

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (ВГУЭС)

---

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВУЗОВ –  
НА РАЗВИТИЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА  
РОССИИ И СТРАН АТР**

Материалы XXII международной научно-практической  
конференции студентов, аспирантов и молодых ученых

15–19 мая 2020 г.

В пяти томах

Том 3

Под общей редакцией д-ра экон. наук Т.В. Терентьевой

Владивосток  
Издательство ВГУЭС  
2020

**Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие**  
**И73 Дальневосточного региона России и стран АТР : материалы** XXII международной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Владивосток, 15–19 мая 2020 г.) : в 5 т. Т. 3 / под общ. ред. д-ра экон. наук Т.В. Терентьевой ; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2020. – 388 с.

ISBN 978-5-9736-0609-1  
ISBN 978-5-9736-0614-5 (Т. 3)

Включены материалы XXII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР», состоявшейся во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса (г. Владивосток, 15–19 мая 2020 г.).

Том 3 представляет широкий спектр исследований молодых ученых и студентов вузов Дальнего Востока и других регионов России, ближнего и дальнего зарубежья, подготовленных в рамках работы секций конференции по следующим темам:

- Проблемы формирования и развития современного потребительского рынка.
- Тенденции и перспективы развития маркетинга и логистики в коммерческой деятельности.
- Теоретические и методические подходы к управлению логистическими процессами на предприятии.
- Методы и алгоритмы решения задач в бизнес-информатике.
- Электронные технологии и системы.
- Информационные технологии: теория и практика.
- Актуальные вопросы безопасности и сервиса автомобильного транспорта.
- Организация транспортных процессов.
- Инноватика на транспорте.

УДК 378.4  
ББК 74.584(255)я431

ISBN 978-5-9736-0609-1  
ISBN 978-5-9736-0614-5 (Т. 3)

© ФГБОУ ВО «Владивостокский  
государственный университет экономики  
и сервиса», оформление, 2020

Рубрика: Турбомашины и комбинированные турбоустановки

УДК 629.026

**Использование осерадиальной турбинной ступени в автомобильных турбокомпрессорах с целью повышения их эффективности**

Карпенко Денис Игоревич,  
бакалавр

E-mail: mixedqiwi@gmail.com; тел.: +79089822747

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Россия. Владивосток.*

ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, Россия, 690014

Кожевников Лев Сергеевич,

Бакалавр

E-mail: mixedqiwi@gmail.com; тел.: +79089822747

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Россия. Владивосток.*

ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, Россия, 690014

*В мире остается все меньше возобновляемых ресурсов, поэтому остро стоит вопрос о повышении эффективности двигателей внутреннего сгорания, одним из способов достичь максимальной эффективности ДВС является использование турбонагнетателей, новый тип которых может значительно повлиять на коэффициент полезного действия двигателей внутреннего сгорания, используемых в современных транспортных средствах*

**Ключевые слова и словосочетания:** *двигатель внутреннего сгорания, турбонагнетатель, турбина, турбинная ступень, осевой, радиальный, осерадиальный, радиально-осевой, эффективность*

*There are less and less of the renewable recourses, so it's very important to improve the efficiency of the internal combustion engines. One of the ways to make that possible is to use turbochargers. Making the new turbocharger type can formidably improve efficiency of the internal combustion engines, which are used in the most of vehicles.*

**Keywords:** *internal combustion engine, turbocharger, turbine, turbine stage, axial, radial, axiradial, efficiency.*

На данный момент существует несколько типов турбинных ступеней, используемых в технической промышленности – осевая турбинная ступень (рисунок 1) и радиально-осевая турбинная ступень (рисунок 2).

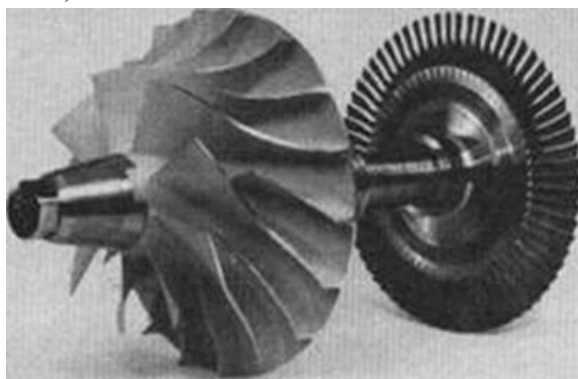


Рис.1. Осевая турбинная ступень



Рис. 2. Радиально-осевая ступень

В последнее время особенно остро стоит вопрос о повышении эффективности двигателей внутреннего сгорания (далее ДВС) автомобилей, одним из способов повысить эффективность ДВС – является установка турбоагнетателя, или компрессорной установки (суперчарджера). Недостатком компрессорной установки является то, что она отбирает мощность двигателя за счет ременного привода компрессора, что негативно сказывается на коэффициенте полезного действия двигателя. Так что самым эффективным способом повышения эффективности является установка турбокомпрессора.

Основной тип турбокомпрессорных установок, используемых для повышения эффективности автомобильных ДВС – радиально осевой, т.е. направление воздушного потока изменяется от перпендикулярного к оси вращения до параллельного оси вращения, что позволяет использовать большую площадь контакта лопаток турбокомпрессора, следовательно, повышается коэффициент полезного действия ДВС.

Одним из решений по повышению эффективности двигателей внутреннего сгорания является использование нового типа турбинных ступеней – осерадиальной малорасходной турбинной ступени.

Эффективность малорасходных осерадиальных турбинных ступеней будет проверена в данной статье на основе данных проектной турбинной ступени.

В результате проведенного нами патентного поиска было выяснено, что среди патентов, представленных в сети интернет на необходимых ресурсах есть представленные варианты осевых турбинных ступеней (патент РФ 2050439) радиальных турбинных ступеней (патент SU101588A1) радиально-осевых турбинных ступеней (патент РФ 2044131) и осерадиальных турбинных ступеней (патент РФ 2005891). При этом данные по патентам как просто малорасходных осерадиальных турбинных ступеней, так и малорасходных

осерадиальных турбин с углами входа выхлопных газов, представленных в нашей модели, отсутствуют.

Целью нашей работы является создание малорасходной осерадиальной турбинной ступени. В результате работы мы опирались на устройство имеющегося в наличии турбокомпрессора ИИ VJ34. Пример устройства данных типов турбокомпрессора показан на рисунке 3.

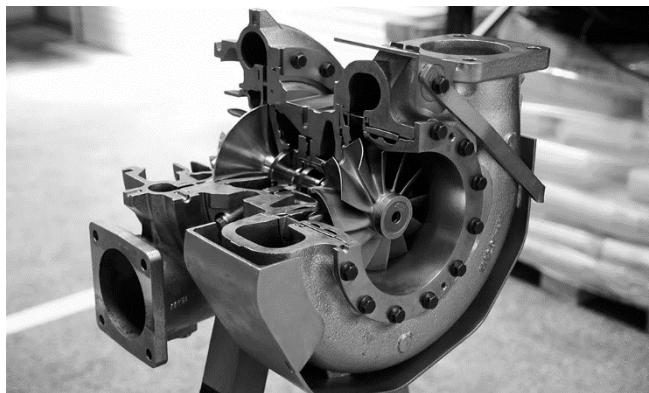


Рис. 3. Устройство современных турбокомпрессоров

Как мы можем видеть, сопловой аппарат данного турбокомпрессора работает по принципу сужения канала для увеличения скорости потока выхлопных газов, при этом, направление потока не меняется и газы входят в рабочее колесо радиально, впоследствии меняя направление на осевое.

Разработанное и спроектированное нами в программе для трехмерного моделирования Rhinoceros 3D турбинное колесо (рисунок 4) является осерадиальным – это значит, что воздушный поток входит в осевом направлении рабочего колеса, впоследствии меняя направление на радиальное и затем выходя из рабочего колеса в осевом направлении за счет формы внутренних каналов.

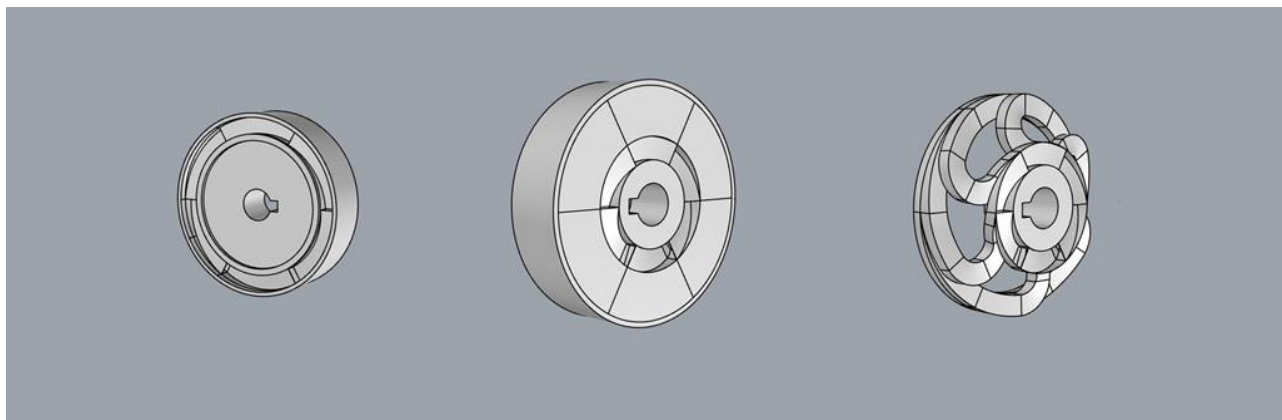


Рис. 4. Осерадиальное рабочее колесо

Для эффективного использования данного турбинного колеса необходимо разработать специфический сопловой аппарат, который будет изменять направление потока выхлопных газов с радиального на осевое, при этом без значительных потерь в кинетической энергии газов, являющихся рабочим телом в данной турбине.

В результате нашей работы был разработан и спроектирован сопловой аппарат «улитка» с углами выхода газов, совпадающими с углами входа газов осерадиального рабочего колеса турбины (рисунок 5).

Преимуществом данного соплового аппарата является большой расход газа с меньшим сопротивлением за счет увеличенного отношения окружности входного канала к радиусу «улитки» - коэффициент AR.

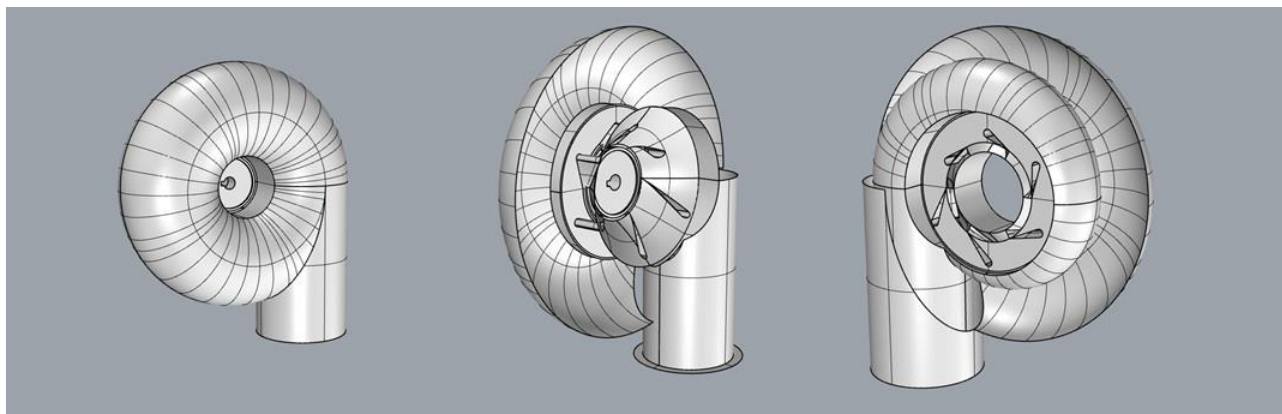


Рис. 5. Сопловой аппарат для осерадиального турбинного колеса

Основным показателем эффективности турбинных колес является коэффициент полезного действия КПД.

В турбоагрегатах, установленных на двигатели внутреннего сгорания затраченной энергией является энергия выхлопных газов, производимых двигателем внутреннего сгорания после рабочего цикла.

Полезной же энергией является энергия компрессорного колеса, жестко соединенного с турбинным колесом, так как потери трения в турбоагрегате минимальны за счет использования подшипников скольжения или качения, можно сказать, что полезная энергия турбины приблизительно равна полезной энергии турбинного колеса.

Для проверки эффективности экспериментального турбинного колеса сравним показатели коэффициентов полезного действия турбинных ступеней реально существующего турбокомпрессора и проектного турбокомпрессора:

Входные данные:

Модель реального турбокомпрессора: ИИ VJ34 0605

Диаметр турбинной ступени реального турбокомпрессора: 0,035 м

Диаметр турбинной ступени проектного турбокомпрессора: 0,035 м

Площадь поверхности лопатки реального турбокомпрессора:  $7,927 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$

Площадь поверхности лопатки проектного турбокомпрессора:  $7,517 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$

Расход воздуха 6 цилиндрового двигателя объемом  $2500 \text{ см}^3$ : 250 г/сек

Температура выхлопных газов:  $700^\circ\text{C}$

Экспериментально полученные данные о скорости движения газов на выходе из соплового аппарата реальной турбинной ступени: 600 м/с

Программно вычисленные данные о скорости движения газов на выходе из соплового аппарата проектной турбинной ступени: 823 м/с (рисунок 6).

Для расчета обеих турбинных ступеней используется одна модель мотора – шестицилиндровый рядный двигатель внутреннего сгорания объемом два с половиной литра, следовательно затраченную энергию реального турбокомпрессора и проектного турбокомпрессора можно считать равной.

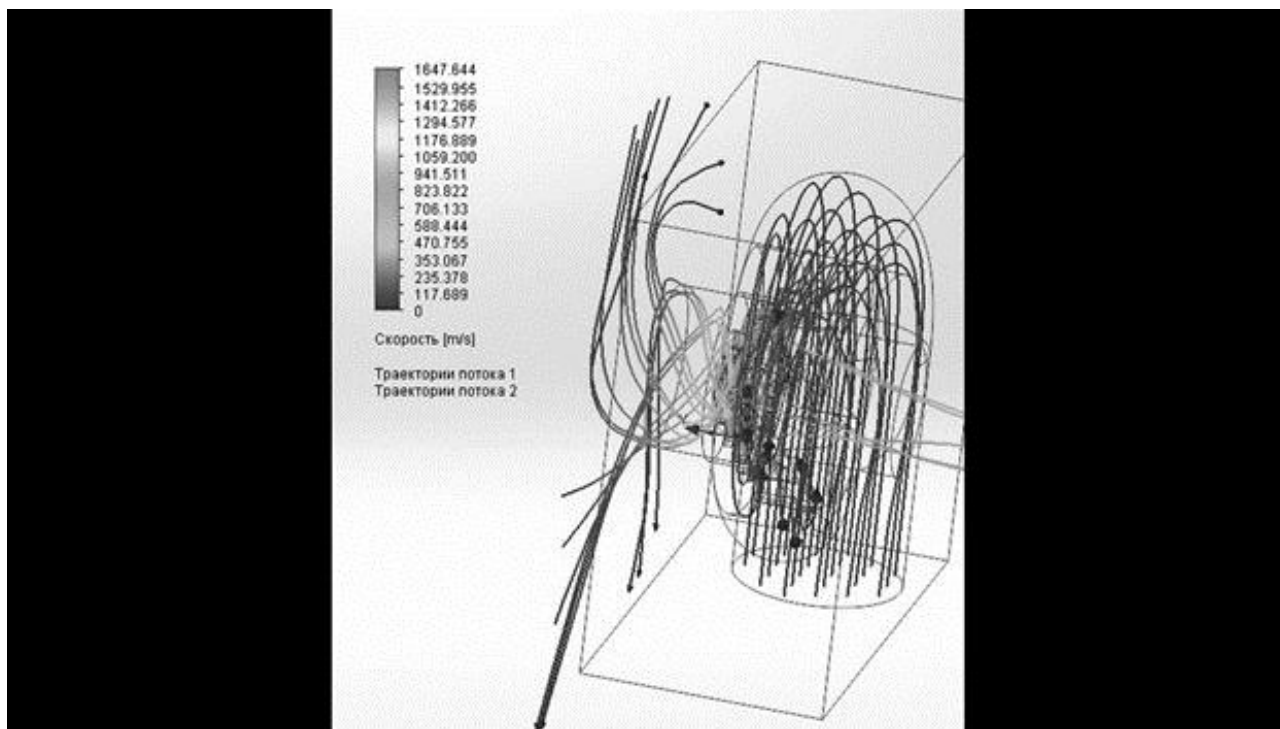


Рис. 6. Скорость движения газов в сопловом аппарате проектной турбины КПД нагнетателя рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса выхлопных газов,  
 $v$  – скорость потока выхлопных газов,

Масса воздуха может быть определена через массовый расход за 1 секунду для обеих турбинных ступеней, следовательно, формула обретет следующий вид:

$$\eta = \frac{\rho v^3 F}{2}, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность выхлопных газов,  
 $F$  – площадь поверхности лопатки,

В конечном результате, при сравнении двух видов турбинных ступеней формула примет вид:

$$\eta_1 = \frac{v_1^3 F_1}{v_2^3 F_2}, \quad (3)$$

Где  $v_1$  – скорость выхлопных газов на выходе из турбинного колеса реальной модели,  
 $F_1$  – площадь поверхности лопатки реальной модели  
 $v_2$  – скорость выхлопных газов на выходе из турбинного колеса проектной модели,  
 $F_2$  – площадь поверхности лопатки проектной модели.

Подставив исходные значения, мы получим, что

$$\eta_1 = 0,41\eta_2. \quad (4)$$

Это указывает на то, что проектное турбинное колесо является более эффективной турбинной ступенью, чем имеющаяся турбинная ступень под маркой IHI VJ34 0605

Для получения результатов реальных исследований с целью уточнения эффективности малорасходных турбинных ступеней, необходимо использовать тормозной стенд, в который будет установлено изготовленное нами при помощи 3Д печати рабочее колесо.

Тормозные стенды имеются в наличии у сторонних организаций, так же существует возможность разработать и изготовить собственный тормозной стенд.

В результате данных исследований было выяснено, что малорасходная турбинная ступень, разработанная нами, является более эффективной, чем имеющийся экземпляр на 51%, при этом за счет меньшего количества лопаток, наша турбинная ступень обладает большей прозрачностью и более продуктивным коэффициентом  $A/R$ . Это говорит нам о том, что использование малорасходных осерадиальных турбинных ступеней приведет к увеличению эффективности ДВС.

В конечном результате можно сказать о том, что будущее за малорасходными турбинными ступенями, которые являются новой ступенью в эффективности как автомобильных турбонагнетателей, так и эффективности двигателей внутреннего сгорания в целом. Данный тип турбинных колес позволит не только повысить эффективность работы двигателей внутреннего сгорания, но и повысит компактность турбокомпрессорных установок за счет меньших габаритов турбинной части турбокомпрессоров.