

УДК 621.43.06:534.13

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛУШИТЕЛЯ ШУМА ВЫПУСКА ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ALLBEA NOISE

Дадашов Р.Э.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия, reshad.dadashov85@mail.ru

Ключевые слова: двухтактный двигатель, глушители, шум, имитационное моделирование, оптимизация.

Проведенное исследование было выполнено с применением расчетной методики для оценки уровня шума на выпуске из численных расчетов по 1D модели. В рамках данного исследования была выполнена расчетная оптимизация параметров переходных каналов и камер глушителя, с целью улучшения звуковых показателей глушителя. [1]

Использование глушителя шума выпуска снижает интенсивность колебаний газового потока на выходе из газоздушного тракта тем самым уменьшая уровень звукового давления. От глушителя требуется преобразовать поток с пульсациями в стационарное и снизить скорость потока истечения газов в атмосферу.

В конструкции глушителя может быть заложен «газодинамический» подход [1]. В конструкции глушителя проточная часть устройства включает в себя ряд камер, которые соединены между собой относительно длинными каналами. Эти каналы выполняют функцию задержки распространения волны давления к последней камере глушителя, что связано с возмущениями, возникающими при перетекании газов через отверстия и короткие соединительные элементы. При данном подходе пульсации потока ослабляют, используя в основном волновые, а не диссипативные эффекты.

1D модель двигателя была построена в программном пакете ALLBEA выпуска 2023 г. [2], включающем программы ALLBEA OPTIM и ALLBEA NOISE, созданные в УУНиТ.

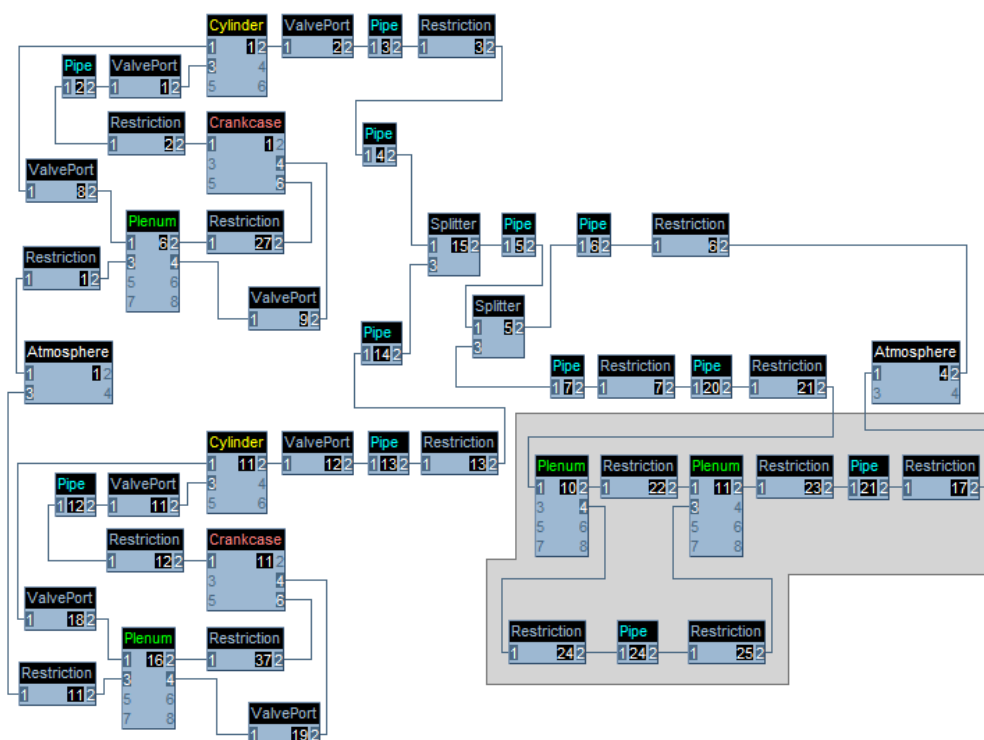


Рис. 1. Структура 1D модели двигателя в ALLBEA

Модель содержит модели отдельных элементов (каналов и емкостей, включая кривошипные и рабочие камеры двигателя), а также модели соединений (местных сопротивлений, обратных пластинчатых клапанов, газообменных окон и «тройников») из библиотеки моделей пакета *ALLBEA*.

1D модель проверена с показателями стендовых измерений, показав удовлетворительную точность. Задач по точности не ставилось, так как модель предназначалась для сравнительных расчетов.

По программе *ALLBEA NOISE* проводился расчет, программа рассчитывает возмущение в окружающей среде по 2D осесимметричной модели. Обработка численных данных дает оценку уровня звукового давления L в точке.

По методике рассчитывали серийную систему выпуска. В опытный глушитель добавлялся длинный соединительный канал, связывающий между собой камеры глушителя. Опытный глушитель вносился в *ALLBEA OPTIM* для оптимизации размеров соединительного канала. Основными размерами были L_T и D_T внутренней трубки глушителя, помимо этого были диаметры отверстий перегородки. Находили максимум следующей целевой функции:

$$f(L_T, D_T, D_{\text{отв}}, V_1) = (\Delta u_{\text{ср кв}})^{-1}, \quad (1)$$

где $\Delta u_{\text{ср кв}}$ – среднеквадратичное отклонение скорости потока газов на срезе выходного патрубка глушителя от средней скорости потока на этом срезе:

$$\Delta u_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i - u_{\text{ср}})^2}, \quad (2)$$

$$u_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i}. \quad (3)$$

Кроме целевой функции, устанавливалось ограничение на такой показатель как расчетная мощность, её значение не должно было быть ниже, чем на 3% от расчетной мощности с серийным глушителем.

Значение звукового давления на выпуске для серийного глушителя составило 105,9 дБ при эффективной мощности 41,9 кВт. Для опытного глушителя звуковое давление составило 99 дБ, а эффективная мощность 40,06 кВт.

Был проведён анализ воздействия изменения объема камер глушителя и добавлен соединительный канал между ними. Используя описанную методологию, были рассчитаны характеристики двигателя и уровень шума при использовании серийного глушителя. Затем была внесена модификация в конструкцию глушителя путем введения «настроенного» соединительного канала, после чего произведена оптимизация основных размеров глушителя. Для оптимальной модификации глушителя были проведены расчеты по работе двигателя и уровню звукового давления на выпуске в различных диапазонах частот вращения коленчатого вала. Полученные данные были подвергнуты детальному анализу.

Результаты численных методов показали уменьшение шума на 7 дБ и незначительное снижение мощности (на 2,5%).

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FEUE-2023–0007 (УУНиТ).

Список литературы

1. Рудой Б.П., Вахитов Ю.Р. Снижение газодинамического шума циклических и импульсных энергоустановок. Уфа: УГАТУ, 2008.
2. Еникеев Р.Д., Черноусов А.А. Проектирование и реализация пакета прикладных программ для анализа и синтеза сложных технических объектов // Вестник УГАТУ. 2012. Т. 16, № 5. С. 60–68.
3. ГОСТ Р 52231–2004. Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерения. М.: Стандартиформ, 2004.

Сведения об авторах:

Дадашов Р.Э., аспирант кафедры ДВС УУНиТ. Область научных интересов: двигатели внутреннего сгорания, двигатели, моделирование.

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF PISTON ENGINE EXHAUST NOISE SILENCER USING ALLBEA NOISE

Dadashov R.E.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, reshad.dadashov85@mail.ru

Keywords: two-stroke engine, mufflers, noise, simulation modeling, optimization.

The paper presents an analysis and optimization of a muffler for noise reduction in a piston engine using so called “gas dynamic” approach. The study involved evaluating noise levels at the exhaust through numerical 1D modeling. Calculations optimized the transitional channels and chambers within the muffler to enhance sound performance. A long tube connecting two base muffler chambers was integrated for gas dynamic noise suppression. The 1D engine model created with ALLBEA incorporated ALLBEA OPTIM and ALLBEA NOISE programs for simulations. The model included engine elements, connections, and local resistances. Through ALLBEA NOISE, disturbances were calculated in the surrounding environment using a 2D axisymmetric model. An optimization process utilizing ALLBEA OPTIM resulted in a 7 dB noise reduction and a slight 2.5% power decrease while maintaining satisfactory accuracy compared to experimental measurements. The study showcased the effectiveness of the modified muffler design in reducing noise levels while maintaining engine performance.

The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Assignments № FEUE-2023-0007.