

УДК 621 43.001.4

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ПОРШНЕЙ*А.В. Белогуб¹, канд. техн. наук, А.А. Зотов¹, Ю.А. Гусев², канд. техн. наук*¹ *ОАО «АВТРАМАТ»,*² *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Приводена розроблена в ОАО "АВТРАМАТ" методика проектування сучасних поршнів різноманітного призначення, оптимізована під виробничу базу цього підприємства і розрахована на використання висувальної техніки і сучасного програмного забезпечення (програми тривимірного проектування і розрахунку методом кінцевих елементів).

* * *

In article designing methods of modern pistons of deferent purpose, which was developed in joint-stock company "AVTRAMAT", adapted for manufacture capabilities of this enterprise and designed to apply computer and modern software (3D CAD CAE and FFE analysis) is described.

* * *

Наведено розроблену в ОАО "АВТРАМАТ" методику проектування сучасних поршнів різноманітного призначення, оптимізована під виробничу базу цього підприємства, що розрахована на використання обчислювальної техніки та сучасного програмного забезпечення (програма тривимірного проектування та розрахунку методом кінцевих елементів).

Постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами. На ОАО «АВТРАМАТ» выпускается широкий спектр поршней для различных двигателей внутреннего сгорания и компрессоров. До недавнего времени проектирование оснастки для производства поршня выполняли вручную по чертежам готового изделия (поршня), полученным от заказчика. После внедрения на предприятии современной вычислительной техники изменилась идеология изготовления поршня. По существующему чертежу создавалась трехмерная твердотельная модель поршня и отливки, после чего переходили к проектированию оснастки. Но такой подход не подразумевает проведения собственно конструирования, а только лишь создания геометрической модели уже разработанного поршня. В настоящее время ОАО «АВТРАМАТ» приступает к производству поршней собственной разработки, что, в свою очередь, требует разработки соответствующей методики, учитывающей особенности проектирования и расчета с применением вычислительной техники, проведения экспериментальных исследований, а также учитывающей особенности производства.

Обзор публикаций и нерешенных проблем. Известные источники информации [1,2] не дают прямого ответа на вопрос о том, каким должна быть

конструкция поршня. В ряде работ [3,4] обсуждена общая постановка задачи и приведены некоторые частные решения по вопросам проектирования несущих поверхностей, но вопросы, связанные с оптимизацией внешней и внутренней поверхностей, освещены недостаточно.

Цель. Целью работы является систематизация и совершенствование методики получения тела, внешней и внутренней поверхностей поршня для последующего использования при проектировании поршней ДВС различного назначения производства ОАО «АВТРАМАТ».

Результаты исследований. Поставленная задача была решена и в результате разработана методика проектирования поршней, блок-схема которой показана на рисунке.

Исходным пунктом в методике проектирования поршня является постановка задачи, подразумевающая выдачу технического задания (ТЗ) на поршень. В ТЗ оговаривается назначение поршня, условия работы, тип дополнительного охлаждения (если необходимо), материал, из которого он будет изготовлен, основные геометрические параметры. На основе этих и других данных, характеризующих двигатель в целом, проводится тепловой расчет двигателя, в результате которого определяется давление

в цилиндре, необходимое для дальнейшего расчета поршня на прочность. Затем на основе ТЗ на поршень, теплового расчета двигателя, литературных источников [1,2], экспериментальных данных и существующих аналогов формируются геометрические ограничения, накладываемые на проектируемый поршень. Это – условный диаметр поршня, высота, диаметр и расположение отверстия под поршневой палец, количество, размеры и положение компрессионных и маслосъемных колец, тип и основные размеры камеры сгорания (КС), толщина доньшка и другие параметры, согласно которым строится предварительная трехмерная модель отливки, а затем и самого поршня. Большое влияние на формообразование внутренней части поршня оказывает последующая механическая обработка отливки, что подразумевает необходимость определения установочных баз. Таким образом, еще на стадии проектирования отливки поршня учитывается технологический аспект его создания.

Важным ограничивающим фактором при проектировании является масса, поэтому большое внимание уделяется оптимизации поршня по массе в целях снижения последней с сохранением необходимых прочностных свойств, а также обеспечения достаточной жесткости и хорошего теплоотвода от донца.

Следующий этап после создания трехмерной геометрической модели – создание модели для расчета методом конечных элементов (МКЭ). На этой модели выделяются специальные площадки для задания граничных условий при прочностном и тепловом расчетах. Для определения силы инерции, боковых сил и плеч, на которые они действуют, проводится динамический расчет двигателя. Результатами этого расчета являются параметры в цилиндре двигателя на режимах, при которых поршень испытывает наибольшие напряжения и деформации. После этого создаются модели силового и теплового нагружений поршня [3].

Далее твердотельная модель разбивается на конечные элементы, после чего проводятся силовой и тепловой расчеты по МКЭ. В результате этих расче-

тов получают поля напряжений и деформаций соответственно от силового воздействия и температуры, а также поле распределения температур.

Этап предварительного проектирования заканчивается оценкой результатов расчетов, при этом оценочным критерием являются критерий работоспособности по прочности. При неудовлетворительном результате проводится коррекция трехмерной модели отливки и поршня с последующим уточнением массы поршня, проведением повторного динамического расчета, коррекции трехмерной модели для расчета по МКЭ, уточнением модели силового и теплового нагружений, повторного разбиения модели на конечные элементы, проведением силового и теплового расчетов. Таким образом, коррекция модели проводится до тех пор, пока не будут выполнены все критерии оценки.

После принятия окончательного варианта модели формируется профиль поршня [4,5]. Параллельно этому проектируется и изготавливается литейная оснастка, а также оснастка для механической обработки. По окончании этого этапа изготавливается опытный образец.

Следующий крупный этап – экспериментальные исследования и их анализ. Экспериментальные исследования можно разделить на три основных типа – температурные, ресурсные и прочностные.

При температурных исследованиях экспериментальным путем определяется температурное поле поршня. Для этого в характерных точках поршня внедряются термоиндикаторы ИМТК (измерители максимальной температуры, кристаллические), которые позволяют измерить максимальную температуру на поверхности поршня на работающем двигателе. Измерения проводятся на режиме максимальной мощности, когда поршень испытывает наибольшие термические нагрузки. Метод измерения максимальной температуры с помощью ИМТК основан на отжиге дефектов, возникших в кристалле алмаза или карбида кремния под действием облучения, в результате чего параметры кристаллических решеток изменяются. По результатам экспериментальных данных проводится идентификация гра-

нических условий, которая заключается в нахождении условий теплообмена на поверхности поршня, обеспечивающих расчетное температурное поле, значения температур которого в контрольных точках совпадают со значениями температур, полученных экспериментально. После уточнения граничных условий проводится повторный тепловой расчет с последующей оценкой результатов. При необходимости в модель поршня вносятся изменения, и цикл повторяется, как было описано ранее.

В ходе прочностных исследований проводится идентификация модели нагружения и определяется коэффициент коррекции. Для проведения этих исследований на внутреннюю поверхность поршня наклеиваются тензорезисторы, а поршень монтируется на специальную установку, на которой имитируется нагружение поршня в цилиндре двигателя максимальным давлением цикла с учетом действия боковых сил. По результатам эксперимента проводится идентификация модели нагружения и определяется коэффициент коррекции

Ресурсные испытания проводятся на моторном стенде с динамометром постоянного тока DS 926-4V по утвержденной программе в соответствии с работой [6]. Важнейшим оценочным параметром при этих испытаниях является критерий работоспособности по износу.

По окончании полного цикла экспериментальных исследований и их анализа проводится необходимая коррекция модели поршня и литейной оснастки, а также остальные работы согласно приведенной схеме (см. рисунок). При получении положительного результата в ходе экспериментальных исследований поршень принимается к производству.

Перспективы дальнейших исследований. Описанная методика не включает в себя вопросы, связанные с поведением слоя смазки в зазоре «юбка поршня - гильза», существенно влияющих на работоспособность двигателя.

Выводы. Разработанная методика позволяет спроектировать поршень любой сложности и подготовить его к производству в кратчайшие сроки. Такая возможность объясняется тем, что при проекти-

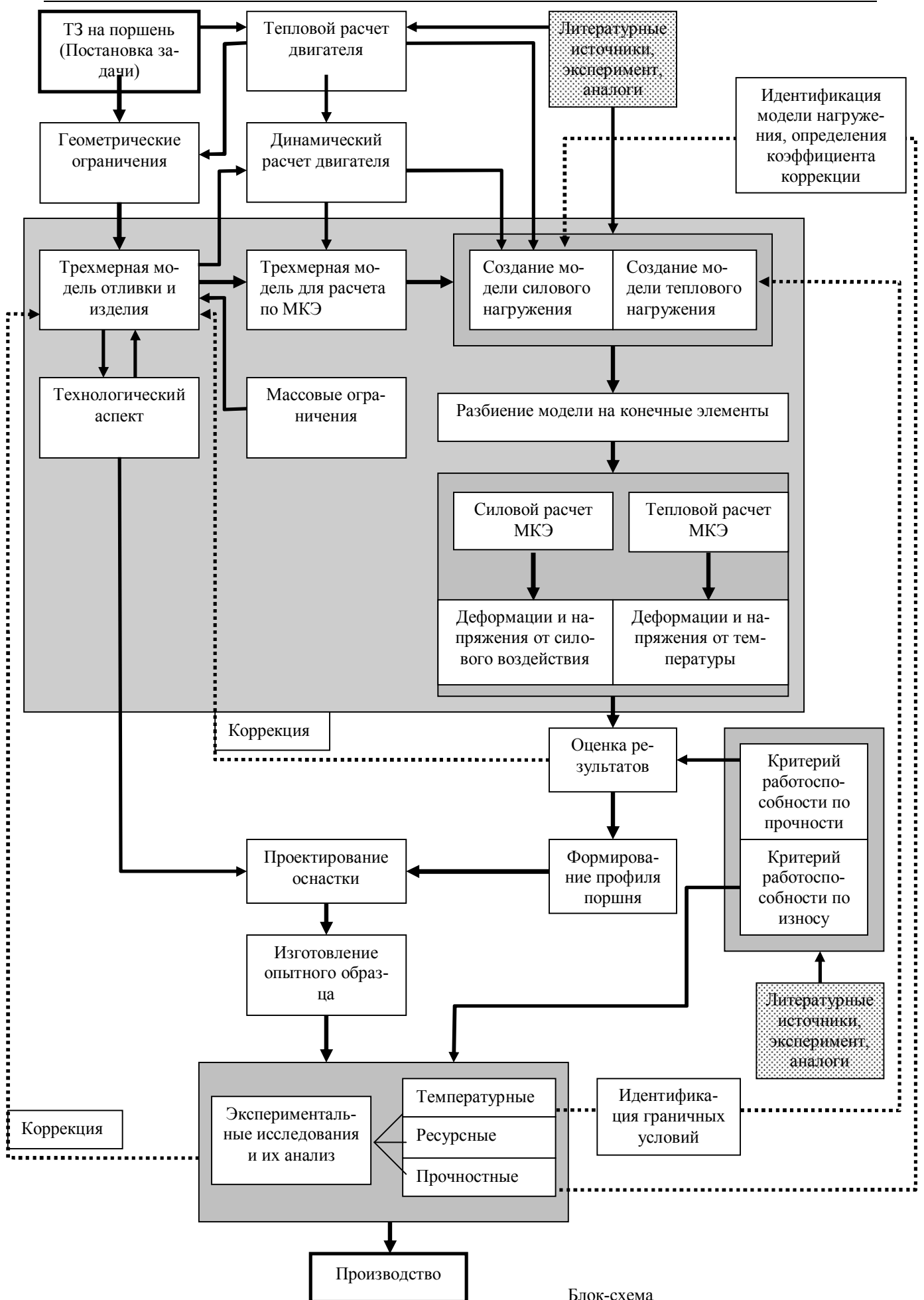
ровании используется современная вычислительная техника, программы прочностного расчета и теплонапряженного состояния, позволяющие на ранней стадии выявить «узкие» места и исправить модель поршня до создания опытного образца и проведения испытаний.

Литература

1. Автомобильные двигатели / Под ред. д-ра техн. наук И.С. Ховаха. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1977. - 592 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для студентов втузов, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов, Н.А. Ивашенко и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г.Круглова. - Изд. перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1984, -- 384 с.
3. Исследование температурного поля поршня / А.В. Белогуб, А.Г. Щербина, А.А. Зотов, Ю.А. Гусев // Авиационно-космическая техника и технология. - Харьков, 2002. Вып. 31. - С. 120-123.
4. Расчетно-экспериментальное формирование образующей поршня тепловозного дизеля / А.В. Белогуб, А.Г. Щербина, А.А. Зотов // Авиационно-космическая техника и технология. - Харьков, 2001. Вып. 26. - С. 100-102.
5. Белогуб А.В. Новые подходы к конструированию поршней // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. науч. тр.- Харьков: ХАИ, 2000. - Вып.19. Тепловые двигатели и энергоустановки.- С.201-206.
6. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. ГОСТ 14846-81 (СТ СЭВ 765-77). Государственный комитет СССР по стандартам. М. Издание официальное.

Поступила в редакцию 4.04.03

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Ведь В.Е., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков.



Блок-схема