

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ЗАМЕНЕ ПАРОТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЛОКОВ 300 МВт УТИЛИЗАЦИОННОЙ ПГУ ТРЕХ ДАВЛЕНИЙ

МОШКАРИН А.В., д-р техн. наук, ШЕЛЫГИН Б.Л., канд. техн. наук, МЕЛЬНИКОВ Ю.В., студ.

Представлены результаты исследований по выбору параметров парогазовых блоков утилизационного типа трех давлений и предварительные технические решения по реконструкции блоков 300 МВт ОАО «Костромская ГРЭС» на основе ПГУ.

Ключевые слова: паротурбинное оборудование, коэффициент полезного действия, котел-утилизатор.

THE TECHNICAL SUGGESTION OF STEAM TURBINE EQUIPMENT 300 MW UTILITY SGU TRIPLE THE PRESSURE SUBSTITUTION

MOSHKARIN A.V., Ph.D., SHELYGIN B.L., Ph.D., MELNIKOV Yu.V., student

The article contains the results of research on steam and gas utility units triple atmosphere parameter choice and preliminary technical solutions on 300 MW units of «Kostromskaya Hydropower Plant» PC refurbishment on the basis of SGU.

Key words: steam turbine equipment, efficiency, exhaust-heat boiler.

Одной из важнейших проблем современной российской энергетики является износ основных фондов и, в частности, износ оборудования паротурбинных установок. На сегодняшний день около 90% турбоустановок в России имеют возраст более 15 лет, при этом около 25% всех турбоустановок в 2005 г. исчерпали свой парковый ресурс. По оценкам РАО «ЕЭС России», прогрессирующее старение оборудования при одновременном росте спроса на электроэнергию (вследствие роста экономики) в 2008 г. приведет к дефициту ЕЭС России в 1,55 ГВт.

Подспорьем в решении вопроса обновления оборудования может стать реконструкция действующих ТЭС с использованием парогазовых технологий. Парогазовые установки утилизационного типа отличаются максимальной тепловой экономичностью. В связи с дефицитом инвестиционных ресур-

сов в энергетике реконструкция существующих паротурбинных блоков с внедрением парогазовых технологий должна проводиться с максимальным использованием существующего оборудования и инженерных коммуникаций ТЭС.

Энергоблоки 300 МВт являются наиболее распространенными на электростанциях РАО «ЕЭС России», их число, в различных модификациях, – 77 (из них 50 газомазутных). Поэтому актуальность разработки проекта реконструкции этого энергоблока не вызывает сомнений.

Концерном «Силловые машины» разработан проект нового энергоблока ПГУ-270 трёх давлений с одновальной компоновкой агрегатов (рис. 1), включающего в себя газовую турбоустановку ГТЭ-180 ЛМЗ и паровую К-90-9 ЛМЗ, генератор ТЗВ-330-2У3 («Электросила») и котел-утилизатор ОАО «ПМЗ».

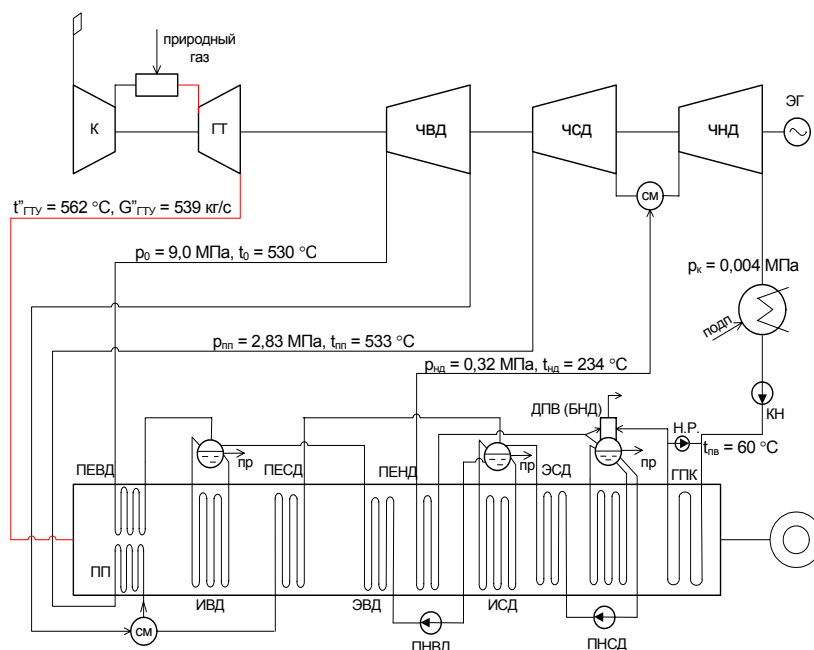


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема утилизационной ПГУ трех давлений

Реализовать этот проект в ближайшие годы невозможно в силу того, что ГТЭ-180 до сих пор не запущена в производство и ее доработка до серийного изготовления может занять 10 лет. Поэтому сотрудниками кафедры ТЭС и представителями ОАО «Костромская ГРЭС» было решено рассмотреть возможность использования зарубежного аналога – газовой турбины V94.2A (SGT5-3000E) компании Siemens AG.

Расчеты проводились для среднегодовой температуры наружного воздуха в районе Костромской ГРЭС (+5 °С). Исходные значения параметров газотурбинной установки для этих условий были приняты по данным фирмы Siemens: электрическая мощность ГТУ – 189 МВт; КПД ГТУ (нетто) – 35,4 %; массовый расход газов на выходе из газовой турбины – 539 кг/с; температура газов на выходе из газовой турбины – 562 °С. Величины температурных напоров поверхностей нагрева котла-утилизатора в первом приближении были приняты по рекомендациям ведущих российских и зарубежных фирм и институтов. В результате расчетных исследований ПГУ трех давлений (высокое – 9; среднее – 2,83; низкое – 0,32 МПа) было показано, что газовая турбина V94.2A может заменить ГТЭ-180 в ПГУ-270; при этом КПД ПГУ (нетто) трех давлений составит 53,2 %. Дополнительно в целях оптимизации параметров в контурах среднего и низкого давления паротурбинной части ПГУ были проведены многовариантные расчеты на ЭВМ, результаты которых представлены на рис. 2, из которого видно, что оптимальные значения отмеченных давлений выше принятых для турбины К-90-9 [1].

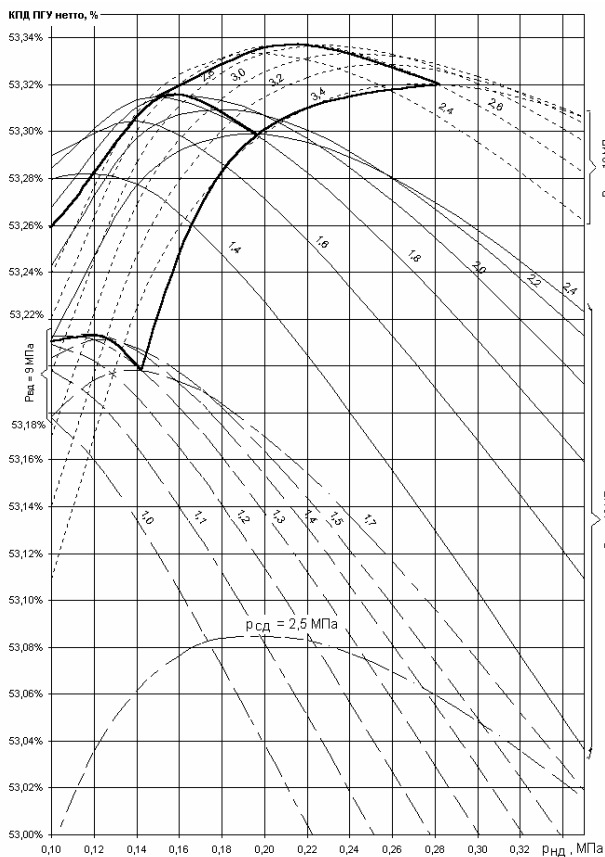


Рис. 2. Графические зависимости КПД ПГУ нетто от значений давлений пара в контурах среднего и низкого давлений

При этом отклонение КПД ПГУ-270 с давлениями, обусловленными использованием ПТ К-90-9, от максимального значения составляет 0,22 % (по абсолютной величине). Такое снижение экономичности незначительно, так как использование готовой паровой турбины гарантирует снижение объема дальнейших технических проработок ПГУ. Следует отметить, что в случае изменения проекта использование более высоких значений давлений в контурах среднего и низкого давления позволит уменьшить диаметры трубопроводов и гидравлические потери в них.

Наиболее сложным этапом проектирования ПГУ стал детальный расчет котла-утилизатора, проведенный с использованием программы «Boiler Designer» российской фирмы «OPTSIM-K» и германской «KED». Программа позволяет осуществлять высокоточный структурный и поверочный расчет котла-утилизатора, а также аэродинамический расчет газовоздушного тракта и гидродинамический расчет пароводяного тракта.

Конструктивные характеристики поверхностей нагрева принимались стандартными для продукции ОАО «Подольский машиностроительный завод».

Кроме того, нами была разработана программа расчета тепловой схемы ПГУ, позволяющая учитывать:

- изменение характеристик ГТУ в результате перевода ее с автономного режима работы на работу в составе ПГУ из-за аэродинамического сопротивления котла-утилизатора;
- гидравлическое сопротивление трубопроводов, поверхностей нагрева и тепловые потери в паропроводах свежего пара, а также потери на дросселирование и с выходной скоростью в паровой турбине;
- подогрев основного конденсата и питательной воды в насосах;
- затраты электроэнергии на приводы всех насосов ПТУ.

Программа позволяет выводить на экран монитора и в отчет t, Q -диаграмму КУ (рис. 3) и условный процесс расширения пара в паровой турбине (рис. 4).

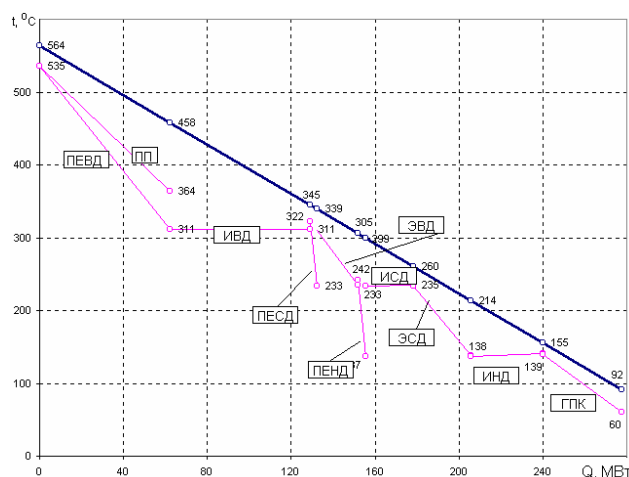


Рис. 3. t, Q -диаграмма котла-утилизатора

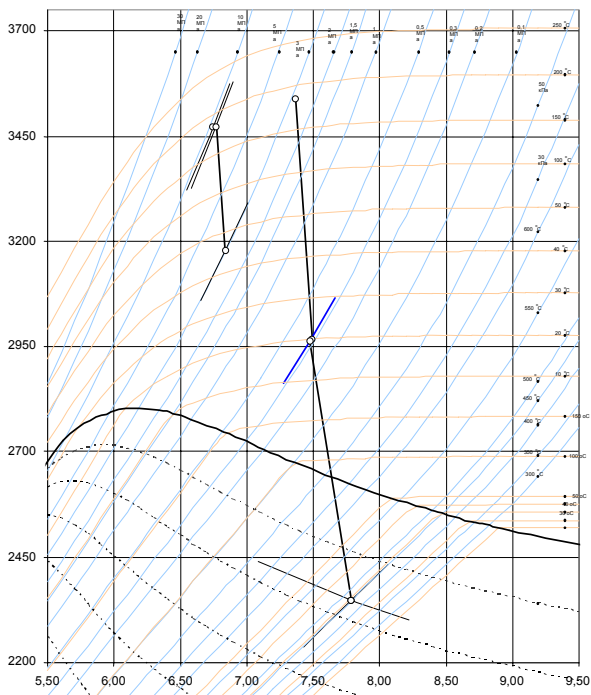


Рис. 4. Условный процесс расширения пара в турбине К-90-9 в h,s-диаграмме

В результате работы с этими программами были получены следующие данные:

- точные конструктивные характеристики всех поверхностей нагрева (табл. 1) и газохода котла-утилизатора и габаритные размеры всего КУ в целом;
- термодинамические свойства воды и пара по всем трактам котла-утилизатора и в характерных точках тепловой схемы;
- термодинамические характеристики газов по всему тракту котла-утилизатора;
- статические температурные поля металла труб поверхностей нагрева;
- полный комплекс энергетических характеристик ПГУ (табл. 2).

Таблица 1. Основные характеристики элементов котла-утилизатора

Наименование элементов котла-утилизатора	Расход среды на выходе, кг/с	Давление среды на входе, МПа	Поверхность нагрева, м ²
Экономайзер ВД (1 ступень)	52,25	10,19	9613,06
Экономайзер ВД (2 ступень)	51,36	10,09	5432,23
Испаритель ВД	513	10,01	29584,37
Пароперегреватель ВД (1 ступень)	50,6	10	12905,83
Пароперегреватель ВД (2 ступень)	51,49	9,7	8066,14
Экономайзер СД	65,85	2,98	19226,12
Испаритель СД	160	2,88	19722,91
Пароперегреватель СД	13,44	2,87	3204,35
Газовый подогреватель конденсата	115,16	0,46	54470,1
Испаритель НД	190	0,33	29584,37
Пароперегреватель НД	15,04	0,32	836,62
Промежуточный пароперегреватель	66,99	2,97	24306

Таблица 2. Энергетические характеристики ПГУ с ГТУ V94.2A (SGT5-3000E) Siemens AG и ПТУ К-90-9 ОАО «ЛМЗ»

Температура уходящих газов, °С	91,5
Общее тепловосприятие котла-утилизатора, МВт	277,5
Электрическая мощность ПТУ (брутто), МВт	98,5
Электрическая мощность ПГУ (нетто), МВт	284,8
Расход электроэнергии на привод насосов, МВт	1,20
Конечная влажность пара в ЦНД, %	8,6%
КПД энергоблока (нетто), %	53,35%

На рис. 5 приведена схема котла-утилизатора горизонтального типа с указанием его габаритов. На рис. 6 показано компоновочное решение по размещению нового оборудования в ячейке блока 300 МВт первой очереди ОАО «Костромская ГРЭС».

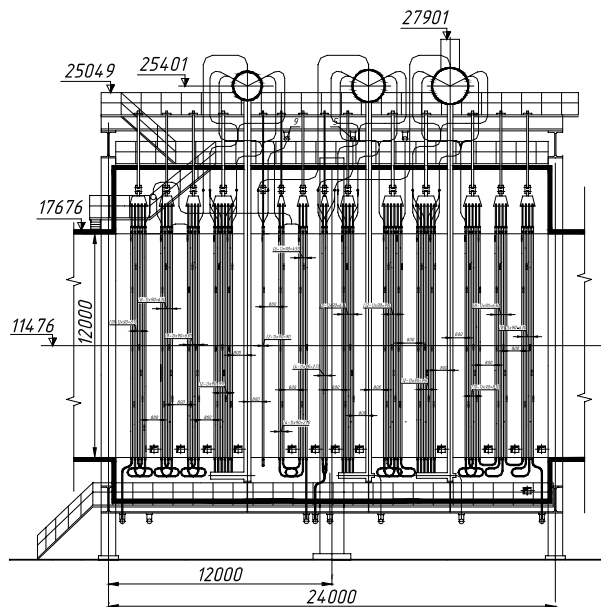


Рис. 5. Схема продольного разреза котла-утилизатора для ПГУ-270

Таким образом, в предлагаемом проекте ПГУ максимально используются электротехническая часть, система техводоснабжения и строительные конструкции энергоблока 300 МВт, что потенциально может означать снижение уровня необходимых инвестиций в реализацию проекта на 50–60 %.

Несомненный интерес вызывает исследование работы энергоблока в различных режимах (при переменной нагрузке и при климатологических изменениях) и оценка экономической эффективности инвестиционного проекта.

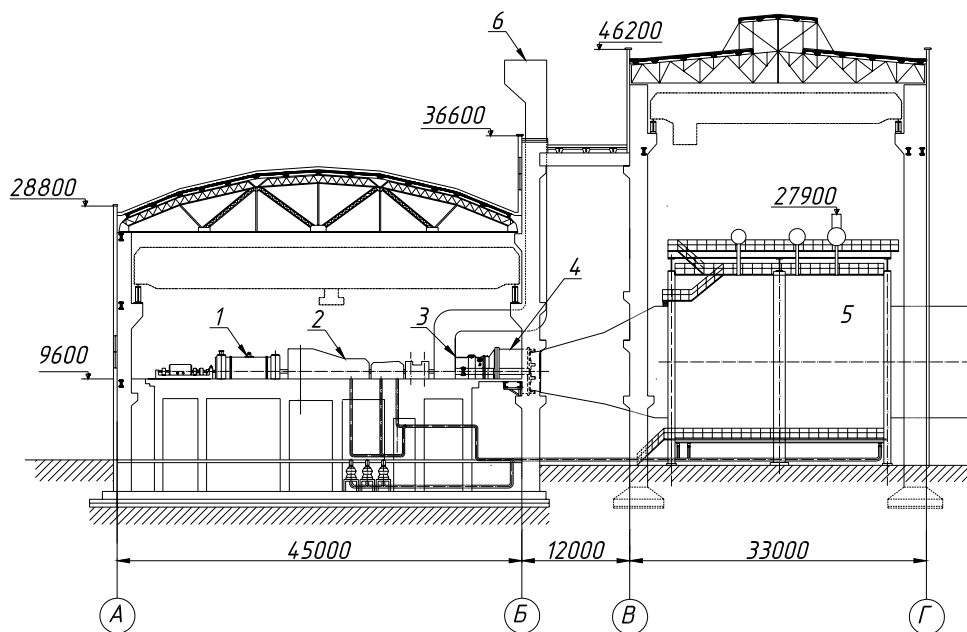


Рис. 6. Схема поперечного разреза главного корпуса первой очереди Костромской ГРЭС с парогазовым блоком 270 МВт: 1 – электрогенератор; 2 – паровая турбина К-90-9; 3 – компрессор ГТУ Siemens SGT5-3000; 4 – газовая турбина ГТУ Siemens SGT5-3000; 5 – котел-утилизатор; 6 – КВОУ (комплексное воздухоочистительное устройство)

Список литературы

1. Мошкарин А.В., Мельников Ю.В. Оптимизация давлений в трехконтурной утилизационной ПГУ: Мат-лы

IV РНПК «Повышение эффективности теплоэнергетического оборудования», 18–19 ноября 2005 г. – Иваново, 2005. – С. 3–6.