

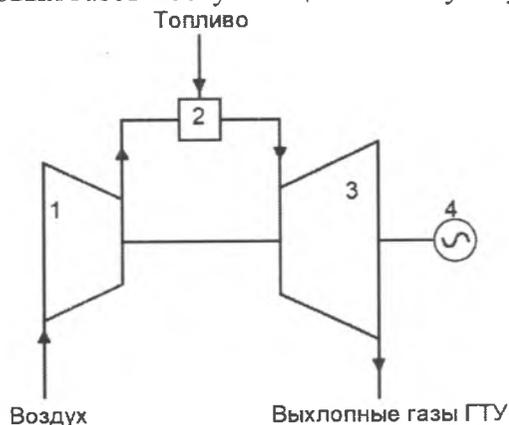
МОДЕЛЛИРОВАНИЕ И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ ТУРБОДЕТАНДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Овсянник А.В., к.т.н, доц. Ключинский В.П., аспирант
Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

Малоизученной областью энергетики является применение тригенерационных турбодетандерных установок на низкокипящих рабочих телах, обладающих достоинствами тригенерации и позволяющих использовать в качестве источника энергии низкопотенциальные энергетические ресурсы.

Для изучения эксергетической эффективности тригенерационных турбодетандерных установок разработана программа, позволяющая производить эксергетический анализ более ста различных вариаций схем при использовании различных низкокипящих рабочих тел.

В качестве источников энергии могут быть использованы: газотурбинная установка (ГТУ) (рис 1), вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) и котлоагрегат (КА) (рис 2). При этом расчет газотурбинной установки производится с учетом допустимой (по техническим соображениям) температуры дымовых газов поступающих в газовую турбину.



1 - Компрессор; 2 - Камера сгорания; 3 - Газовая турбина;
4- Генератор

Рис. 1 – Схема газотурбинной установки

Подогрев теплоносителя (в случае необходимости в тепловой нагрузке) производится в теплообменном аппарате за счет охлаждения выхлопных газов ГТУ либо ВЭР, или в выделенном контуре котлоагрегата (рис 2а).



Рис 2. - Схема котлоагрегата а - с подогревом теплоносителя, б - без подогрева теплоносителя

Программа допускает расчет трех различных вариантов турбодетандерного цикла: без перегрева, с однократным перегревом (рис 3) и с двукратным перегревом (рис 4,5). В ходе расчета определяются оптимальные с эксергетической точки зрения параметры рабочего тела перед турбодетандером (для схем без перегрева и с однократным перегревом) и перед турбодетандерами высокого и низкого давления для схемы с двукратным перегревом. Выбор оптимальных параметров основывается на методе равномерного поиска (перебора). Программа также проверяет допустимость полученных турбодетандерных циклов, а так же определяет возможность установки регенеративного теплообменного аппарата на выходе из турбодетандера.

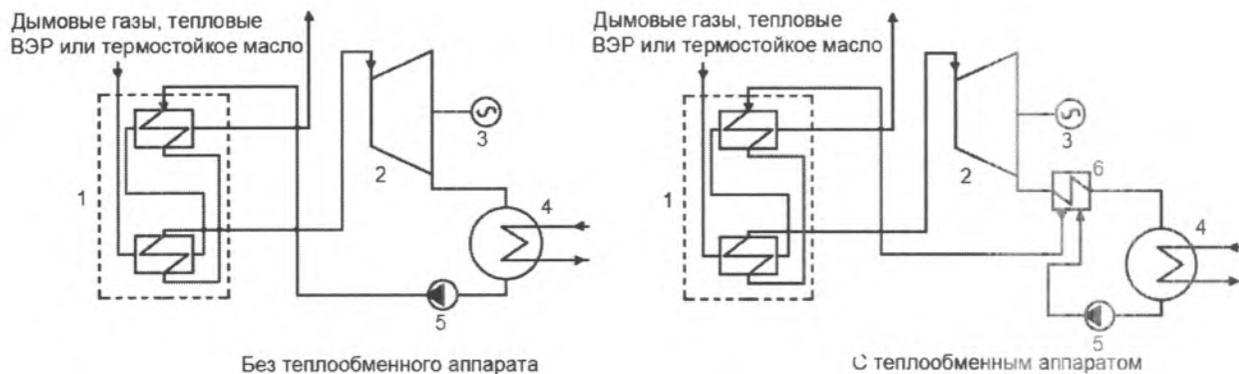


Рис. 3 - Схемы турбодетандерной установки с однократным перегревом

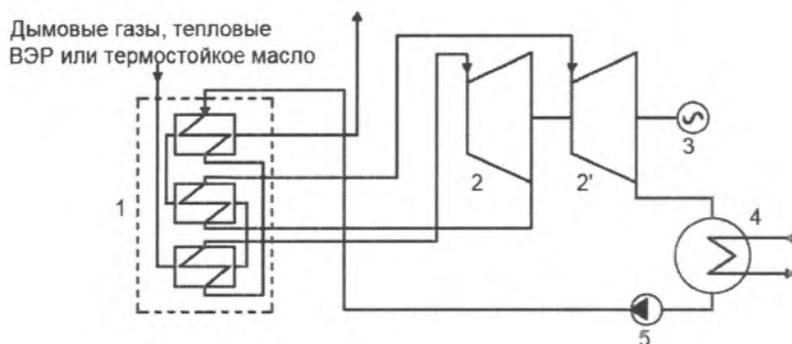


Рис 4. - Схема турбодетандерной установки с двукратным перегревом без регенеративного теплообменного аппарата

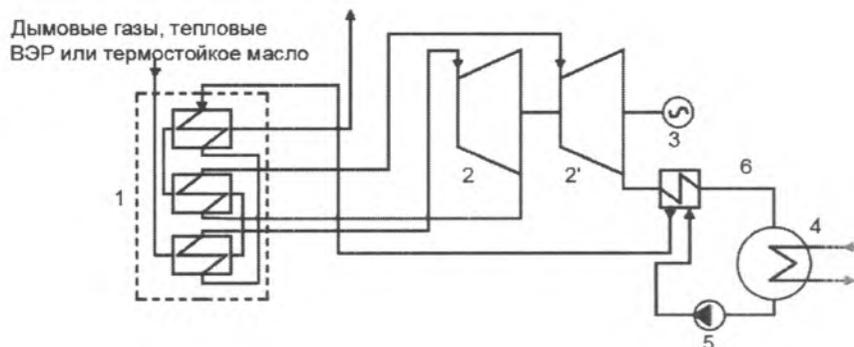


Рис. 5 - Схема турбодетандерной установки с двукратным перегревом с регенеративным теплообменным аппаратом

На рис 3-5 представлены следующие элементы: 1 – теплообменный аппарат; 2 – турбодетандер высокого давления; 2' – турбодетандер низкого давления; 3 – генератор; 4 – конденсатор; 5 – насос; 6 – регенеративный теплообменный аппарат.

Критерием допустимости турбодетандерного цикла является степень сухости рабочего тела в процессе расширения в турбодетандере. Возможны следующие варианты, когда использование полученного цикла недопустимо: степень сухости рабочего тела перед турбодетандером ниже допустимой (рис 6 а), степень сухости рабочего тела в промежуточных ступенях турбодетандера достигает недопустимых значений (рис 6 б), степень сухости рабочего тела перед последними ступенями турбодетандера достигает недопустимых значений (рис 6 в). Для определения возможности реализации цикла, программа определяет степень сухости рабочего тела в различных точках процесса расширения и сравнивает эти значения с допустимыми (например, допустимая степень сухости не должна быть ниже 1). В случае если хотя бы одно из полученных значений не соответствует заданному критерию – такой цикл выбраковывается и дальнейший его расчет не производится, программа переходит к анализу цикла с другими параметрами.

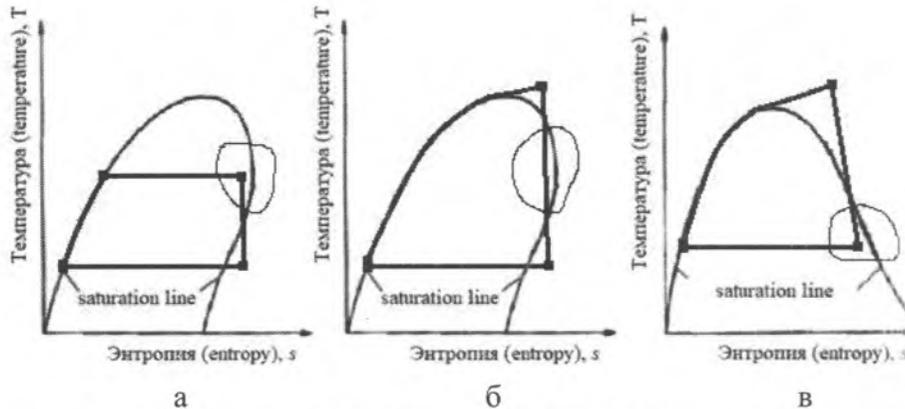
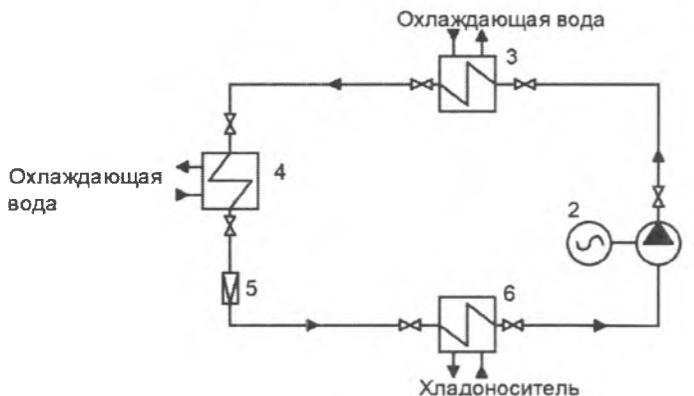


Рис. 6 - Случаи недопустимости турбодетандерного цикла

В программе реализована возможность расчета установок для производства холода. В качестве таких установок предложена два варианта: парокompрессионная холодильная установка (рис 7), с возможностью переохлаждения рабочего тела и установка для производства жидкой и газообразной углекислоты с возможностью получения холода (рис 8) [1,2].



1 - Насос; 2 - Электродвигатель; 3 - Конденсатор; 4 - Переохладитель; 5 - Дроссель; 6 - Испаритель

Рис 7. – Схема парокompрессионной холодильной установки

Вывод полученных результатов реализован двумя способами: графическим – в виде схем на которых представлены необходимые параметры (рис 9) и текстовым – в виде текстового файла (отчета) создаваемого программой в зависимости от выбранного варианта схемы.

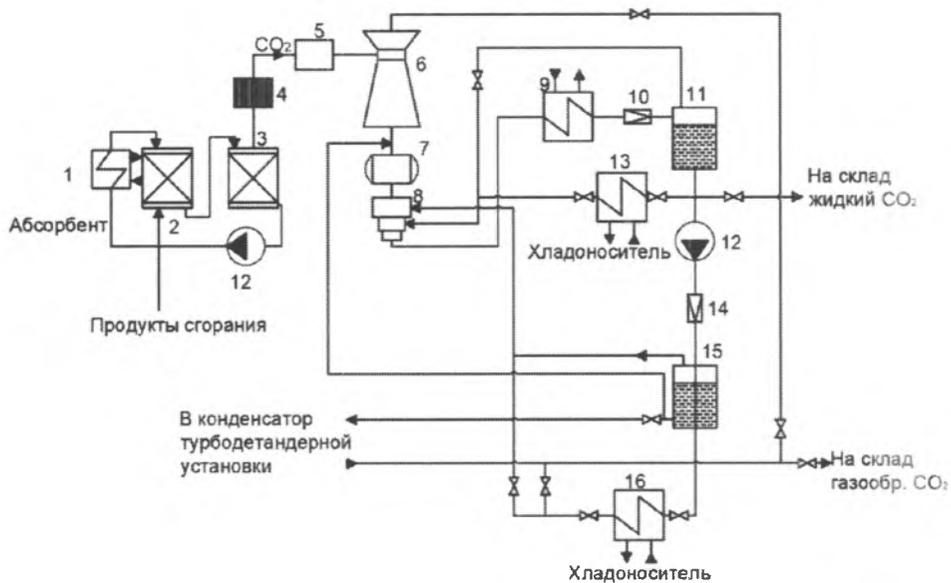


Рис. 8 – Схема установки для производства жидкой и газообразной углекислоты с возможностью получения холода [1,2]

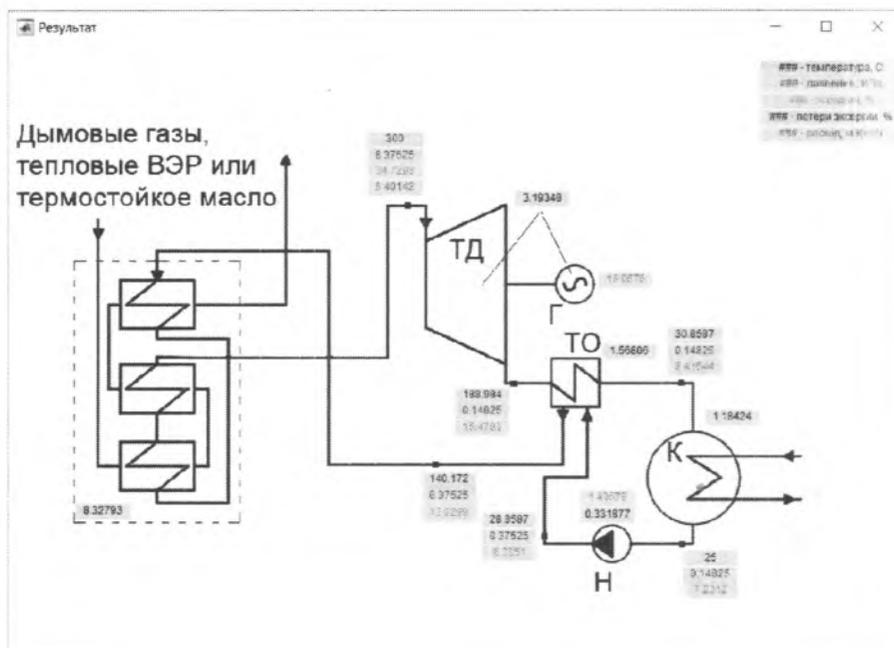


Рис. 9 – Пример графического способа вывода полученных данных

Таким образом, разработанная программа может применяться для определения эффективности тригенерационных турбодетандерных циклов, их эксергетического анализа и оптимизации, Выявления оптимальных с эксергетической точки зрения рабочих тел и оптимальных параметров рабочего тела, а также для выбора наиболее эффективной схемы тригенерации.

Информационные источники

1. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ № 62(1):2019. Турбодетандерная установка на диоксиде углерода с производством жидкой и газообразной углекислоты. А.В. Овсянник С 77-87
2. Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал №2:2019. Тригенерация энергии в турбодетандерных установках на диоксиде углерода А.В. Овсянник [и др.] С 41-51.