

## РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИОГЕННОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ БПЛА

Тремкина О.В., Аденап Х., Пулатов Т.Н., Панышин Р.А.  
Самарский университет, г. Самара, [t.olga.vit@bk.ru](mailto:t.olga.vit@bk.ru)

*Ключевые слова:* криогенная силовая установка, жидкий азот, беспилотный летательный аппарат.

Развитие промышленности и транспорта во всем мире вызвало повышение энергопотребления и рост потребления углеводородных топлив. Это привело к значительному усложнению экологической обстановки. Одним из вариантов решения этой проблемы является использование альтернативного вида топлива. В данной работе проведено расчетное исследование и анализ силовой установки, работающей на криогенном рабочем теле (жидкий азот).

На рис. 1 представлена схема криогенной силовой установки беспилотного летательного аппарата, работающая на жидком азоте.

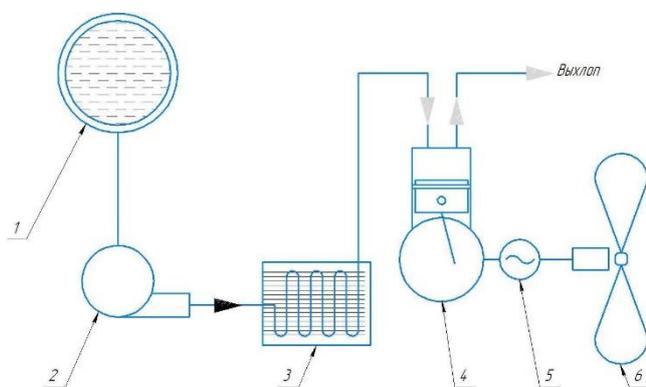


Рис. 1 – схема криогенной силовой установки БПЛА  
1 – емкость с криогенным топливом, 2 – криогенный насос, 3 – источник теплоты, 4 – поршневой детандер, 5 – электрогенератор, 6 – винт БПЛА.

Открытая схема энергетической установки, использующей низкопотенциальную теплоту криопродукта, является достаточно простой и экономичной. В этой схеме рабочим веществом является азот, выброс которого не наносит ущерб окружающей среде [1]. В качестве источника теплоты 3 возможно использовать воздух или солнечную энергию.

В табл. 1 приведены результаты расчетного исследования криогенной силовой установки, работающей по открытому циклу Ренкина. Расчет был проведен на основании известных методик расчета [1] и справочных данных [2] Основная задача исследования – создать эффективную энергетическую установку за счет повышения температуры рабочего тела в нагревателе 3 до температуры  $T_3 = 275 \div 800$  К.

Табл. 1 – Результаты расчета энергетической установки, работающей по открытому циклу Ренкина

$p_1, p_6,$ кПа	$p_2, p_3, p_4, p_5,$ МПа	$T_1, T_6,$ К	$T_4, T_3,$ К	$T_5,$ К	$i_5,$ кДж/ кг	$i_6,$ кДж/ кг	$i_1,$ кДж/ кг	$q_1,$ кДж/ кг	$q_2,$ кДж/ кг	КПД	$l,$ кДж/ кг	$N,$ кВт	$G,$ кг/с
67	3	74	88	275	277,8	93,8	-121,4	399,2	215,2	0,46	184,0	7,6	0,041
67	3	74	88	300	305,1	104,4	-121,4	426,5	225,8	0,47	200,7	7,6	0,038
67	3	74	88	400	412,5	144,9	-121,4	533,9	266,3	0,50	267,6	7,6	0,028
67	3	74	88	500	519,3	184,8	-121,4	640,7	306,2	0,52	334,5	7,6	0,023
67	3	74	88	600	627	225,6	-121,4	748,4	347,0	0,54	401,4	7,6	0,019
67	3	74	88	700	736,4	268,1	-121,4	857,8	389,5	0,55	468,3	7,6	0,016
67	3	74	88	800	848	312,8	-121,4	969,4	434,2	0,55	535,2	7,6	0,014

$T_i$  – температура в точках;  $p_i$  – давление в точках;  $i_i$  – энтальпия в точках;  $q_1$  – количество подведённого тепла;  $q_2$  – количество отведенного тепла;  $l$  – удельная работа цикла;  $N$  – мощность энергетической установки;  $G$  – расход криогенного топлива.

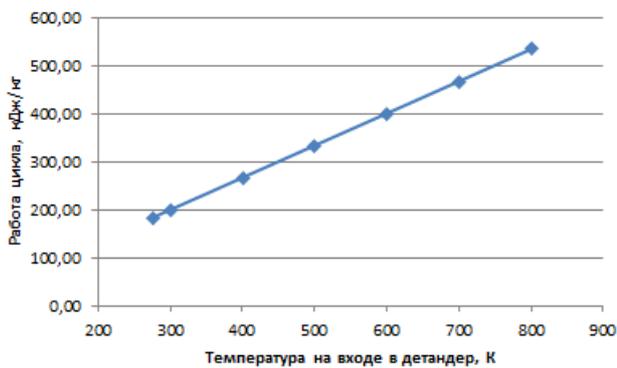


Рис.2 – Зависимость работы цикла от температуры рабочего тела на входе в поршневой детандер

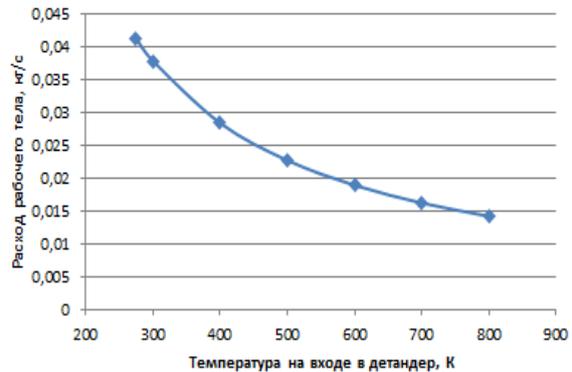


Рис.3 – Зависимость расхода рабочего тела от температуры на входе в поршневой детандер

**Вывод:** Результаты расчетного исследования показали, что для увеличения эффективности криогенной силовой установки необходимо увеличивать температуру на входе в поршневой детандер. Увеличения температуры до 800 К можно добиться использованием солнечной энергии в качестве источника теплоты, что позволит увеличить значение эффективности до 55 % при расходе криогенного топлива 0,014 кг/с.

#### Благодарности

Результаты работы получены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Межкафедральный учебно-производственный научный центр САМ-технологий» при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № 0777-2020-0019).

#### Список литературы:

1. Карнаух В. В., Крылова А. Д., Лопатин А. Л., Мироненкова А. С., Тремкина О. В., Угланов Д. А. Расчет и подбор оптимальной схемы гибридной криогенной энергетической установки, работающей на жидком водороде // Вестник Международной академии холода. 2020. № 2. С. 9–18.
2. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей [Текст] / Н.Б. Варгафтик – М.: Наука, – 1972. – С. 720.

#### Сведения об авторах

Тремкина Ольга Витальевна, аспирант. Область научных интересов: расчет и проектирование криогенного поршневого двигателя.

Аденан Хамза, аспирант. Область научных интересов: проектирование беспилотного летательного аппарата

Пулатов Тимир Немаджонович, студент. Область научных интересов: проектирование беспилотного летательного аппарата.

Паньшин Роман Андреевич, аспирант. Область научных интересов: повышение эффективности энергоустановок за счет применения энергии криопродуктов

#### CALCULATED STUDY OF THE PARAMETERS OF A CRYOGENIC POWER PLANT OF A UAV

Tremkina O.V., Adenane H., Pulatov T.N., Panshin R.A.  
Samara University, Samara, [t.olga.vit@bk.ru](mailto:t.olga.vit@bk.ru)

*Keywords: cryogenic propulsion system, liquid nitrogen, unmanned aerial vehicle.*

In this work, the calculation and analysis of a power plant operating on cryogenic fuel (liquid nitrogen) is carried out.