

УДК 62-176.2

*Гатина Р.З.*

*студент*

*4 курс, факультет «Энергонасыщенных материалов и изделий»*

**ФГБОУ ВО «КНИТУ»**

*Гафуров А.М.*

*инженер I категории УНИР*

**ФГБОУ ВО «КГЭУ»**

*Россия, г. Казань*

**ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ БИНАРНОГО ЦИКЛА В СОСТАВЕ  
ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ТИПА ПТ-40/50-  
8,8/1,3 ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ В 28°C**

*Рассматривается способ работы бинарной энергоустановки в составе теплофикационной паровой турбины типа ПТ-40/50-8,8/1,3 при допустимой температуре охлаждающей воды в 28°C для летнего периода времени.*

*Ключевые слова: паровая турбина, бинарный цикл, низкокипящее рабочее тело.*

*Gatina R.Z.*

*4th year student, faculty of «Energy-intensive materials and products»*

**«KNRTU»**

*Gafurov A.M.*

*engineer of the I category «Management of research work»*

**«KSPEU»**

*Russia, Kazan*

## IMPLEMENTATION OF A BINARY CYCLE AS A PART OF A EXTRACTION TURBINE PT-40/50-8,8/1,3 AT AN TEMPERATURE OF THE COOLING WATER IN 28°C

*Mode of work of binary power installation as a part of a extraction turbine PT-40/50-8,8/1,3 at an admissible temperature of the cooling water in 28°C for a summer time span is considered.*

**Keywords:** *steam turbine, binary cycle, low-boiling working fluid.*

Современные теплофикационные паровые турбоагрегаты единичной мощностью до 80 МВт для непосредственного привода электрических генераторов и комбинированной выработки тепловой и электрической энергии используются в схемах с утилизацией теплоты или отходов основного технологического производства. Примером может служить опыт эксплуатации теплоэлектроцентрали Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) в утилизации доменного газа с использованием трех паросиловых блоков, каждый из которых включает в себя энергетический котел, паровую турбину типа ПТ-40/50-8,8/1,3 и электрогенератор [1].

Рассмотрим теплофикационную паровую турбину типа ПТ-40/50-8,8/1,3 (номинальной мощностью 40 МВт и начальными параметрами пара: давление 8,8 МПа и температура 535°C) производства Калужского турбинного завода (входит в состав «Силовые машины»). Данная паровая турбина характеризуется тем, что максимальная электрическая мощность турбоустановки 50 МВт достигается в конденсационном режиме с расходом пара в конденсатор до 40 кг/с при отсутствии производственной и тепловой нагрузки в летний период времени [2].

В конденсаторе паровой турбины типа ПТ-40/50-8,8/1,3 поддерживается низкое давление пара равное 17,85 кПа, что соответствует температуре насыщения в 57,62°C. Процесс конденсации 1 кг пара сопровождается высвобождением скрытой теплоты парообразования (ранее

затраченная на испарение) равная примерно 2090 кДж/кг, которая в настоящее время отводится с помощью охлаждающей воды в окружающую среду. 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. Зачастую это может приводить к уменьшению содержания в воде растворенного кислорода, увеличению развития водной растительности, а в ряде случаев оказывать вредное воздействие на ценные виды холодолюбивых рыб.

Таким образом в летний период времени конденсаторы паровых турбин типа ПТ-40/50-8,8/1,3 являются источниками сбросной низкопотенциальной теплоты с температурой в 57,62°C, а окружающая среда – прямой источник холода с допустимой температурой охлаждающей воды в 28°C. Имеющийся теплоперепад можно сработать с помощью бинарной энергоустановки с замкнутым контуром циркуляции на низкокипящем рабочем теле.

То есть предлагается использование бинарной энергоустановки в составе теплофикационной паровой турбины типа ПТ-40/50-8,8/1,3, где реализуется термодинамический цикл Ренкина на основе парового контура с отводом теплоты в холодном источнике второму контуру на низкокипящем рабочем теле (рис. 1). В качестве низкокипящего рабочего тела для бинарной энергоустановки в составе паровой турбины типа ПТ-40/50-8,8/1,3 предлагается использовать сжиженный пропан  $C_3H_8$  [3].

Бинарный термодинамический цикл представляет собой совокупность двух термодинамических циклов, осуществляемых двумя рабочими телами так, что теплота, отводимая в одном цикле, используется в другом цикле.

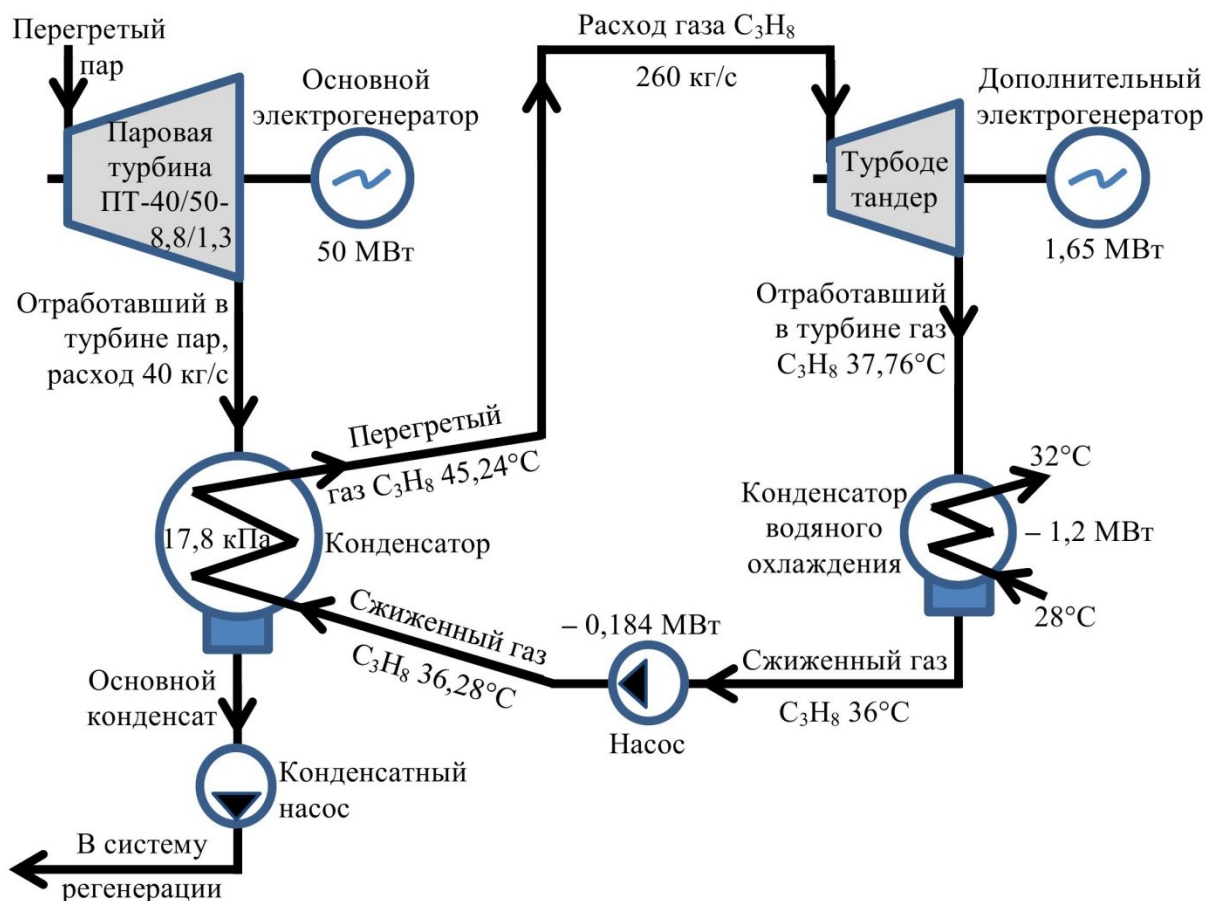


Рис. 1. Принципиальная схема бинарной энергоустановки в составе теплофикационной паровой турбины типа ПТ-40/50-8,8/1,3 при конденсационном режиме работы (отсутствии производственной и тепловой нагрузки) в летний период времени.

Представленная бинарная энергоустановка (рис. 1) работает следующим образом. Отработавший в паровой турбине влажный пар (3%-10%) при давлении в 17,85 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 1,54 МПа и направляют в конденсатор паровой турбины типа ПТ-40/50-8,8/1,3 для охлаждения отработавшего в турбине влажного пара. Конденсация 40 кг/с пара сопровождается

выделением скрытой теплоты парообразования равного примерно 83,6 МВт, которая отводится на нагрев и испарение сжиженного газа  $C_3H_8$  с расходом в 260 кг/с до температуры перегретого газа в 45,24°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 37,76°C направляют в конденсатор водяного охлаждения, который охлаждается технической водой окружающей среды при допустимой температуре в 28°C для летнего периода времени. В процессе охлаждения газообразного пропана ниже его температуры насыщения происходит процесс интенсивного сжижения, после чего сжиженный газ с температурой в 36°C направляют в насос и цикл повторяется [4, 5].

Известно, что при традиционном способе охлаждения 1 кг пара в конденсаторе паровой турбины требуется прокачивать около 45-60 кг охлаждающей воды с затратами электрической мощности на циркуляционные насосы в среднем 12 кВт. В данном случае при расходе пара в конденсатор до 40 кг/с затраты электрической мощности на циркуляционные насосы составили бы около 0,48 МВт.

Таким образом, использование бинарной энергоустановки в составе теплофикационной паровой турбины типа ПТ-40/50-8,8/1,3 в летний период времени с допустимым температурным перепадом в 29,62°C обеспечивает экономию расхода электроэнергии на собственные нужды станции (промышленных предприятий) и позволяет дополнительно вырабатывать электроэнергию в 0,266 МВт без использования дополнительного топлива и без увеличения эмиссии вредных веществ.

### **Использованные источники:**

1. Салманов А.А. Утилизационная ТЭЦ Новолипецкого металлургического комбината. // Турбины и дизели. – 2012. – №5. – С. 2-5.
2. Паровые турбины малой и средней мощности производства КТЗ. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://oaoktz.ru/products/steam\\_turbines/Default.aspx?section\\_id=232&element\\_id=15163](http://oaoktz.ru/products/steam_turbines/Default.aspx?section_id=232&element_id=15163).
3. Гафуров А.М., Усков Д.А., Осипов Б.М. Модернизация энергоблока ГТУ-ТЭЦ с применением теплоутилизирующих установок. // Энергетика Татарстана. – 2012. - № 2. – С. 10-16.
4. Патент на изобретение № 2555600 РФ. Способ работы тепловой электрической станции / Гафуров А.М. 10.07.2015 г.
5. Патент на изобретение № 2555597 РФ. Способ работы тепловой электрической станции / Гафуров А.М. 10.07.2015 г.