

УДК 62-176.2

Гафуров Н.М.

студент

5 курс, факультет «Энергонасыщенных материалов и изделий»

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Бобин Д.Н.

к.т.н., доцент

старший научный сотрудник УНИР

ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Россия, г. Казань

**СПОСОБ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ БИНАРНОГО ЦИКЛА НА БАЗЕ
КОНДЕНСАЦИОННОЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ТИПА К-1250-6,9/25
ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ В 12°С**

Представлены результаты исследования по повышению термодинамической эффективности паровой турбины типа К-1250-6,9/25 с помощью бинарного цикла, охлаждаемого водой при допустимой температуре в 12°С.

Ключевые слова: паровая турбина, бинарный цикл, сжиженный пропан.

Gafurov N.M.

5th year student, faculty of «Energy-intensive materials and products»

«KNRTU»

Bobin D.N.

cand.tech.sci., associate professor

senior research associate «Office of research, innovation and development»

«KSPEU»

Russia, Kazan

METHOD OF IMPLEMENTATION OF THE BINARY CYCLE ON THE BASIS OF CONDENSING STEAM TURBINE TYPE K-1250-6,9/25 AT THE TEMPERATURE OF COOLING WATER IN 12°C

The results of a study on increasing the thermodynamic efficiency of steam turbine type K-1250-6,9/25 with the help of binary cycle cooled by water at an admissible temperature of 12°C are presented.

Keywords: *steam turbine, binary cycle, liquefied propane.*

Одной из глобальной тенденции в последние годы стал рост спроса на сверхкрупные атомные блоки мощностью 1200 – 1700 МВт. Внедрение реакторов ВВЭР-1200 на Нововоронежской АЭС-2 и Ленинградской АЭС-2 потребовало создания более мощных паровых турбин типа К-1200-6,8/50 мощностью 1200 МВт, которые считаются одними из последних отечественных разработок компании «Силовые машины» [1].

Однако, в настоящее время известно, что специалисты ОАО «Турбоатом» разработали новую паровую турбину типа К-1250-6,9/25 номинальной мощностью 1250 МВт, которая предназначена для энергоблоков АЭС (атомная электростанция) нового поколения с реактором ВВЭР-ТОИ – типовой оптимизированный и информатизированный проект двухблочной АЭС с реактором ВВЭР-1300 (водо-водяной энергетический реактор). Предполагается, что реакторы данного типа будут заменять выбывающие энергоблоки старых АЭС, например, Курской АЭС в России.

Стоит отметить, что характерным отличием турбинных технологий для АЭС является абсолютное господство паровых конденсационных турбин насыщенного пара достаточно низких параметров, но при этом обладающая большей единичной мощностью (1000-1400 МВт), которая превышает производительность любых тепловых блоков на органическом топливе. К особенностям турбин современных АЭС относятся большие потоки пара, повышенные требования к влагоудалению внутри турбины, сепарации и

промежуточному перегреву пара, стойкости материалов к эрозии в присутствии влажного пара, обеспечению приемлемого КПД.

К примеру, в соответствии с представленными расчетными данными ОАО «Турбоатом» (табл. 1), в конденсаторе паровой турбины типа К-1250-6,9/25 поддерживается низкое давление пара равное 5,0 кПа, что соответствует температуре насыщения в 32,87°C. При этом суммарный расход пара в конденсаторе может достигать 975 кг/с при номинальных значениях расхода охлаждающей воды в 46111 кг/с с температурой в 20,7°C, что соответствует кратности охлаждения в 47 [2].

Таблица 1

Основные характеристики турбоустановки типа К-1250-6,9/25

Значение параметра, размерность	Величина
Начальная температура пара, °С	284,8
Начальное давление пара, МПа	6,9
Степень сухости пара	0,9965
Расход пара, т/ч	6608,49
Номинальное давление пара в конденсаторе, кПа	5,0
Расчетная температура охлаждающей воды, °С	20,7
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	166000
Номинальная мощность турбоустановки, МВт	1250
Частота вращения ротора, с ⁻¹ (об/мин)	25 (1500)
КПД турбоустановки, %	37,5

Известно, что процесс конденсации 1 кг отработавшего в турбине пара сопровождается высвобождением скрытой теплоты парообразования (ранее затраченная на испарение) равная примерно 2136 кДж/кг, которая отводится с помощью охлаждающей воды в окружающую среду. При этом потери теплоты в конденсаторе паровой турбины составляют примерно половины (45-50%) затрачиваемой теплоты в цикле.

Поэтому для снижения тепловых потерь или повторного его использования в цикле предлагается способ осуществления бинарного цикла на базе конденсационной паровой турбины типа К-1250-6,9/25, где реализуется термодинамический цикл Ренкина на основе парового контура с

отводом теплоты в холодном источнике (конденсаторе) второму контуру на низкокипящем рабочем теле – C_3H_8 (рис. 1). Причем охлаждение и сжижение низкокипящего рабочего газа C_3H_8 осуществляется технической водой окружающей среды при температуре в $12^\circ C$ [3, 4].

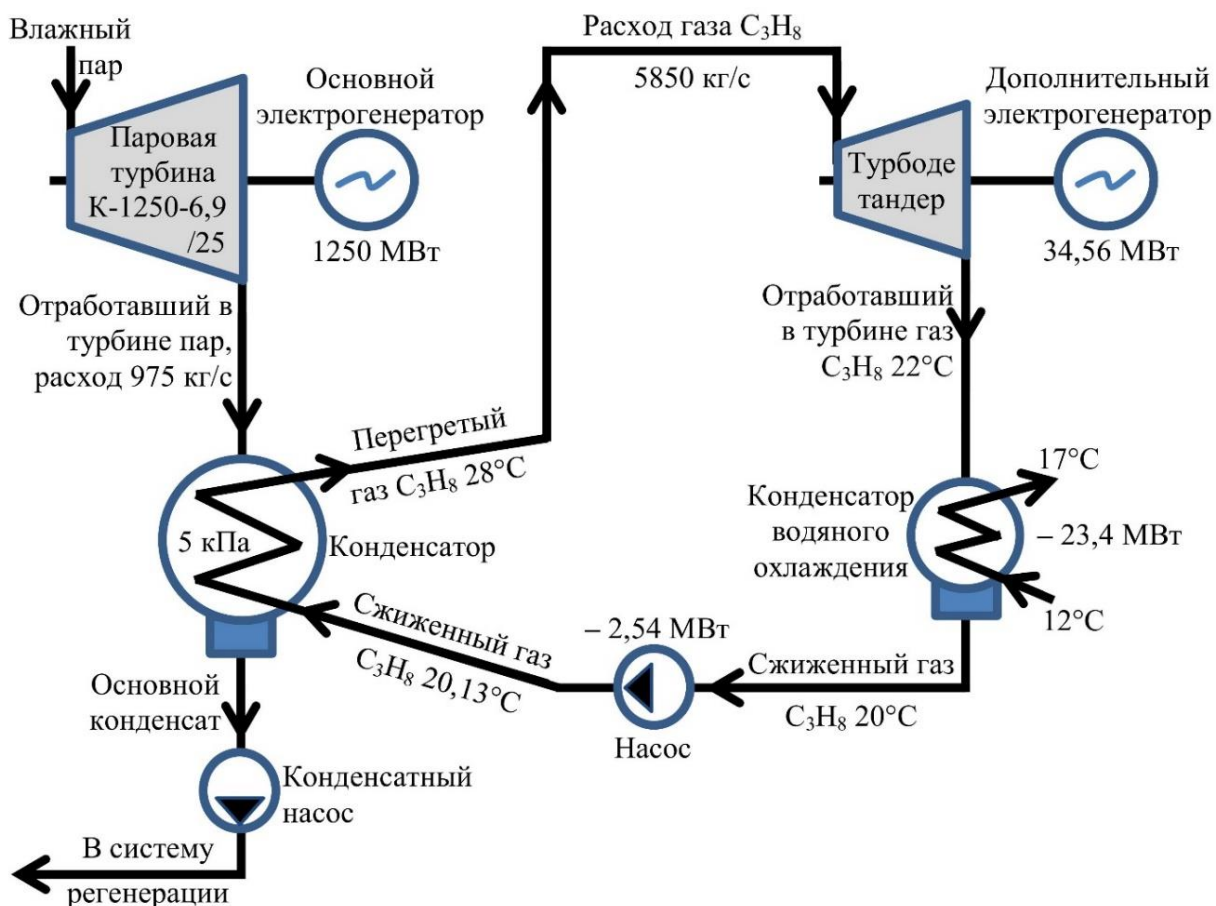


Рис. 1. Принципиальная схема осуществления бинарного цикла на базе конденсационной паровой турбины типа К-1250-6,9/25.

Представленная бинарная энергоустановка (рис. 1) работает следующим образом. Отработавший в турбине пар при давлении в 5,0 кПа охлаждается и конденсируется на поверхности конденсаторных трубок, внутри которых протекает охлаждающая жидкость. Полученный основной конденсат с помощью конденсатного насоса направляют в систему регенерации. В качестве охлаждающей жидкости используется сжиженный пропан C_3H_8 , который сжимают в насосе до давления 1,0 МПа и направляют в конденсатор паровой турбины типа К-1250-6,9/25 для охлаждения

отработавшего в турбине пара. Конденсация 975 кг/с пара сопровождается выделением скрытой теплоты парообразования равного примерно 2082 МВт, которая отводится на нагрев и испарение сжиженного газа C_3H_8 с расходом в 5850 кг/с до температуры перегретого газа в 28°C. На выходе из конденсатора паровой турбины полученный перегретый газ C_3H_8 направляют в турбодетандер, где в процессе расширения газа происходит снижение его температуры и давления, а мощность на валу турбодетандера передается соединенному на одном валу электрогенератору. После турбодетандера газообразный пропан с температурой в 22°C направляют в конденсатор водяного охлаждения, который охлаждается технической водой окружающей среды при допустимой температуре в 12°C. В процессе охлаждения газообразного пропана ниже его температуры насыщения происходит процесс интенсивного сжижения, после чего сжиженный газ с температурой в 20°C направляют в насос и цикл повторяется.

Нужно отметить, что температура (20,13°C) сжиженного газа на входе в конденсатор паровой турбины практически соответствует расчетной температуре традиционной системы охлаждения (табл. 1), при этом кратность охлаждения уменьшается до 6. Таким образом, минимально допустимый температурный перепад в 20,87°C обеспечивает дополнительную выработку полезной электрической мощности в 8,62 МВт во вторичном тепловом контуре бинарной энергоустановки без использования дополнительного топлива и без увеличения эмиссии вредных веществ.

Использованные источники:

1. Россия на турборынке: быстро – не всегда хорошо. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://atomicexpert-old.com/content/turborynok>.
2. Турбина паровая К-1250-6,9/25. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.atomeks.ru/mediafiles/u/files/Atomex_2013/Forum_materials_04.12/1_Levchenko_E.V..pdf.

3. Патент на изобретение №2560495 РФ. Способ работы тепловой электрической станции / Гафуров А.М., Гафуров Н.М. 20.08.2015 г.

4. Патент на изобретение №2560496 РФ. Способ работы тепловой электрической станции / Гафуров А.М., Гафуров Н.М. 20.08.2015 г.