

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КАВИТАТОРОВ В ТОПЛИВНОЙ МАГИСТРАЛИ АВТОМОБИЛЯ

В. М. Забила, И. В. Ночниченко, Д. В. Костюк, А. И. Зилинский

*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Научный руководитель А. Ф. Луговской

Актуальность. На сегодняшний день существуют автомобильные портативные подкапотные топливные кавитаторы и активаторы топлива, функция которых заключается в улучшении эксплуатационных характеристик горючего для ДВС, а именно экономия топлива, экологичность и повышение мощности двигателя с помощью гидродинамической кавитации и магнитных активаторов [1], [2].

Анализ существующих решений показал, что при кавитационной обработке топлива меняются его эксплуатационные характеристики: снижается плотность, увеличивается текучесть, увеличивается эффективность сгорания, что ведет к снижению вредных выбросов двигателей, топливной экономичности до 30 % [3]–[6]. Для эффективного использования кавитационных явлений в технологических процессах необходимо исследовать механизм возникновения кавитационных пульсаций давления и обеспечения образования кавитации в широком диапазоне работы в переменных условиях эксплуатации. Активированное жидкое топливо имеет повышенные энергетические показатели горения. Такое топливо успевает полностью с максимальной эффективностью сгореть в камере двигателя внутреннего сгорания, в результате чего не смывается смазочная пленка с пар трения.

Цель: повышение энергетических характеристик топлива за счет гидродинамической кавитационной обработки.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- анализ способов достижения стабильности кавитационной обработки топлива в изменяющихся условиях эксплуатации;
- исследование взаимосвязи конструктивных параметров, проводимости сопел и температуры рабочей жидкости, расход и перепад давления;
- разработка схемы экспериментального стенда для исследования различных форм гидродинамических кавитаторов.

Для решения поставленной задачи на основании анализа существующих типов дроссельных устройств и их расходно-перепадных характеристик определено, что насадок типа сопла Лавалья является наиболее энергоэффективным для использования его на низких скоростях движения жидкости и перепадах давления (рис. 1) [7], [8]. Устройство устанавливается в разрыв топливной магистрали между топливным насосом и двигателем.

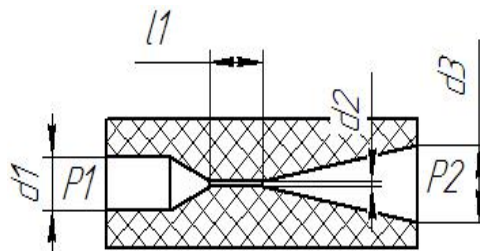


Рис. 1. Принципиальная схема гидродинамического кавитатора типа сопла Лавалья

Для эффективной работы устройства в топливной магистрали автомобиля (стабильной кавитации) нужно обеспечить скорость движения жидкости в сопле в пределах 20–30 м/с.

Основные характеристики топливной магистрали автомобиля (с объемом двигателя 1,2–1,6 л):

- расход рабочей жидкости (Q) – 4–6 л/мин;
- начальная температура топлива (t) – 20 °С;
- рабочее давление в топливной системе (p) – 2,5–3,5 бар.

На следующем шаге была разработана оригинальная схема стенда с обратным проточным сливом топлива в бак (топливо с постоянной скоростью движется от насоса в бак на всех режимах работы) (рис. 2). Постоянная скорость топлива дает возможность расчета дроссельного отверстия d_2 (давление насыщенного пара для бензина составляет по ДСТУ 4063–2001 79,9 кПа) при условии незначительного изменения температуры.

Предложенное кавитационное устройство для обработки жидкости позволяет активировать жидкость за счет гидродинамической кавитации.

Экспериментальный стенд состоит из гидродинамического кавитатора, в котором рационально подобрано количество и размер дросселирующих элементов для обеспечения наиболее эффективного кавитационного течения ГДК, обратный клапан КТП с термокомпенсацией установлен для предотвращения избыточного давления при увеличении плотности или вязкости топлива, а также предотвращения непоступания топлива при засорении сопел, топливной рампы, распределителя ИР для имитации пульсаций впрыска топлива, клапана давления КД для защиты системы питания, автомобильного фильтра для очистки топлива Ф, редукционного клапана КР для поддержания соответствующего давления впрыска топлива с рампы, манометров М1 и М2 для фиксации перепада давления на кавитаторе, расходомера Р.

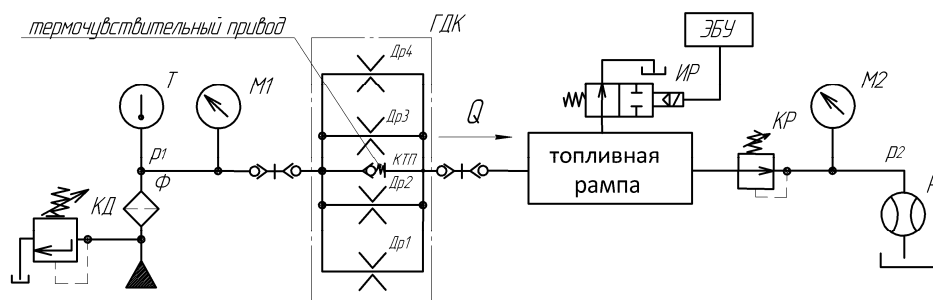


Рис. 2. Принципиальная схема стенда для исследования ГДК проточного типа:
 ГДК – гидродинамический кавитационный генератор; КД – клапан давления;
 Ф – автомобильный фильтр; КР – редукционный клапан; ИР – имитирующий
 распределитель; ЭБУ – электронный блок управления;
 М1, М2 – манометры; Р – расходомер

Из уравнения расхода в сопле Лавалья диаметр дросселя (d_2) рассчитывается по формуле

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_2}},$$

где V_2 – необходимая скорость движения жидкости в сопле.

Экспериментальное исследование. Исследование проводится на гидравлическом стенде, который был разработан под условия работы узла гидродинамического кавитатора в топливной магистрали автомобиля (рис. 2). Спроектирован и изготовлен макет с прозрачной рабочей камерой из полиметилметакрилата, что позволяет фиксировать гидродинамические процессы при проведении эксперимента высокоскоростной камерой.

Экспериментальный образец подкапотного гидродинамического кавитатора показан на рис. 3. При проливке кавитатора бензином наблюдалось образование кавитационного факела и дальнейшее движение кавитационного потока на выходе из аппарата.

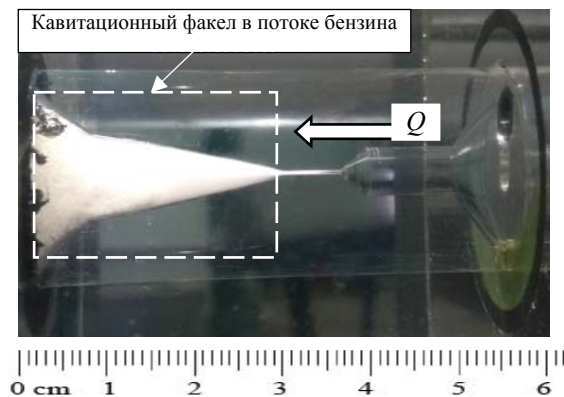


Рис. 3. Сформированный кавитационный факел в сопле Лавалья, давление 2,5 бар, расход 1,4 л/мин, диаметр дросселя $d_2 = 0,8$ мм

Заключение. В результате проведенной работы определено теоретически и подтверждено экспериментально, что сопло Лавалья является наиболее энергоэффективным при небольших давлениях и скоростях движения жидкости, также убедились в этом практически с помощью визуализации рабочего процесса в изготовленном гидродинамическом кавитационном устройстве из прозрачного органического стекла.

Экспериментально подтверждена работоспособность изготовленного кавитатора и установлено, что давление насыщенного пара может варьироваться в зависимости от температурных условий эксплуатации и режимов работы двигателя, при условии, что система подачи топлива автомобиля является не «тупиковой».