

УДК 62-97/-98

ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

М. В. Черняев, инж.-констр. III кат. / Д. С. Мошков, инж.-констр. III кат.
ООО «Объединённый инженерный центр»

В автомобилестроении используется огромное количество теплообменных аппаратов всевозможных конструкций, например: жидкостные, воздушные, масляные теплообменники, а также радиаторы климатических установок.

Известный факт: одним из важных этапов создания качественного продукта считаются испытания. Традиционно испытания теплообменников системы охлаждения проводятся на специализированных стендах. Но в условиях стремительно развивающейся автомобильной промышленности основные требования, предъявляемые к оборудованию, — высокая точность, быстрая переналадка и широкий спектр получаемых характеристик — выходят на передний план.

Этим требованиям отвечает далеко не всё оборудование. В России ярким примером самого современного испытательного комплекса является тепловая аэродинамическая труба Шадринского автоагрегатного завода. Она позволяет испытывать теплообменники любых конструкций и типов.

К сожалению, таким испытательным оборудованием может похвастаться не каждое предприятие. В большинстве случаев используется устаревшее

оснащение, которое имеет высокую погрешность результатов и весьма ограниченный диапазон получаемых данных.

Ещё один важный момент — денежные затраты и время. Натурные испытания — дорогостоящий и длительный процесс. Стоимость испытаний одного теплообменника составляет порядка ста тысяч рублей. К тому же в автомобиле собрано несколько типов теплообменников, поэтому сумма увеличится ещё в несколько раз. Это отрицательно сказывается на цене нашей продукции. Ведь в конечном итоге себестоимость включает все затраты на производство и проектирование нового продукта.

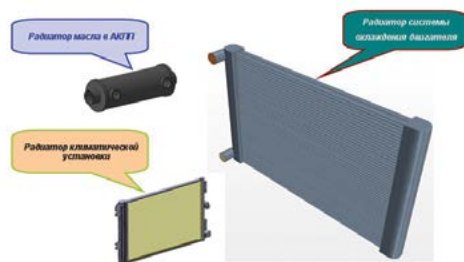


Рисунок 1.
Варианты
автомобильных
теплообменных
аппаратов



Рисунок 2. Тепловая аэродинамическая труба ОАО «ШААЗ»

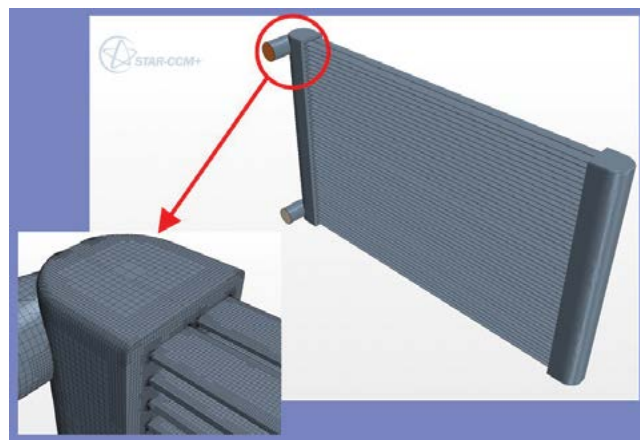


Рисунок 3. Модель гидравлики

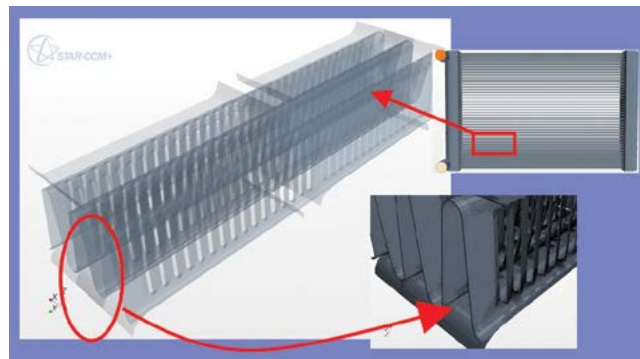


Рисунок 4. Модель аэродинамики

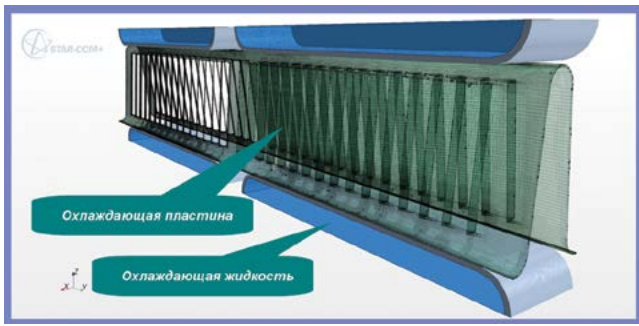


Рисунок 5. Модель теплотехники

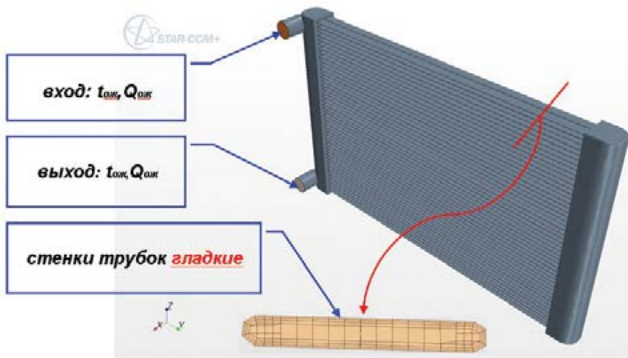


Рисунок 6. Параметрическое описание модели. Гидравлика

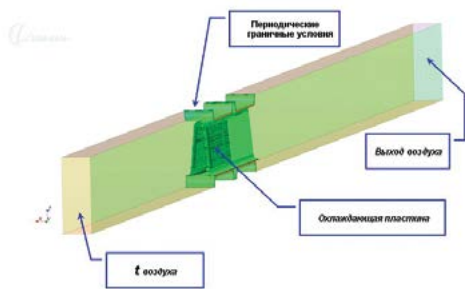


Рисунок 7. Параметрическое описание модели. Аэродинамика

Как же быть?

Для решения задачи используются современные расчётные пакеты, которые с помощью математических 3D-моделей могут симитировать натурные испытания как в составе автомобиля, так и отдельно.

Данная статья посвящена созданию виртуального испытательного стенда на базе современного расчётного пакета STAR CCM+ компании CD-adapco, который позволяет существенно сократить время и затраты ресурсов на проведение испытаний.

Предпосылками для создания виртуального стенда стали трудности при проведении испытаний. Сильно увеличившиеся размеры теплообменников физически не позволяли проводить испытания на имеющемся в ООО «ОИЦ» оборудовании. К тому же рост количества моделей автомобилей

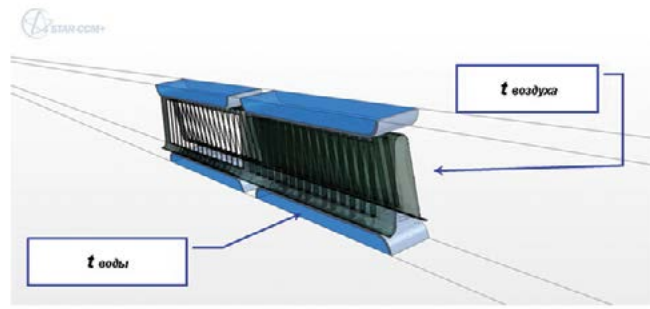


Рисунок 8. Параметрическое описание модели. Теплотехника

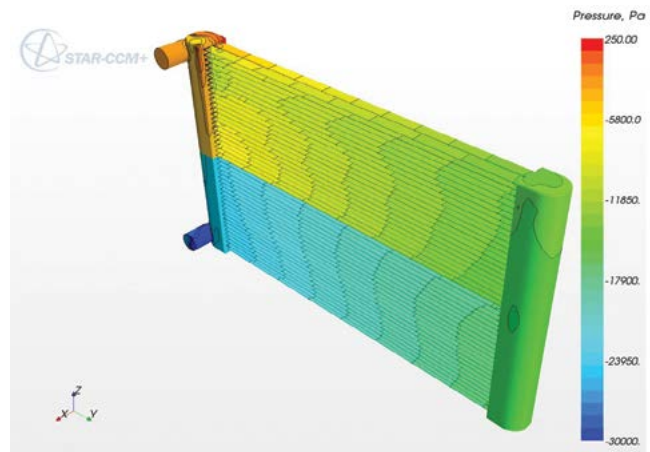


Рисунок 9. Распределение внутреннего гидравлического сопротивления теплообменника

потянул за собой и увеличение объёмов проводимых испытаний.

В связи с этим было принято решение на базе расчётного пакета STAR CCM+ разработать виртуальный стенд, который смог бы в сжатые сроки проводить испытания радиаторов любых типов и размеров.

Теперь перейдём непосредственно к разработке самого «виртуального стенда».

Модели

Сначала в CATIA V5 подготавливаются 3D-модели теплообменника:

- гидравлика;
- аэродинамика;
- теплотехника.

Модель гидравлики представляет собой внутреннюю поверхность теплообменника, омываемую охлаждающей жидкостью. Снимаемая характеристика — гидравлическое сопротивление.

Модель аэродинамики представляет собой внешнюю поверхность теплообменника, обдуваемую встречным потоком воздуха. Снимаемая характеристика — аэродинамическое сопротивление.

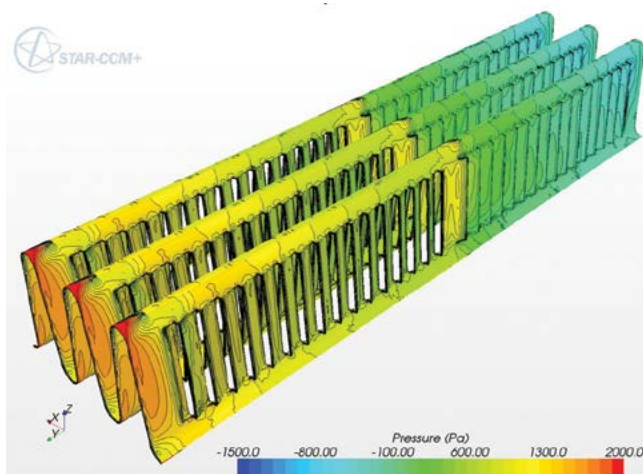


Рисунок 10. Распределение давлений охлаждающего воздуха

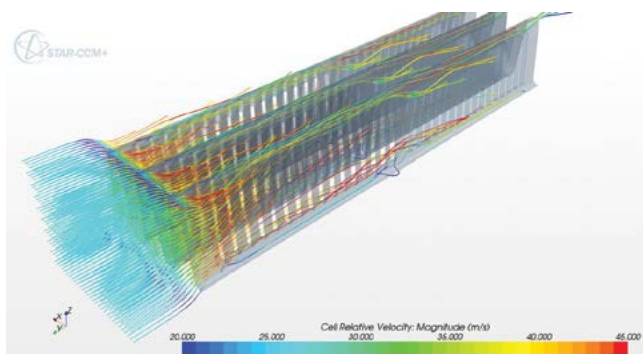


Рисунок 11. Направление тока охлаждающего воздуха через пластины радиатора

Модель теплотехники представляет собой совокупность внешней поверхности теплообменника, обдуваемой встречным потоком воздуха, и внутренней поверхности теплообменника, омываемой охлаждающей жидкостью. Снимаемая характеристика — теплопередача (количество тепла, переданное от охлаждающей жидкости воздуху).

Параметрическое описание моделей

Для того чтобы 3D-модели имели свойства реальных теплообменников, необходимо задать некие параметры на входе и выходе теплообменника, а также некоторые стандартные константы.

Гидравлика

На входе задаются температура охлаждающей жидкости и расход. На выходе задаются те же параметры. Для ускорения процесса обработки данных виртуального испытания вносится допущение: внутренняя поверхность трубок — гладкая.

Аэродинамика

На интерфейсы (граничные поверхности) модели пластинки накладываются условия периодичности. Задаются температура и скорость охлаждающего воздуха на входе в «коридор охлаждения».

Теплотехника

В этой параметрической модели задаются три области.

- Охлаждающая жидкость — жидкость в трубках. Задаются свойства охлаждающей жидкости. Температура и расход жидкости на входе в радиатор. На выходе задаётся нулевое избыточное давление.
- Твердотельный солид — охлаждающая трубка и пластинка. Задаются свойства алюминия и периодические граничные условия.
- Охлаждающий воздух. Задаются температура на входе и скорость движения воздуха. Также накладываются условия периодичности.

Помимо того, задаются условия контакта и взаимодействия этих областей друг с другом.

Виртуальные испытания

Теперь, когда модели готовы, можно приступить непосредственно к проведению испытаний.

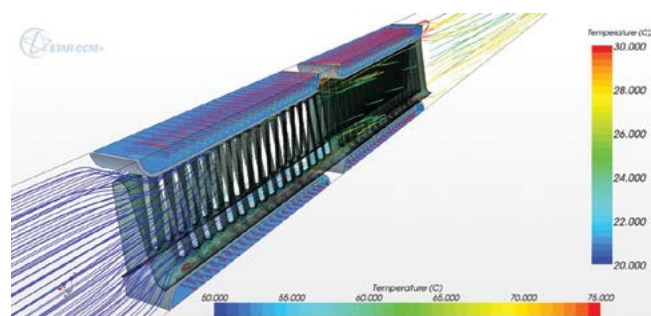


Рисунок 12. Испытания теплотехники теплообменника

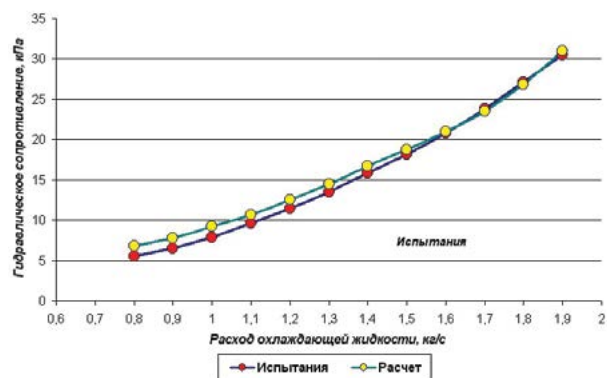


Рисунок 13. Гидравлические характеристики

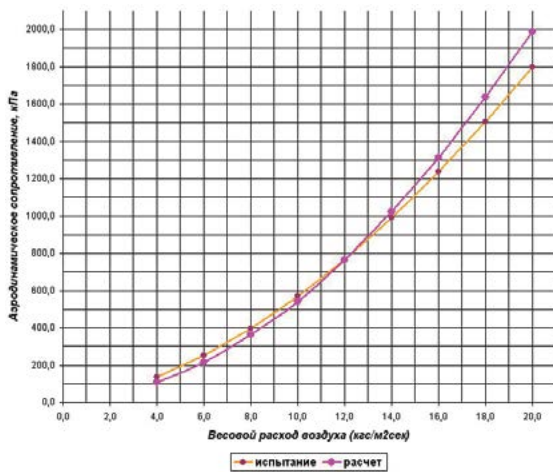


Рисунок 14. Аэродинамические характеристики

Испытания аэродинамики теплообменника

На рис. 6 видно распределение давления обдува охлаждающих пластин набегающим воздухом.

На данном рисунке представлены направления движения потоков воздуха при прохождении через охлаждающую пластину.

Испытания теплотехники теплообменника

На рис. 12 представлен процесс передачи теплоты от охлаждающей жидкости в стенки теплообменника и от стенок — к охлаждающему воздуху. Кроме того, показаны линии тока охлаждающего воздуха и распределение температуры внутри жидкости.

Характеристики

Результатом проведённых виртуальных испытаний являются кривые аэродинамического и гидравлического сопротивлений, а также теплопередачи теплообменника при любом режиме работы двигателя. Расхождение результатов виртуальных и натуральных испытаний колеблется в пределах 1–8 %.

Характеристики результатов теплотехнических испытаний теплообменников находятся на стадии обработки и калибровки.

Результаты виртуальных испытаний можно использовать для:

- оптимизации конструкции теплообменников при расчёте аэродинамики и теплотехники подкапотного пространства автомобиля в целом;
- параметрического описания теплообменников в различных моделях систем охлаждения;
- получения оптимальных конструктивных параметров теплообменников;
- получения характеристик теплообменников при любом режиме работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. UserGuide. STAR CCM+. Version 9.06 — CD-adapco, 2014.
2. Банных О. П. Основные конструкции и тепловой расчёт теплообменников: учебное пособие. — СПбНИУ ИТМО, 2012. — 42 с.
3. Лукашин В. Н., Шатров М. Г., Камфер Г. М. Теплотехника. — М.: Высшая школа, 2008. — 671 с.
4. Теплотехника / А. П. Баскаков, Б. В. Берг, О. К. Витт и др. / под ред. А. П. Баскакова. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 224 с.