

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЯ

*А.А. Зотов, инж.-констр., ОАО «АВТРАМАТ», г. Харьков, Украина*

Постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами. К цилиндрической поршневой группе современных двигателей для легковых автомобилей, как и к двигателю в целом, предъявляются все возрастающие требования по увеличению ресурса, сокращению до минимума времени приработки (обкатки), снижению шума и токсичности. Поэтому большое внимание уделяется проектированию поршня [1], который должен обладать совокупностью свойств: с одной стороны он должен иметь минимально возможную массу, с другой – обладать необходимой жесткостью и прочностью, а также хорошо отводить тепло от перегретых поверхностей. Кроме того, боковой поверхности поршня необходимо придать сложную бочкообразную и эллипсоидную форму, которая при работе поршня обеспечит оптимальное пятно контакта юбки со стенками цилиндра двигателя. Для решения этих задач в настоящее время используются различные программы конечно-элементного анализа. Однако принимая во внимание тот факт, что при моделировании невозможно учесть все факторы, присущие действительным процессам и то, что при расчетах принимаются различные допущения, упрощающие решение поставленной задачи, возникает необходимость в получении экспериментального подтверждения результатов, полученных расчетным путем. Для проведения подобных экспериментальных исследований необходимо проведение работ по проектированию соответствующего оборудования и разработке методики проведения эксперимента. Именно этой задаче и посвящена данная статья.

Обзор публикаций и нерешенных проблем. Следует отметить, что данному вопросу, о котором говорилось выше, в нашей стране уделялось недостаточное внимание. Известны работы, в которых описываются

установки для проведения экспериментальных исследований механических свойств материалов, используемых при изготовлении поршней [2, 3]. При этом образцы испытываемого материала подвергается механическим и термическим нагрузкам. Также известны работы по изучению термонапряженного состояния и температурного поля поршней [4, 5], в которых исследуемый поршень в одном случае, подвергался нагреву на специальной установке, а в другом – измерялась температура поршня на работающем двигателе. Однако определенную сложность представляет проведение натурного эксперимента на работающем двигателе, в ходе которого измерялись бы деформации и напряжения в реальном поршне.

Постановка задачи: Упростить решение этой задачи можно, если провести статическое нагружение поршня в специальной установке. При этом предлагается не учитывать термонапряженное состояние поршня, а проводить сравнение результатов расчета и экспериментальных данных, принимая во внимание только силовое нагружение поршня. Это позволяет значительно упростить конструкцию экспериментальной установки и, в частности, сделать более простым съем сигнала с датчиков, расположенных на испытуемом поршне, и передачу его к измерительному комплексу. Таким образом, основной задачей в рамках этой работы и её первым этапом является разработка конструкции нагруженного устройства.

В ходе проделанной работы была спроектирована и изготовлена установка (рис.1) для статического нагружения поршня, измерительный комплекс, а также разработана методика проведения эксперимента.

### Описание установки

**Назначение:** установка предназначена для имитации силового нагружения поршня от давления газов и

реакций от опорных поверхностей (стенки цилиндра, поршневой палец).

**Устройство:** установка состоит из основания 12, на котором посредством четырех винтов 11 и прижимных шайб 13 зафиксирована гильза 7, имитирующая цилиндр двигателя. Для центрирования гильзы в основании выполнено углубление и установлен штифт 14. Гильза сверху закрывается крышкой 2, которая одновременно является направляющей для штока 1, жестко связанного с нагрузочным поршнем 4. В

поршне выполнены две канавки в которые установлены уплотнительные кольца 5. Форма и размер канавок выбраны таким образом, чтобы сохранялась возможность использовать уплотнительные кольца одного типоразмера для установки как в испытываемый поршень 17, так и в нагрузочный поршень. Крышка крепится к гильзе тремя быстросъемными винтами 30 с рифленой головкой. В пазу основания установлен ползун 18, снабженный стрелкой, на котором

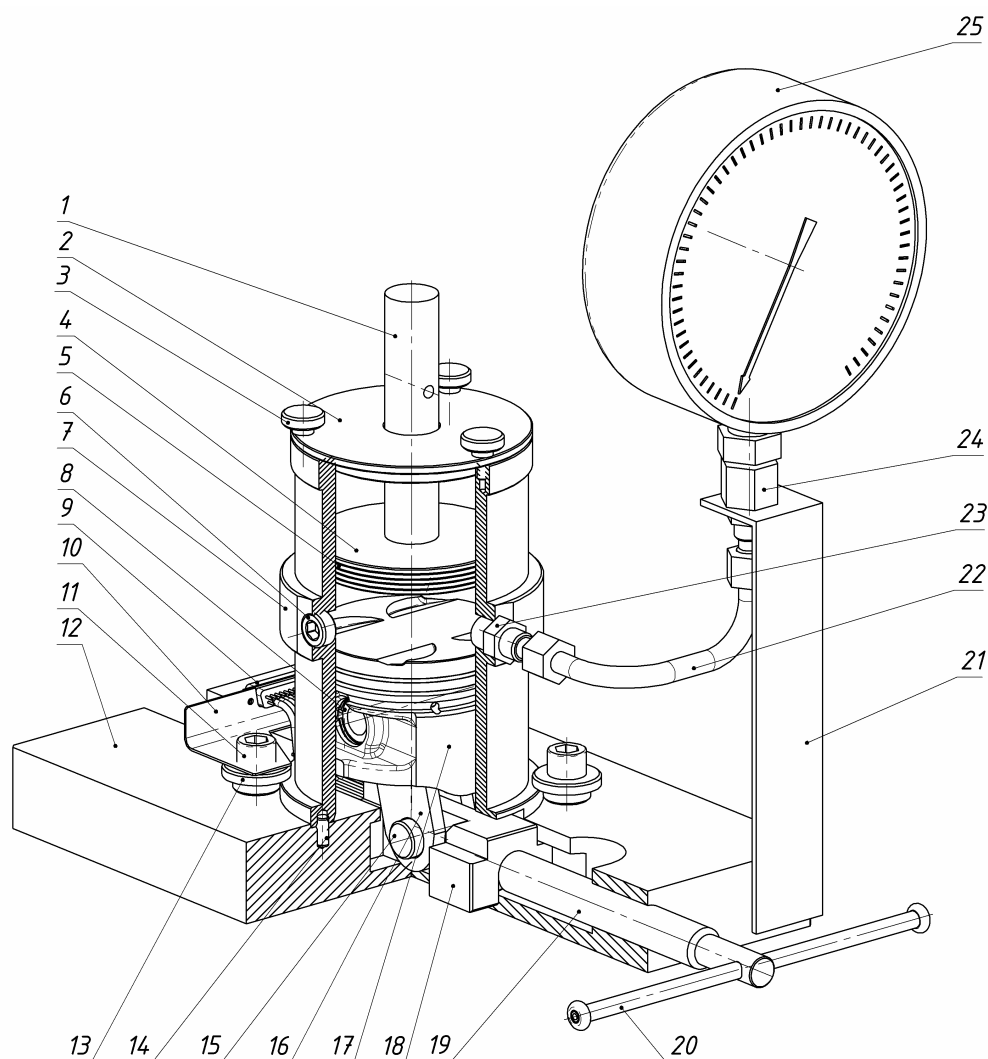


Рис. 1. Установка для нагружения поршня

шарнирно на оси 15 установлен шатун 16, связанный с испытываемым поршнем поршневым пальцем 9. Стрелка служит для определения местоположения ползуна, зная которое, можно определить и угол на-

клона шатуна. Для перемещения ползуна используется ходовой винт 19, головка которого входит в Т-образный паз ползуна. Винт приводится во вращение воротком 20, вставленным в отверстие в теле вин-

та. Для определения давления в гидросистеме устройства на плите при помощи кронштейна 21 установлен манометр 25, соединенный с гильзой медной трубкой 22 и штуцерами 23 и 24. Второе резьбовое отверстие в гильзе служит для слива масла из установки и закрыто пробкой 6. Также на плите зафиксирован кронштейн 10 с разъемом 9, к контактам которого припаяны выводы от тензодатчиков, установленных в исследуемом поршне.

### Принцип работы

Установка работает следующим образом. Под воздействием гидропресса, на котором монтируется основание установки при проведении нагружений, шток с нагрузочным поршнем перемещается навстречу испытываемому поршню, при этом давление масла внутри гильзы плавно увеличивается. Величина давления контролируется манометром, соединенного с гильзой медной трубкой. Благодаря ходовому винту, ползун может перемещаться в направляющем пазу и отклонять шатун на нужный угол, чем достигается имитация положения поршня в цилиндре двигателя во всем диапазоне перемещения его от верхней мертвой точки до нижней мертвой точки и обратно; соответственно этому будут изменяться боковые силы, действующие на юбку поршня. Нагружения поршня проводятся в соответствии с выбранными режимами работы двигателя для характерных точек, взятых из индикаторной диаграммы, текущего положения поршня и шатуна и геометрии собственно поршня, например момент наступления максимального давления в цилиндре. Для этих точек определяются такие параметры, как давление в цилиндре, угол поворота коленчатого вала (угол наклона шатуна), величина ускорения поршня.

С целью приближения условий эксперимента к реальным условиям работы поршня необходимо усовершенствовать приведенную установку, обеспечив подогрев внешней стороны доньшка поршня, симметрировав, таким образом, воздействие горячих газов на поршень. Такая работа потребует применения высо-

котемпературных жидкостей и неразрезных уплотняющих колец с заданной теплопроводностью.

**Выводы.** В результате проведенной работы создана экспериментальная установка, позволяющая исследовать напряженное состояние поршня и получать корректные граничные условия для последующего использования в расчетах.

### Литература

1. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей: Уч. для студентов ВТУЗов, обучающихся по специальности “Двигатели внутреннего сгорания” / Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко и др. / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова.- М.: Машиностроение, 1984.- 384 с.
2. Абрамчук Ф.И. Исследование нестационарной теплопроводности поршня быстроходного форсированного тракторного двигателя: Дис... канд. техн. наук.– Харьков; 1977.- 120 с.
3. Абрамчук Ф.И. Основы повышения термоусталостной и длительной прочности поршней быстроходных форсированных дизелей: Дис... д-ра техн. наук / ХПИ.– Харьков, 1992.- 340 с.
4. Мелекесцев Г.А. Физическое моделирование термомеханической усталостной и длительной прочности поршней при изменении степени форсирования и условий эксплуатации тракторных и комбайновых дизелей: Дисс... канд. техн. наук.– Харьков, 1993.- 125 с.
5. Исследование температурного поля поршня. / А.В. Белогуб, А.Г. Щербина, А.А. Зотов, Ю.А. Гусев // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. науч. тр.- Харьков: ХАИ, 2002.- Вып. 31. Двигатели и энергоустановки.– С. 120-123.

*Поступила в редакцию 08.06.03*

**Рецензенты:** канд. техн. наук, Главный конструктор А.В. Белогуб, ОАО «АВТРАМАТ», г. Харьков; канд. техн. наук, доцент А.В. Олейник, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.