

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПГУ 420 МВт НЯГАНСКОЙ ГРЭС

А.С. Петров\*, И.А. Ростунцова\*

\* Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, [rostunzeva@mail.ru](mailto:rostunzeva@mail.ru)

*Аннотация.* Представлены схемные решения повышения эффективности ПГУ-420 МВт Няганской ГРЭС. Дано описание различных вариантов подачи основного конденсата в котел-утилизатор. Предварительно выбрана наиболее эффективная схема.

*Ключевые слова:* парогазовая установка, промперегрев пара, эффективность схемы, трехконтурная ПГУ.

## THE QUESTION EFFICIENCY 420 MW CCGT NYAGAN GRES

A.S. Petrov \*, I.A. Rostuntsova\*

\* Yuri Gagarin state technical university of Saratov,  
Saratov, Russia, [rostunzeva@mail.ru](mailto:rostunzeva@mail.ru)

*Annotation.* Presented schematics improve efficiency CCGT-420 MW Nyagan GRES. A description of various embodiments of main condensate feed to the recovery boiler. Pre-select the most effective scheme.

*Keywords:* combined-cycle plant, promperegreve steam, efficiency of the scheme, three-loop PSU.

Одним из направлений развития энергетики России является широкое внедрение комбинированных парогазовых установок (ПГУ), в которых используется тепло выхлопных газов газотурбинной установки (ГТУ) [1-3].

Самым крупным инвестиционным проектом в энергетике и одна из самых крупных тепловых электростанций в мире, работающих на широтах севернее 62° является Няганская ГРЭС. Установленная мощность станции -1269,8 МВт. В своем составе станция имеет три блока: первый энергоблок мощностью 420,9 МВт, второй - мощностью 424 МВт, третий - мощностью 424,681 МВт.

Для блока 420 МВт рассмотрены схемные решения повышения эффективности установки.

Базовым вариантом является тепловая схема блока ПГУ-420 МВт с трехконтурным котлом-утилизатором с промперегревом пара E-270/316/46-12,5/3,0/0,46-560/560/237, с силовой установкой производства Siemens, включающей расположенные на одном валу: комплектную газотурбинную установку SGT5-4000F, комплектную паротурбинную установку SST5-3000 с осевым конденсатором SCon1000, турбогенератором SGen5-2000H с водородным охлаждением, вспомогательное общеплощное оборудование и деаэрационной установкой, включенная по основному конденсату после ГПК и питаемая паром от паропровода низкого давления.

Технические характеристики блока ПГУ 420 МВт по базовому варианту представлены в табл.1.

Таблица 1. Технические характеристики блока ПГУ 420 МВт (базовый вариант)

Характеристика энергоблока	Гарантийные показатели по контракту	Фактические показатели по результатам испытаний	Повышение фактических показателей
Мощность электрическая брутто, МВт	418,4	422,4	+4,0
Мощность потребителей собственных нужд, %	2,1%	1,2%	-0,9%
Мощность электрическая нетто, МВт	410	417,3	+7,3

Характеристика энергоблока	Гарантийные показатели по контракту	Фактические показатели по результатам испытаний	Повышение фактических показателей
КПД брутто, %	58,77	59,5	+0,73%
КПД нетто, %	57,59	58,79	+1,20%
Удельный расход условного топлива брутто, гут/кВтч	209,3	206,7	-2,6
Удельный расход условного топлива нетто, гут/кВтч	213,6	209,2	-4,4
Содержание оксидов азота в уходящих газах, мг/м <sup>3</sup>	Не более 50	21,4	-28,6

Схемные решения отличаются вариантами подачи основного конденсата в котел-утилизатор:

**- вариант 1.** В тепловую схему включается автономный деаэратор повышенного давления, питаемый паром из барабана низкого давления и установленный после газового подогревателя конденсата (ГПК). Питательные насосыВД, СД и НД установлены после деаэратора. Осуществляется рециркуляция основного конденсата в ГПК. Выхлопные газы ГТУ поступают в трехконтурный горизонтальный котел-утилизатор, где охлаждаются, проходя последовательно поверхности нагрева. Основным конденсатом из конденсатора паровой турбины откачивается конденсатным насосом, проходит БОУ, затем направляется в ГПК котла-утилизатора. После ГПК конденсат подается в деаэратор, откуда питательная вода насосами низкого высокого/среднего давлений подается в барабан низкого давления, экономайзеры высокого и среднего давления. В экономайзер среднего давления питательная вода поступает из промежуточной питательной насоса высокого/среднего давления. Отработав в ЦВД, пар поступает в трубопровод пара холодного промпрегрева. После смешения с паром СД поток направляется на промпрегрев. После пароперегревателя среднего давления пар по трубопроводу направляется в паровую турбину.

**- вариант 2.** В тепловую схему включается автономный вакуумный деаэратор, установленный после ГПК. Питательные насосыВД, СД и НД установлены после ГПК.

Отличием данной схемы является использование вакуумного деаэратора. Давление пара в деаэраторе поддерживается 20 кПа, чтобы температура деаэрированной воды составила 60 °С. Деаэрация конденсата в штатном режиме осуществляется перегретой водой после ГПК. Использование данной схемы позволяет заполнить котел-утилизатор перед пуском деаэрированной водой.

Основным конденсатом из конденсатора паровой турбины откачивается конденсатным насосом, проходит БОУ, затем направляется в вакуумный деаэратор. Деаэрированная вода поступает в ГПК, где нагревается и подается на всас питательного насоса высокого/среднего давления. Часть нагретого конденсата подается в вакуумный деаэратор. Расход подаваемого в деаэратор конденсата регулируется регулирующим клапаном так, чтобы поддерживать температуру воды не ниже 60 °С. Подача питательной воды в барабан низкого давления осуществляется из напорного коллектора ПЭН СД

**- вариант 3.** В тепловую схему включается автономный вакуумный деаэратор, установленный на выходе из котла-утилизатора. Питательные насосыВД, СД и НД установлены после деаэратора. Основным конденсатом из конденсатора паровой турбины откачивается конденсатным насосом, проходит БОУ, затем направляется в вакуумный деаэратор. Деаэрированная вода поступает в питательный коллектор, откуда направляется в контур деаэратора и на всас ПЭН. Нагретый конденсат подается в вакуумный деаэратор. Расход подаваемого в деаэратор конденсата регулируется регули-

рующим клапаном. Особенностью данной схемы является расположение поверхностей нагрева в газоходе: экономайзеры высокого и среднего давлений и поверхность Д, в которой нагревается вода вакуумного деаэрата, расположены в одной температурной зоне - на выходе из котла. Подача питательной воды в барабан низкого давления осуществляется из напорного коллектора ПЭН СД

**- вариант 4.** В тепловую схему включается автономный деаэратор повышенного давления, питаемый паром из барабана низкого давления и установленный после газового подогревателя конденсата. Питательные насосы ВД, СД и НД установлены после деаэрата. Осуществляется регенеративный подогрев основного конденсата в водяном теплообменнике (ВВТО). В данном варианте деаэрация происходит в вынесенном деаэраторе фирмы Stork. Выхлопные газы ГТУ поступают в трехконтурный горизонтальный котел-утилизатор, где охлаждаются, проходя последовательно поверхности нагрева. Основной конденсат из конденсатора паровой турбины откачивается конденсатным насосом. Нагретый конденсат после первого пакета ГПК поступает в ВВТО, нагревая конденсат из конденсатора до температуры не менее 60 °С. После теплообменника конденсат направляется во второй пакет ГПК. После ГПК недогретый до температуры насыщения конденсат поступает в выносной деаэратор. Пар на деаэрацию отбирается из барабана НД котла-утилизатора. Отработав в ЦВД, пар поступает в трубопровод пара холодного промперегрева. После смешения с паром СД, пар направляется на промперегрев. Далее пар по трубопроводу направляется в паровую турбину. Затем пар через стопорные и регулирующие клапана поступает в ЧСД. Пар НД через стопорные и регулирующие клапана поступает в турбину, где, смешавшись с паром СД, проходит ЧНД, после чего отработавший пар сбрасывается в конденсатор паровой турбины.

Анализ представленных выше принципиальных схем показывает:

Достоинством вариантов 1 и 4 является использование для деаэрации насыщенного пара из барабана низкого давления. Вариант 4 не предусматривает рециркуляционные насосы ГПК, вместо них устанавливается регенеративный ВВТО. При необходимости учитывать, что в обоих вариантах при работе котла-утилизатора под нагрузкой в штатном режиме через ГПК будет проходить недеаэрированный конденсат. Для обеспечения надежной работы деаэрата ГПК должен быть оснащен регулируемым байпасом по конденсату. Особенностью вариантов 2 и 3 является использование вакуумного деаэрата при давлении пара 20 - 25 кПа, работающего на нагретом в ГПК конденсате. Эти варианты отличаются от вариантов 1 и 4 большей простотой, так как деаэрация конденсата (предпусковая и штатная) осуществляется перед ГПК. Наиболее простым является вариант 2.

В дальнейшем будет проведено технико-экономическое сравнение вариантов схемных решений по приросту КПД и экономии удельного расхода условного топлива.

#### Библиографический список

1. Степанов И. Р. Парогазовые установки. Основы теории, применение и перспективы. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2000. 706 с.
2. Ольховский Г. Г. Энергетические газотурбинные установки. М.: Энергоатомиздат, 1985. 298 с.
3. Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А. Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Под. ред. С. В. Цанева. М.: МЭИ, 2002. 584 с.