\
 & + D_{\text{П4}}(h_0 - h_4) + D_{\text{П3}}(h_0 - h_5) + (D_{\text{П2}} + D_{1,2\text{бара}} + D_{\text{ПСГ2}})(h_0 - h_6) + \\
 & + (D_{\text{П1}} + D_{\text{ПСГ1}})(h_0 - h_7) + D_{\text{К}}(h_0 - h_{\text{К}})
 \end{aligned}$$



# Выводы по работе

- Выполнен термодинамический расчет ГТЭ-150 в условиях ISO, а также расчет нагрузочных и климатических характеристик, результатом которых явились данные о параметрах состояния рабочего тела в основных точках цикла и показатели эффективности работы установки.
- Для ПТУ ПТ-135/165-139/15 составлен график тепловых нагрузок, рассчитаны значения внутренних относительных КПД отсеков, на основе чего выполнен расчет ее принципиальной тепловой схемы для трех режимов отопительной нагрузки.
- Выполнен расчет трех схем ПГУ, в результате которого получены значения технико-экономических показателей ПГУ.
- В целом эффективность базовой ПТУ (КПД «брутто») выше благодаря наличию теплового потребителя, тогда как КПД ГТУ относительно низкий. Однако эффективность по выработке электроэнергии у ПТУ выше только на режимах повышенной тепловой нагрузки.
- С повышением тепловой нагрузки КПД ПГУ «брутто» возрастает благодаря увеличению суммарного полезного отпуска энергии. Однако КПД ПГУ по выработке электроэнергии из трех рассчитанных режимов имеет максимум при  $t_{\text{нар}} = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , так как с дальнейшим понижением температуры наружного воздуха увеличивается расход топлива на ПВК, отрицательно влияющий на КПД установки.
- Среди рассмотренных типов ПГУ наиболее эффективной оказалась схема ПГУ с двухконтурным КУ благодаря наиболее полной утилизации теплоты уходящих газов ГТУ.
- В среде MS Excel была разработана программа расчета паротурбинных установок типа «ПТ»