

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 5°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 5°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 5°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 5°C are presented.

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

По итогам заседания Комиссии при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России, состоявшегося 22 июля 2009 года, Президентом России перед атомной отраслью в качестве одной из приоритетных на ближайшую перспективу была поставлена задача по оптимизации эксплуатационных характеристик водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР) [1].

Одним из путей решения поставленной задачи стало разработка проекта «ВВЭР-ТОИ» – создание типового оптимизированного, информатизированного проекта энергоблока технологии ВВЭР нового поколения III+, удовлетворяющего следующим технико-экономическим показателям: срок службы – 60 лет; мощность энергоблока электрическая – 1255 МВт, тепловая – 3300 МВт; КПД брутто энергоблока – 38%; исполнение паровой турбины – тихоходная.

В качестве тихоходной паровой турбины мощностью в 1255 МВт предусматривается использование одновальной конденсационной паровой турбины ARABELLE TM производства ООО «АЛЬСТОМ Атомэнергомаш» по лицензии «Alstom». Однако, имеются разработки компании ОАО «Турбоатом» по созданию тихоходных паровых турбин типа K-1250-6,9/25 с номинальной мощностью 1250 МВт для современных энергоблоков АЭС.

Несмотря на то, что существующие проекты реакторов ВВЭР-ТОИ направлены на снижение показателей по объему твердых радиоактивных отходов и выбросов, в настоящее время не решенным остается вопрос

термального (теплого) загрязнения окружающей среды, которое обусловлено использованием большого количества охлаждающей воды для осуществления процесса конденсации отработавшего в турбине влажного пара. При этом поглощение тепловой энергии осуществляется путем прямой прокачки пресной озерной или речной воды через теплообменник-конденсатор паровой турбины, и затем возвращение её в естественные водоёмы без предварительного охлаждения.

К примеру, конденсационные паровые турбины типа К-1250-6,9/25 характеризуются тем, что предназначены для выработки электроэнергии со значительным расходом пара в конденсатор до 975 кг/с, для охлаждения которого требуется примерно 46111 кг/с технической воды. Известно, что процесс конденсации 1 кг отработавшего в турбине пара сопровождается высвобождением скрытой теплоты парообразования 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 [2].

В настоящее время проводятся исследования и разработки новых систем охлаждения, в которых промежуточным теплоносителем вместо воды служит низкокипящее рабочее тело, которое испаряется в поверхностном конденсаторе паровой турбины, расширяется в турбодетандере и конденсируется затем в охладительной башне, где теплота конденсации передается наружному воздуху. Если учесть, что в зимний период времени конденсаторы паровых турбин типа К-1250-6,9/25 являются источниками сбросной низкопотенциальной теплоты с температурой в 32,87°C, а окружающая среда – прямой источник холода с допустимой температурой охлаждающей воды в 5°C, то имеющийся теплоперепад можно сработать с помощью контура циркуляции на низкокипящем рабочем теле [3, 4].

Таким образом, 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).

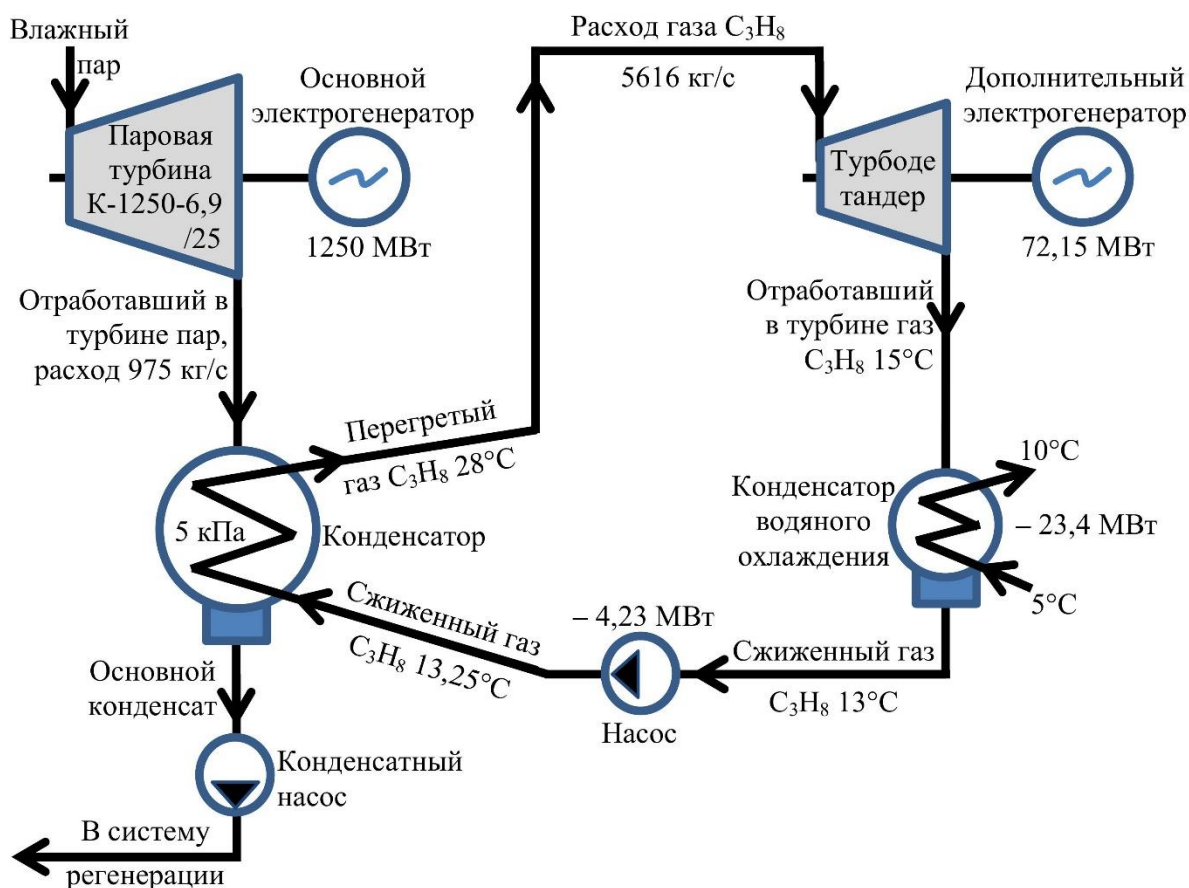


Рис. 1. Схема осуществления бинарного цикла на базе конденсационной паровой турбины типа К-1250-6,9/25 в зимний период времени.

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 5616 кг/с до температуры перегретого газа в $28^{\circ}C$. 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 $15^{\circ}C$ направляют в конденсатор водяного охлаждения, который охлаждается технической водой окружающей среды при допустимой температуре в $5^{\circ}C$. В процессе охлаждения газообразного пропана ниже его температуры насыщения происходит процесс интенсивного сжижения, после чего сжиженный газ с температурой в $13^{\circ}C$ направляют в насос и цикл повторяется.

Таким образом, допустимый температурный перепад в $27,87^{\circ}C$ обеспечивает дополнительную выработку полезной электрической мощности в 44,52 МВт во вторичном тепловом контуре бинарной энергоустановки без использования дополнительного топлива и без увеличения эмиссии вредных веществ. Если при этом учитывать затраты электрической мощности на циркуляционные насосы при традиционном способе охлаждения конденсаторов паровых турбин, что при расходе пара в конденсатор до 975 кг/с составило бы около 11,7 МВт, то можно говорить и о существенной экономии электроэнергии на собственные нужды станции.

Использованные источники:

1. ВВЭР-ТОИ. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/technology/29378>.
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.