

УДК 621.43

## УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

©2011 И. В. Коломин, А. А. Аюков, В. В. Бирюк

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Приведены основные аргументы в пользу создания программы расчета элементов системы охлаждения ДВС для применения в учебном процессе во время проведения лабораторных занятий.

*Двигатель внутреннего сгорания, система охлаждения, методика расчета, программа.*

Современное развитие двигателестроения потребовало решения задач, связанных с разработкой методик расчета различных систем двигателя, в том числе и систем охлаждения. Использование различных электронных систем контроля за тепловым состоянием двигателя, борьба с токсичными выбросами в атмосферу, улучшение эксплуатационных характеристик, безотказности работы систем требует разработки комплексных расчетов с использованием ЭВМ. Это, в свою очередь, ведет к необходимости создания математических моделей объектов, основанных на жестких алгоритмах расчета и описания взаимодействия элементов систем.

Наглядным воплощением моделирования расчета на ЭВМ элементов системы охлаждения ДВС является программа, разработанная в МАДИ: «MADI-book». В процессе проведения со студентами лабораторных работ были выявлены следующие недостатки исходной программы:

- ограниченное количество базовых вариантов ДВС и невозможность их дополнения;
- не всегда можно четко проследить влияние исходных параметров на результаты расчета;
- невозможность корректировки «тела» программы при обнаружении ошибок в расчетных соотношениях или базовых коэффициентов;
- отдельно стоит отметить неустойчивую работу программы, неоднозначность результатов расчетов при одинаковых начальных параметрах, частые ошибки сохранения данных;
- в описании программы указан модуль построения диаграмм, который в действительности не работает.

Все это явилось причиной разработки собственной программы (рис. 1) для проведе-

ния лабораторных занятий, основанной на расчетах, изложенных в методических указаниях [1].

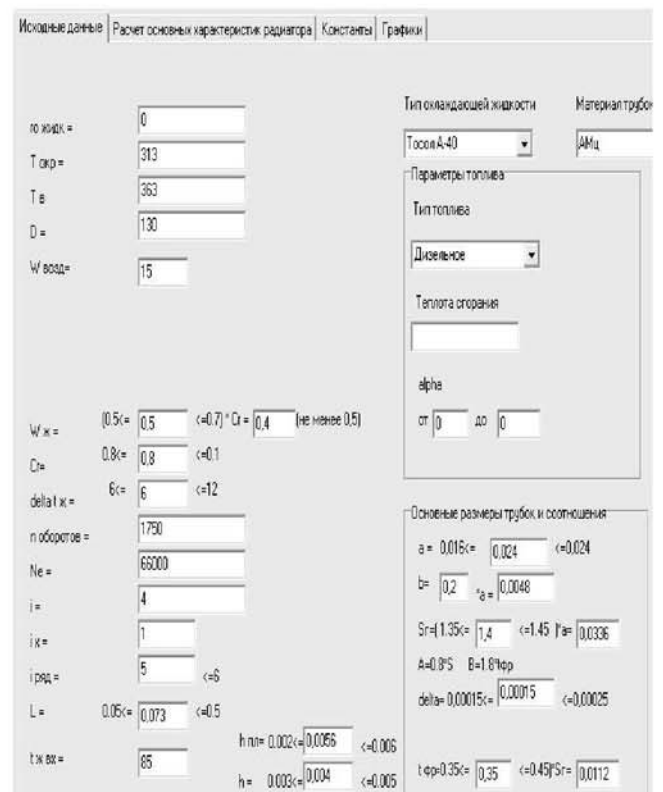


Рис. 1. Фрагмент рабочего окна программы

Программа «Расчет элементов системы охлаждения ДВС» разделена на несколько вкладок:

«Исходные данные» – здесь вводятся или загружаются исходные данные для расчета, выбираются тип охлаждающей жидкости и вид топлива, материалы трубок и пластин, размеры трубок, параметры охлаждающей жидкости, параметры воздуха на входе в радиатор и параметры ДВС (рис. 2).

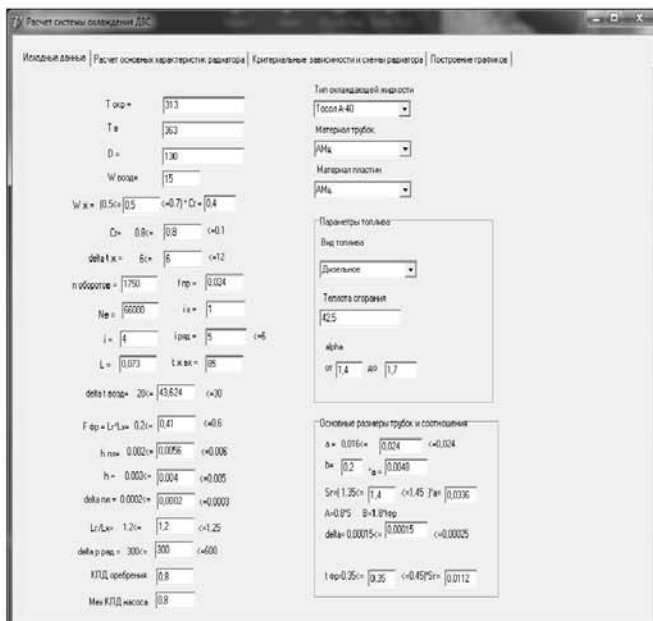


Рис.2. Окно ввода исходных данных

«Расчет основных характеристик радиатора» – в этой вкладке при нажатии клавиши «Расчитать» происходит расчет количества трубок в радиаторе, его тепловых характеристик, площадей трубок, пластин и оребрения, критериальных параметров жидкости и воздуха, массовых характеристик радиатора и т.д. (рис. 3).

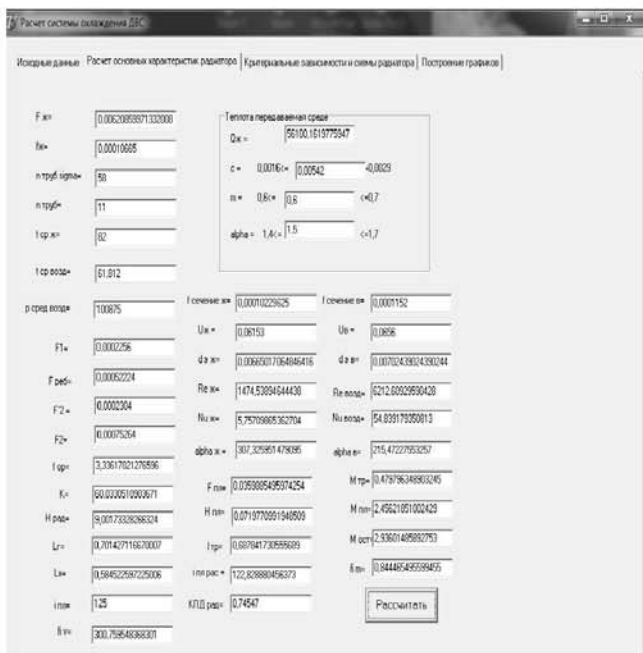


Рис. 3. Окно расчета основных характеристик

«Критериальные зависимости и схемы радиатора» – в этой вкладке показаны критериальные зависимости и даны схемы устройства радиатора (рис. 4).

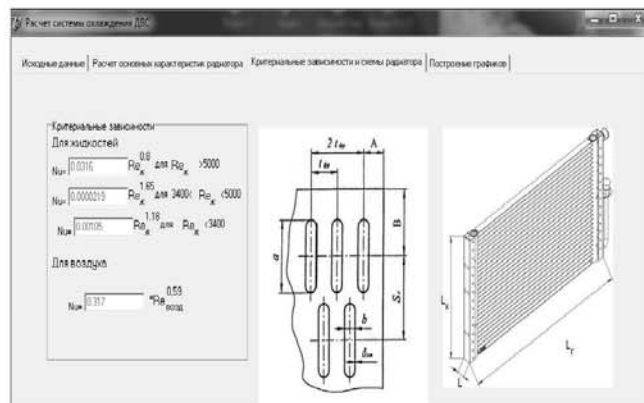


Рис. 4. Окно критериальных зависимостей и схемы строения теплообменника

Во вкладке «Построение графиков» при нажатии «построить ВСХ» (рис. 5) рассчитывается и отображается ВСХ исследуемого двигателя.

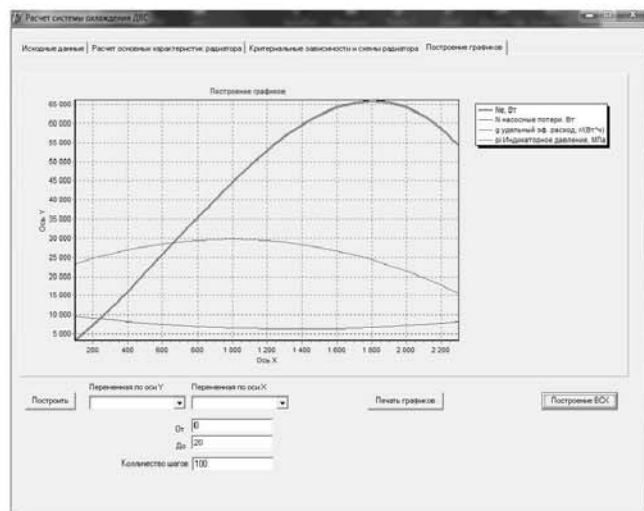


Рис.5. Окно построения ВСХ

После выбора интересующей функции, переменной, шага и пределов изменения переменной при нажатии клавиши «построить» происходит построение интересующей функции от выбранной переменной (рис. 6). Построение графиков происходит по заранее введенным исходным данным расчета, что помогает при выборе оптимальных значений размеров, материалов и так далее.

Для верификации программы расчета радиатора были проведены натурные испытания для трех теплообменников с разным количеством трубок и их размерами.

Испытания были направлены на исследование коэффициента теплоотдачи радиаторов, были измерены температуры воздуха и жидкости на входе и выходе из теплообменника, измерено время термостатирования, скорости жидкости, проходящей через радиатор, и обдуваемого воздуха.

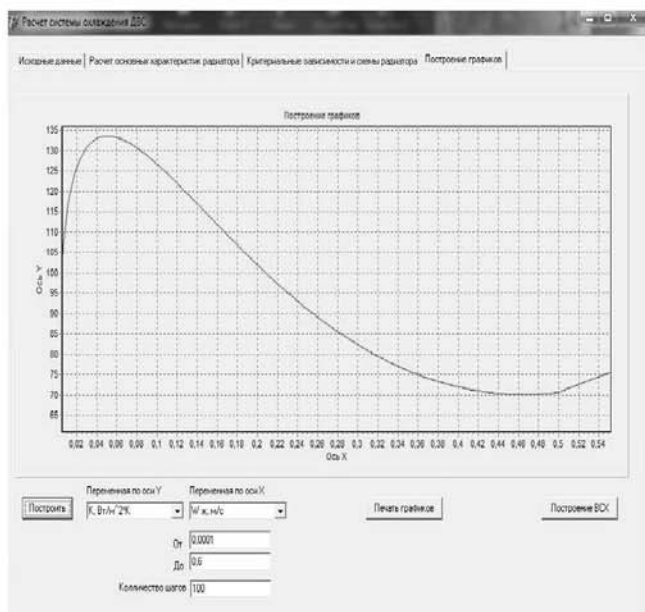


Рис. 6. Окно построения графиков

В процессе испытаний замеряются температура окружающего воздуха и его плотность. Теплообменник подсоединяется к системе шлангов, через которые подводится и отводится вода. Проводятся испытания на герметичность системы.

Подводится шланг со сжатым воздухом, к водным шлангам на входе и выходе из теплообменника подключаются термодатчики. Через 10-15 минут после подачи горячей воды система термостатируется. Фиксируются температуры на входе и на выходе из теплообменника в режиме естественной конвекции.

Вторым этапом в испытании теплообменника является анализ его работы при обдувании воздухом. Для этого из системы со сжатым воздухом проведен трубопровод.

Через 15-20 минут после включения обдува теплообменника система термостатируется. Замеряются температуры воды на входе и выходе из теплообменника. Замеряется температура воздуха перед и за теплообменником.

Скорость течения жидкости в трубках рассчитывается исходя из объема воды, прошедшего через радиатор за определенное время.

Полный цикл испытаний проводится для каждого из теплообменников, полученные данные показаны в таблице результатов испытаний.

Рассматривая результаты, стоит отметить, что скорости течения жидкости в теплообменниках, при которых был проведен экс-

перимент, существенно ниже 0,5 м/с – скорости, которая считается минимальной для расчета теплообменников. Такие низкие скорости течения жидкости объясняют завышенные величины коэффициентов теплоотдачи.

Полученные результаты (табл. 1 и 2) позволили уточнить методику расчета [2], заложенную в собственную программу.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Параметры	Тип теплообменника		
	1	2	3
Материал трубок	1X18H9T		
температура воздуха, °C	21		
давление воздуха	101300Па		
количество рядов трубок	5	3	3
количество трубок в ряду	6	5	4
диаметр трубки, м	0,005	0,012	0,014
толщина трубки, м	0,00025		
скорость течения жидкости в теплообменнике, м/с	0,044		
естественная конвекция			
время термостатирования, мин	12	14	14
температура на входе в теплообменник, °C	40	44	40
температура на выходе из теплообменника, °C	39	42	38
обдув воздухом			
время термостатирования, мин	20	17	20
температура на входе в теплообменник, °C	40	45	40
температура на выходе из теплообменника, °C	36	38	34
температура воздуха перед радиатором, °C	21	21	21
температура воздуха за радиатором, °C	22	21,5	21,5
средняя скорость воздуха внутри теплообменника, м/с	21,25	18,75	17,25

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные коэффициенты теплоотдачи

Номер теплообменника	Коэффициент теплоотдачи, полученный из расчета с помощью разработанной программы	Коэффициент теплоотдачи, полученный по расчету количества отведенной теплоты на единицу площади поверхности теплообменника по экспериментальным данным
1	41,1	45,3
2	32,4	39,9
3	28,3	32,5

Таким образом, создание собственной программы на ЭВМ для проведения лабораторных работ по расчету элементов системы охлаждения ДВС является перспективным направлением.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки) на основании постановления Правительства РФ №218 от 09.04.2010.

#### **Библиографический список**

1. Коломин, И.В. Расчет основных элементов системы жидкостного охлаждения поршневого двигателя внутреннего сгорания [Текст]: метод. указания / И.В. Коломин, А.П. Толстоногов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 32 с.
2. Толстоногов, А.П. Системы охлаждения поршневых двигателей внутреннего сгорания [Текст]: учеб. пособие / А.П. Толстоногов, И.В. Коломин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. – 168 с.

## **INTERNAL COMBUSTION ENGINE SOME COOLING SYSTEM COMPONENTS DETAILED CALCULATION**

©2011 I. V. Kolomin, A. A. Ajukov, V. V. Birjuk

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

The main arguments in favor of creating a program for calculating the elements of the internal combustion engine cooling system for use in the learning process during the lab exercises.

*The internal combustion engine, cooling system, the method of calculation, program.*

### **Информация об авторах**

**Коломин Илья Викторович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра космической энергетики, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [kolomin@list.ru](mailto:kolomin@list.ru). Область научных интересов: рабочие процессы систем охлаждения, бортовая микроэнергетика.

**Аюков Алексей Алексеевич**, студент, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: рабочие процессы ДВС.

**Бирюк Владимир Васильевич**, доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: термодинамические процессы, энергосбережение.

**Kolomin Ilya Victorovich**, candidate of technical science, Senior Researcher at Research Center for Space Energy, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: [kolomin@list.ru](mailto:kolomin@list.ru). Area of research: working processes of cooling systems, onboard micropower.

**Ayukov Alexei Alekseevich**, student, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). Area of research: working processes of internal combustion engines.

**Birjuk Vladimir Vasilievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Heat and heat engines Department, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). Area of research: thermodynamic processes, energy conservation.