

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОКИПЯЩЕГО РАБОЧЕГО ТЕЛА В ТУРБОДЕТАНДЕРНОЙ УСТАНОВКЕ

В. П. Ключинский

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

Для утилизации тепловых отходов продуктов сгорания газотурбинных установок, а также для утилизации вторичных энергетических ресурсов, которые в больших количествах присутствуют на промышленных предприятиях, находят свое применение турбодетандерные установки на низкокипящих рабочих телах [1]–[7].

Исследования показали, что параметры рабочего тела перед турбодетандером оказывают значительное влияние на эксергетический КПД турбодетандерного цикла.

Таким образом, возникает необходимость определения параметров рабочего тела, при которых турбодетандерный цикл обладает максимальным эксергетическим КПД.

Для решения данной задачи разработана программа, позволяющая определять параметры рабочего тела перед турбодетандером, при которых достигается максимальная эксергетическая эффективность турбодетандерной установки, а также выбирать низкокипящее рабочее тело, обладающее максимальным эксергетическим КПД из заданного пользователем перечня.

Программа разработана на языке программирования Matlab. Графический интерфейс программы представлен на рис. 1. Он позволяет задавать следующие исходные данные: температуру вторичных энергетических ресурсов (необходима для расчета эксергетического КПД), максимально допустимую температуру низкокипящего рабочего тела перед турбодетандером, максимально допустимое давление низкокипящего рабочего тела перед турбодетандером.

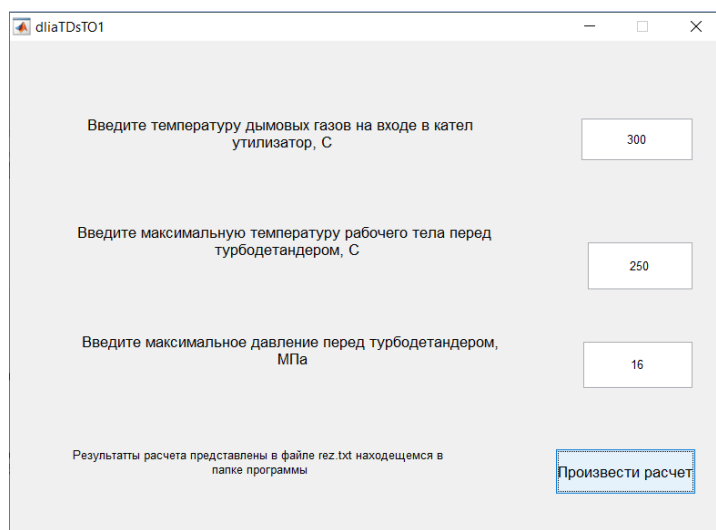


Рис. 1. Графический интерфейс программы

Перечень рабочих тел, а также характеристики оборудования, необходимые для расчета, задаются отдельно в текстовых файлах, находящихся в папке программы (рис. 2, 3). Если необходимо определить оптимальные с термодинамической точки зре-

ния параметры только для одного определенного рабочего тела, то в документе с перечнем исследуемых рабочих тел вносится название только данного рабочего тела.



Рис. 2. Текстовый файл с перечнем исследуемых рабочих тел

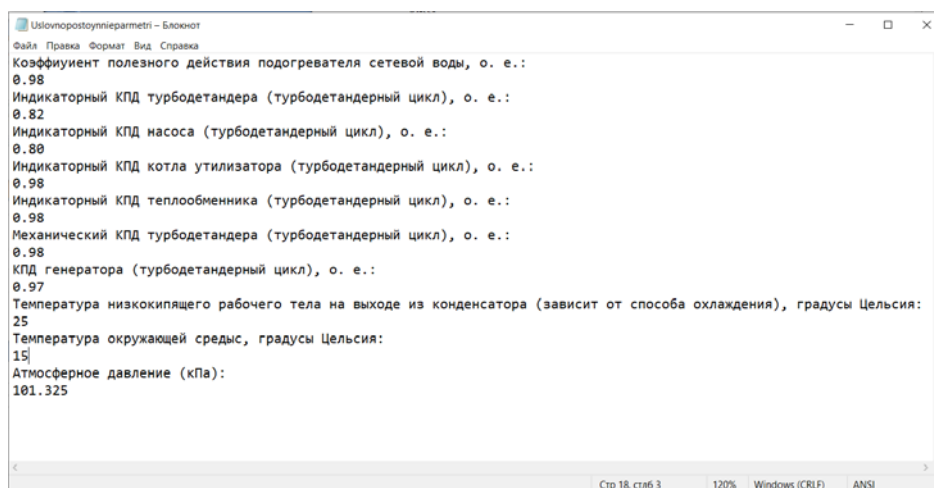


Рис. 3. Текстовый файл с характеристиками оборудования, используемого в турбодетандерной установке

Для расчета термодинамических свойств низкокипящих рабочих тел данная программа сопряжена с программой REFPROP [8], разработанной Национальным институтом стандартов и технологий США, благодаря которой происходит определение термодинамических свойств рабочего тела.

Полученные результаты сохраняются в отдельный текстовый документ, расположенный в папке программы (рис. 4).

Таким образом, при помощи программы произведен расчет оптимальных с термодинамической точки зрения параметров и выбор рабочего тела из заданного списка рис. 2. Результаты программы представлены на рис. 4. Из результатов видно, что наибольшим эксергетическим КПД из исследуемых низкокипящих рабочих тел обладает изобутан (ISOBTAN), при этом максимальный эксергетический КПД 50,26 % достигается при следующих параметрах: температура рабочего тела перед

турбодетандером 250 °С (максимально допустимая по условиям рис. 1), давление рабочего тела перед турбодетандером 6,99 МПа. Другие рассматриваемые рабочие тела обладают меньшим эксергетическим КПД.

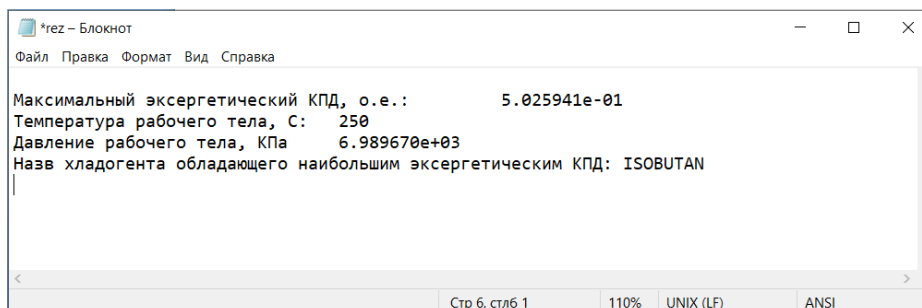


Рис. 4. Текстовый файл с результатами программы

Следовательно, программа позволяет термодинамически оптимизировать параметры рабочего тела на входе в турбодетандер, определить наибольший эксергетический коэффициент полезного действия, получить значения оптимальных параметров рабочего тел, а также выбрать рабочее тело с наибольшим эксергетическим КПД.

#### Литература

1. Овсянник, А. В. Тригенерация энергии в турбодетандерных установках на диоксиде углерода / А. В. Овсянник // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 22–23 нояб. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 237–239.
2. Ключинский, В. П. Тригенерационные турбодетандерные установки на основе низкокипящих рабочих тел / В. П. Ключинский // Беларусь в современном мире : материалы XII Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16–17 мая 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Гомел. обл. орг. о-ва «Знание» ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – С. 329–331.
3. Тригенерация энергии в турбодетандерных установках на диоксиде углерода / А. В. Овсянник [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2019. – № 2. – С. 41–51.
4. Овсянник, А. В. Турбодетандерная установка на диоксиде углерода с производством жидкой и газообразной углекислоты / А. В. Овсянник // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2019. – № 62 (1). – С. 77–87. – Режим доступа: <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-1-77-87>.
5. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems / S. Quoilin [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 22. – P. 168–186.
6. Technical, economical and market review of organic Rankine cycles for the conversion of low-grade heat for power generation / F. Velez [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16. – № 6. – P. 4175–4189.
7. Белов, Г. В. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике / Г. В. Белов, М. А. Дорохова // Наука и образование. – 2014. – № 2. – С. 99–124.
8. NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database (REFPROP): Version 10. – Режим доступа: <https://www.nist.gov/srd/refprop>, свободный. – Дата доступа: 10.03.2020.