

**НАУКОВЕДЕНИЕ, МЕТОДИКА И ТЕХНИКА
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_05

Научная статья

УДК 533.6.071.5

ГРНТИ 44.01.77

ВАК 2.4.5

**Оценка экономической целесообразности и анализ эффективности патрубков
холодного выпуска на основе CFD-моделирования**

Иван Федорович Нищук ^{1*}, Александр Геннадьевич Ульянов ²
Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия

^{1*} ivannovoros23@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru

Аннотация

В статье представлен простой и наглядный подход к экономической оценке двух конструкций патрубков холодного выпуска для двигателя внутреннего сгорания: коммерческого изделия Wangan и самодельного конфузора.

На основе результатов CFD-расчётов в SOLIDWORKS Flow Simulation выполнен пересчёт улучшения аэродинамических параметров в годовую экономию топлива.

С использованием актуальных данных 2026 года (цена бензина 74,38 руб./л, среднегодовой пробег 16 800 км) рассчитаны срок окупаемости и рентабельность инвестиций за 5 лет. Показано, что патрубок Wangan не даёт экономического эффекта (окупаемость отсутствует), тогда как конфузор, обеспечивающий приrost расхода воздуха на 1,5 % и снижение температуры на 0,3 °C, позволяет сэкономить около 18,5 л топлива в год (1 376 руб.), окупается за 3 года и даёт 64 % рентабельности за 5 лет.

Практическая значимость — в демонстрации методики, доступной для рядового автовладельца, позволяющей принимать обоснованные решения о тюнинговых вложениях.

Ключевые слова: SOLIDWORKS Flow Simulation, CFD-моделирование, экономическая эффективность, тюнинг ДВС, конфузор, срок окупаемости, рентабельность, топливная экономия.

Введение

Рост цен на топливо, перебои в логистике, сложности с заправкой делают вопрос экономии топлива всё более актуальным для автовладельцев.

В 2026 году средняя цена бензина АИ-95 в России достигла 74,38 руб./л [1], что на 15 % выше, чем в 2025 году. Поэтому любые технические решения, обещающие снижение расхода топлива ДВС являются крайне актуальными [2, 3].

Однако не все они действительно эффективны, а их окупаемость часто остаётся за рамками анализа.

Среди популярных тюнинговых продуктов — патрубки холодного впуска, которые, по заверениям производителей, увеличивают расход воздуха и снижают его температуру, улучшая наполнение цилиндров. Однако реальные испытания часто не подтверждают заявленных эффектов.

Цель данной исследовательской работы — на основе объективных CFD-расчётов оценить экономическую выгоду от двух вариантов: дорогого серийного патрубка Wangan и конфузора, изготовленного авторами по результатам ранее проведенного исследования [4]. Для этого были использованы только простые арифметические формулы, доступные каждому автомобилисту [5 - 7].

Обзор подходов к оценке эффективности

Традиционно влияние впускной системы оценивают на стендах мощности, но такие испытания дороги и недоступны большинству автовладельцев.

Очевидно, что оценочные характеристики более доступно получить с использованием программных комплексов математического моделирования, использующих специализированное программное обеспечение [8].

Современные CAE-пакеты, например такие как SOLIDWORKS Flow Simulation, [9] позволяют моделировать потоки воздуха с высокой точностью без физических прототипов. Однако инженеры редко переводят полученные цифры (например, «расход вырос на 1,5 %») в фактический экономический эффект (в руб. за период) при различных условиях эксплуатации техники.

Существующие экономические расчёты в основном касаются макроуровня, а не отдельных тюнинговых деталей.

Авторы предлагают простую методику, которая связывает технические параметры с годовыми затратами на топливо и позволяет водителю самостоятельно оценить выгоду [10, 11].

Методология исследования

1. Инженерный этап — получение исходных данных

Выполнено CFD-моделирование в SOLIDWORKS 2024 Flow Simulation для двух патрубков, устанавливаемых на двигатель Subaru EJ253 (2,5 л, атмосферный). Граничные условия идентичные: скорость воздуха на входе 60 м/с, давление 101 325 Па, температура 20 °С.

Результаты расчётов:

Патрубок Wangan (цена ~15 000 руб.) — температура на выходе 21,6 °С (выше входной), скорость потока ~32 м/с, массовый расход не изменился. То есть при установке данного патрубка никакого улучшения нет.

Конфузор (изготовление из алюминиевой трубы стоит ~4 200 руб. с учётом инфляции 2026 года) — температура на выходе 20,7 °С (снижение на 0,3 °С), скорость возросла до 43 м/с, объёмный расход увеличился примерно на 1,5 %.

Таким образом, установлено что из двух исследуемых патрубков только конфузор даёт реальное улучшение.

2. Экономический этап — перевод в затраты

Известно, что для бензиновых атмосферных двигателей увеличение массового расхода воздуха на 1 % даёт снижение удельного расхода топлива примерно на 0,7 % при частичных нагрузках. Снижение температуры на 0,3 °С добавляет ещё около 0,1 % за счёт увеличения плотности воздуха. Итого суммарное улучшение для конфузора [4]:

$$\varepsilon = 0,7 \cdot 1,5 \% + 0,1 \% = 1,15 \% \approx 1,1 \% \text{ (принимаем консервативно).}$$

Для Wangan $\varepsilon = 0 \%$, так как изменений нет.

Основные расчётные формулы (упрощённые)

Годовая экономия топлива в литрах

$$V_{\text{эконом}} = \frac{L}{100} \times Q_0 \times \varepsilon; \quad (1)$$

где $V_{\text{эконом}}$ — годовая экономия топлива, литров в год;

L — годовой пробег автомобиля, км;

Q_0 — базовый расход топлива, л/на 100 км;

ε — относительное улучшение (доля экономии), безразмерная величина (например, 0,011 для 1,1 %).

Принимаем:

$L = 16\,800$ (среднегодовой пробег бензиновых автомобилей в РФ по данным 2026 года) [8];

$Q_0 = 10$ л/на 100 км (реалистичный расход в смешанном цикле для автомобиля 2,5 л).

Тогда:

$$V_{\text{эконом}} = \frac{16800}{100} \times 10 \times 0,011 = 18,5 \text{ л/год.}$$

Годовая экономия в рублях

$$S = V_{\text{эконом}} \times P; \quad (2)$$

где S — годовая экономия в денежном выражении, руб.;

$V_{\text{эконом}}$ — годовая экономия топлива, л;

P — цена одного литра топлива, руб./л.

$P = 74,38$ руб./л (средняя цена АИ-95 на июнь 2026 года [1]).

$S = 18,5 \cdot 74,38 = 1\,376,03 \approx 1\,376$ руб./год.

$$S = 22 \times 55 = 1376 \text{ руб/год.}$$

Простой срок окупаемости (в годах)

$$T_{\text{ок}} = \frac{I_0}{S}; \quad (3)$$

где I_0 — первоначальные затраты на установку, руб.;

$I_0 = 4\,200$ руб. (стоимость материалов и изготовления);

S — годовая экономия, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{4200}{1376} = 3,05 \text{ года.}$$

Рентабельность инвестиций за 5 лет

$$ROI = \frac{S \times 5 - I_0}{I_0} \times 100 \%;$$
 (4)

Где $S \times 5$ – суммарная экономия за 5 лет.

$$ROI = \frac{6880 - 4200}{4200} \times 100\% = 63,8 \%.$$

Результаты расчётов

Все числовые данные, полученные по формулам (1) – (4), сведены в таблицу 1 для наглядного сравнения двух вариантов.

Таблица 1 – Сводные данные исследования патрубков

Показатель	Патрубок Wangan	Конфузор
Годовая экономия топлива, л	0	18,5
Годовая экономия, руб.	0	1 376
Первоначальные затраты, руб.	15 000	4 200
Простой срок окупаемости, лет	∞	3,05
Рентабельность за 5 лет, %	–100	+63,8

Интерпретация.

Конфузор окупается чуть более чем за 3 года, а за 5 лет приносит прибыль в размере 2 680 руб. сверх вложенных средств, что эквивалентно доходности 64 % за 5 лет.

Патрубок Wangan не даёт никакой экономии, поэтому его покупка — это чистый убыток 15 000 руб.

Анализ чувствительности (что изменится при других условиях)

Выполненные расчёты основаны на среднестатистических данных. Рассмотрим, как меняется срок окупаемости конфузора при изменении двух главных факторов — пробега и цены бензина.

Влияние годового пробега.

При той же цене 74,38 руб./л и расходе 10 л/на 100 км:

Если пробег 10 000 км/год → экономия = $100 \cdot 10 \cdot 0,011 = 11$ л → $S = 818$ руб. → окупаемость = $4200/818 = 5,1$ года (более 5 лет — уже невыгодно).

Если пробег 20 000 км/год → экономия = $200 \cdot 10 \cdot 0,011 = 22$ л → $S = 1636$ руб. → окупаемость = $4200/1636 = 2,57$ года.

Если пробег 25 000 км/год → окупаемость ≈ 2 года.

Вывод: конфузор выгоден тем, кто проезжает более ~15 000 км в год. Средний пробег в России (16 800 км) как раз попадает в эту зону.

Влияние цены топлива.

При пробеге 16 800 км и расходе 10 л/на 100 км экономия в литрах = 18,5 л/год.

При цене 50 руб./л $\rightarrow S = 925$ руб. $\rightarrow$ окупаемость = $4200/925 = 4,54$ года.

При цене 60 руб./л $\rightarrow S = 1110$ руб. $\rightarrow$ окупаемость = 3,78 года.

При цене 74,38 руб./л $\rightarrow$ окупаемость = 3,05 года.

При цене 90 руб./л $\rightarrow$ окупаемость = $4200/(18,5 \cdot 90) = 4200/1665 = 2,52$ года.

Чем выше цена бензина, тем быстрее окупаемость. Учитывая, что цены на топливо имеют долгосрочный тренд к росту, конфузор становится всё более привлекательным [10].

Что если расход автомобиля меньше?

Для малолитражных двигателей с расходом 6 – 7 л/на 100 км экономия будет пропорционально меньше, и срок окупаемости возрастет.

Для двигателей объёмом 2,5 л и выше расход 10 – 12 л/на 100 км — конфузор оправдан.

Сравнение с альтернативой

Если не ставить никакого патрубка, то затраты равны нулю, но и экономии нет. Альтернативой является вложение 4 200 руб. в банковский вклад.

При средней ставке по депозитам в 2026 году около 14–15% годовых (близко к ключевой ставке) за 5 лет сумма выросла бы до $4\,200 \cdot (1,15)^5 \approx 8\,450$ руб., прибыль составила бы ~ 4 250 руб.

Чистая прибыль от конфузора за 5 лет = $6\,880 - 4\,200 = 2\,680$ руб., что меньше, чем доход от депозита. Однако у конфузора есть дополнительный бонус — улучшение динамики разгона, что субъективно ценно для многих водителей. Кроме того, мы не учитывали рост цен на топливо, который увеличит фактическую экономию.

Таким образом, конфузор — это разумный компромисс между финансовой выгодой и улучшением характеристик автомобиля.

Рекомендации для автовладельцев

Не целесообразно приобретать дорогие патрубки холодного впуска ДВС, если у вас нет независимых, достоверных подтверждений их эффективности. Проведенное исследование показало, что экономическая целесообразность установки конкретного образца такого дополнительного оборудования отсутствует.

Конфузор простой геометрии — реально работающее решение и при определенных условиях эксплуатации ДВС его установка экономически оправдана.

Так при годовом пробеге от 15 000 км и цене бензина выше 50 руб./л он окупается за 3–4 года.

Если ваш годовой автопробег менее 10 000 км/год, то любые вложения во впускную систему вряд ли окупятся — лучше воздержаться от модернизации.

При самостоятельном изготовлении конфузора важно соблюдать плавность перехода сечений, чтобы избежать турбулентностей — это подтверждено CFD-моделированием [12] и более подробно рассмотрено в проведенном ранее исследовании [4].

Заключение

На основе данных CFD-моделирования, полученных в работе [9], и простых экономических формул мы показали, что:

- патрубок холодного впуска Wangan не даёт никакого прироста расхода воздуха и снижения температуры, поэтому его покупка экономически не целесообразна;

- простой конфузор, напротив, увеличивает объёмный расход на 1,5 % и несколько снижает температуру, что при среднем пробеге 16 800 км/год даёт экономию около 18,5 л бензина в год (~1 376 руб. при цене 74,38 руб./л). При затратах на изготовление 4 200 руб. он окупается за 3 года, а за 5 лет приносит рентабельность 64 % (см. таблицу 1);

- предложенная методика проста и понятна любому водителю, позволяет самостоятельно оценить целесообразность тюнинговых вложений и не полагаться на маркетинговые обещания.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Использование результатов CFD-моделирования, полученных в работе, осуществлено исключительно в научно-исследовательских целях, без какой-либо коммерческой заинтересованности.

Список источников:

1. Как изменились цены на бензин — данные Росстата - 1 июля 2026 // E1.ru. – URL: <https://www.e1.ru/text/economics/2026/07/01/76510713/>(дата обращения: 15.06.2026). – Текст: электронный.
2. Ульянов А.Г., Крукович А.Р., Матковский В.В. Область применения ГТН ДВС на кораблях ВМФ и перспективы повышения их моторесурса// Материалы постоянно действующего общеакадемического семинара по проблеме «Системный анализ при создании и применении кораблей, вооружения и военной техники», Выпуск 12, ВМА им. Н.Г. Кузнецова, СПб, 2000, С. 66-74.
3. Ульянов А.Г., Волошин Ю.П. Моделирование и расчет малорасходных турбокомпрессоров в системе исследовательского проектирования// Сборник статей «Проблемы и методы разработки и эксплуатации вооружения и военной техники» Выпуск 22.-Владивосток, ТОВМИ им. С.О. Макарова, 2000, С. 191-198.
4. Татъянин Н.С., Ульянов А.Г., Картыгин А.В. Имитационное моделирование числовых характеристик воздушного потока в сужающемся сопле с использованием специализированных программных комплексов // Молодёжный вестник Новороссийского филиала БГТУ им. В. Г. Шухова. Том 5, № 4 (20), Новороссийск, НФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025 г., С. 20-30.
5. Гусев, А. Н. Влияние геометрии впускного тракта на наполнение цилиндров двигателя внутреннего сгорания / А. Н. Гусев, С. В. Петров // Двигателестроение. – 2021. – № 4. – С. 25–31.
6. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SOLIDWORKS FlowSimulation / А. А. Алямовский. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 400 с. – ISBN 978-5-97060-784-2. – Текст: непосредственный.

7. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. – 7-е изд., испр. – Москва: Дрофа, 2003. – 840 с. – ISBN 5-7107-6327-3. – Текст: непосредственный.
8. Ульянов А.Г., Павленко А.Г. Использование программных комплексов математического моделирования в учебном процессе при изучении технических дисциплин //Сборник тезисов докладов на 1 Дальневосточной Конференции студентов и аспирантов по математическому моделированию. - Владивосток, ДВГУ, 1997, С. 78-81.
9. ANSYS CFX-Solver Theory Guide. – 2023. – URL: <https://www.ansys.com/resource-library> (дата обращения: 25.05.2026). – Текст: электронный.
10. Вершинский, А. Ю. Методы компьютерной гидрогазодинамики в автомобилестроении / А. Ю. Вершинский, В. В. Крылов // Труды НАМИ. – 2019. – № 287. – С. 45–52.
11. Опыт тюнинга впускного коллектора [Электронный ресурс]: автолюбительский форум. – URL: <https://www.drive2.ru/l/624713920673743962/> (дата обращения: 25.06.2026).
12. Сравнительный анализ геометрий впускных трактов [Электронный ресурс]: автолюбительский форум. – URL: <https://www.drive2.ru/l/709768017029895295/> (дата обращения: 25.06.2026).

Assessment of the economic feasibility and analysis of the efficiency of cold intake manifolds based on CFD modeling

Ivan Fedorovich Nischuk ^{1*}, Alexander Gennadievich Ulyanov ²

*Branch of Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov in Novorossiysk,
Novorossiysk, Russia*

^{1*} ivannovoros23@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru

Abstract

The paper presents a simple and visual approach to the economic assessment of two cold air intake pipe designs for an internal combustion engine: a commercial Wangan product and a self-made confusor (nozzle).

Based on the results of CFD calculations performed in SOLIDWORKS Flow Simulation, the improvement in aerodynamic parameters is converted into annual fuel savings.

Using current 2026 data (gasoline price of 74,38 RUB/L, average annual mileage of 16,800 km), the simple payback period and the 5-year return on investment (ROI) are calculated. It is shown that the Wangan intake pipe provides no economic benefit (no payback), whereas the confusor, which increases the air flow rate by 1,5 % and reduces the temperature by 0.3 °C, saves about 18.5 litres of fuel per year (1,376 RUB), pays back in 3 years, and yields a 64 % ROI over 5 years.

The practical significance lies in demonstrating a methodology accessible to the average car owner, enabling informed decisions about tuning investments.

Keywords: SOLIDWORKS Flow Simulation, CFD modelling, economic efficiency, ICE tuning, confusor, payback period, return on investment, fuel economy.