

## НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 629.01

Ю.И. Палутин

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЗРАЗМЕРНЫХ КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

Выявлена область применения гидродинамических критериев подобия «число Рейнольдса», «число Эйлера» и их комбинации при анализе работоспособности вентиляционных систем автомобилей. Показано, что при оценке движения воздуха через вентиляционные проемы, когда происходит поворот струй воздуха под действием перепада давления, основными критериями подобия становятся «число Эйлера» и комбинация данного критерия с критерием «число Рейнольдса». «Число Рейнольдса» в этом случае является оценочным параметром.

*Ключевые слова:* вентиляция салонов, критерии подобия «число Рейнольдса», «число Эйлера», комбинация критериев подобия.

#### Введение

Создать эффективную систему вентиляции невозможно, если проектировщики не умеют производить расчет воздухообмена через различные приточно-вытяжные вентиляционные проемы. При этом важнейшим фактором таких расчетов является правильный подбор и использование соответствующих гидродинамических критериев подобия. В работе [1] показано, что основными критериями для таких расчетов являются «число Рейнольдса», «число Эйлера» и их комбинация. Проанализируем область применения данных критериев.

#### 1. «Число Рейнольдса», определяемое по внешним размерам автомобиля

Безразмерные комбинации величин

$$\frac{V \rho L}{\mu} = R_e, \quad (1)$$

где  $V$  - скорость невозмущенного потока;

$\rho$  - плотность воздуха;

$L$  - линейные размеры;

$\mu$  - динамическая вязкость воздуха.

известная как «число Рейнольдса», является одним из основных критериев подобия при моделировании. В зависимости от стоящей задачи в уравнение (1) в качестве линейного размера могут подставляться или продольные размеры автомобиля, или размеры вентиляционного проема. Если «числа Рейнольдса» определены относительно размеров кузова автомобиля и параметров внешнего воздушного потока, то данная комбинация позволяет оценивать характер внешнего обтекания потоками автомобиля, так как от того, как движутся потоки снаружи автомобиля, в решающей степени зависит движение воздушных потоков через вентиляционные проемы, расположенные в кузове автомобиля.

С помощью данного критерия легко определяется закритическая зона обтекания автомобиля, в которой остаются неизменными при изменении чисел Рейнольдса не только ве-

личина коэффициента гидравлического сопротивления движению, но и все другие параметры внешнего обтекания потоками кузова, при изменении скорости движения автомобиля. Так, проведенные автором испытания с помощью дымового метода [2] показали, что в закритической зоне изменений чисел Рейнольдса характер движения внешних воздушных потоков, направление векторов их скоростей остается неизменным, хотя сами величины скоростей меняются. Благодаря этому, результаты измерения параметров процессов, происходящих при движении воздуха через вентиляционные проемы или неплотности, расположенные на наружной поверхности кузова, проведенные при одних числах Рейнольдса, можно использовать и для других значений чисел Рейнольдса, находящихся в закритической зоне, конечно, с учетом происходящих при этом изменений скорости движения автомобиля.

В работе [3] показано, что автомобильная область для автомобилей находится в диапазоне изменения чисел Рейнольдса, равном  $2 \cdot 10^5 \div 2 \cdot 10^7$ . Например, для автомобиля, имеющего кузов длиной 5 метров, это будет соответствовать изменению скорости движения от 0,6 до 60 м/с. Эти данные свидетельствуют о том, что почти для всех автомобилей зона закритических чисел Рейнольдса соответствует практически всему диапазону реальных эксплуатационных скоростей их движения. Тем не менее, проверка подобия по числу Рейнольдса, определенного по внешним параметрам, при проведении всех работ, связанных с вентиляцией салона автомобиля, остается обязательной. Особенно это важно, если работы связаны с испытаниями масштабных моделей автомобилей.

## 2. «Число Рейнольдса», определяемое по параметрам вентиляционных проемов

Движение воздуха через вентиляционные проемы или неплотности определяется их линейными размерами, перепадом давления или скоростью движения через них воздушных струй и физическими свойствами воздуха. Поэтому числа Рейнольдса, определенные по размерам вентиляционного проема и по скорости движения через них воздуха, являются наилучшим критерием подобия при анализе этих процессов, так как включают в себя все значимые для них величины. Этот критерий используется чаще всего и в качестве аргумента, в функции которого рассматриваются обычно изменения величин коэффициентов гидравлических сопротивлений и коэффициентов расхода воздуха.

Как показывает опыт исследовательских работ, связанных с оценкой герметичности кузовов и изучением систем вентиляции, поперечные размеры неплотностей в кузовах современных автомобилей колеблются от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Характерные размеры вентиляционных проемов изменяются у различных автомобилей от нескольких десятков миллиметров до нескольких сотен миллиметров. Если оценить скорости движения воздуха через вентиляционные проемы и неплотности, то они могут изменяться в диапазоне от десятых долей до нескольких десятков метров в секунду.

При таких значениях размеров неплотностей и вентиляционных отверстий кузова автомобиля и значений скоростей движения через них воздуха им могут соответствовать значения чисел Рейнольдса в диапазоне изменения от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \cdot 10^4$ . На данном диапазоне изменений чисел Рейнольдса и следует рассматривать изменения величин коэффициентов гидравлических сопротивлений и расходов движения воздуха через вентиляционные проемы и неплотности.

Если руководствоваться экспериментальными данными, приведенными в работе [4], то можно видеть, что докритическая зона изменений коэффициентов гидравлических сопротивлений расположена в диапазоне изменения чисел Рейнольдса от нуля до  $2 \div 20$  единиц, но в некоторых случаях может продолжаться до  $100 \div 200$  единиц. Критическая зона изменений коэффициентов гидравлических сопротивлений расположена в диапазоне изменений чисел от  $2 \div 20$  или  $100 \div 200$  единиц до значений, находящихся в диапазоне изменений от  $10^3$  до  $5 \cdot 10^4$  единиц. Квадратичная область, в которой значение величины коэффициентов сопротивлений и расходов перестают зависеть от значений чисел Рейнольдса, наступает при превышении их значений величины  $10^3 \div 5 \cdot 10^4$  единиц.

Если приведенные значения диапазонов наиболее характерных участков изменений

гидравлических сопротивлений при движении воздуха через вентиляционные проемы сопоставить со значениями ранее приведенных значений чисел Рейнольдса, соответствующих реальному движению воздуха через неплотности и вентиляционные проемы, то обнаружится, что неплотностям и небольшим отверстиям соответствуют линейный и начальный участок переходного режима изменений величин сопротивлений, а вентиляционным проемам – квадратичный участок изменения данных величин. Поэтому при оценке величин коэффициентов гидравлических сопротивлений и расходов воздуха неплотностей и небольших отверстий следует ожидать их очень сильного изменения при изменении чисел Рейнольдса. При оценке же данных величин крупных вентиляционных проемов следует ожидать, что их значения будут оставаться постоянными при изменении чисел Рейнольдса.

Следовательно, для больших вентиляционных проемов числа Рейнольдса являются только критериями для оценки того, соответствует ли характер протекания через них воздуха автомобильной области изменения величин коэффициентов гидравлических сопротивлений и расходов, или нет. В качестве аргумента в функциональной зависимости для них использование чисел Рейнольдса не имеет смысла. В случае же оценки характера протекания воздуха через неплотности и небольшие отверстия число Рейнольдса явно целесообразно использовать в качестве аргумента для описания изменений коэффициентов сопротивлений и расходов.

### 3. Гидродинамический критерий «число Эйлера»

Гидродинамический критерий  $E_u$  «Число Эйлера», которое характеризует отношение гидродинамического давления к силам инерции, является одним из широко известных критериев подобия.

$$\frac{\Delta P}{V^2 \rho} = E_u, \quad (2)$$

где  $\Delta P$  – перепад между наружным и внутренним давлением.

В общей аэродинамике при малых скоростях движения воздуха, когда его сжимаемостью можно пренебречь, «число Эйлера» в качестве критерия подобия используется очень редко. Это объясняется тем, что в большинстве задач гидродинамики, в которых обычно или решаются проблемы обтекания различных тел, или исследуется движение вязкой среды через различные сопротивления, величина перепада давления, входящая в данный критерий подобия, является величиной не задаваемой, а определяемой. В результате число Эйлера при этих условиях является лишь следствием других критериев подобия, которые полностью определяют движение.

Совершенно другая картина наблюдается в случае вентиляции салонов автомобилей, так как при движении воздушных потоков вдоль наружной поверхности кузова в зоне открытых вентиляционных проемов и неплотностей на них воздействуют вполне определенные по величине перепады давления, которые изменяют направление их движения. То есть, здесь происходит взаимодействие перепадов давлений, воздействующих на внешние воздушные потоки, и инерционных сил этих потоков. При этом и величина перепада давления, и параметры внешних воздушных потоков являются основными величинами, определяющими данный процесс. Ясно, что число Эйлера в этих условиях должно быть основным критерием подобия.

Однако до настоящего времени «число Эйлера» в своём явном общеизвестном виде при решении задач, связанных с вопросами вентиляции салонов автомобилей, пока не применялось. Но оказалось, что на практике данный критерий, только в другом преобразованном виде, неоднократно использовался [5, 6, 7, 8]. При этом авторы работ обычно не предполагали, что в действительности они имеют дело с критерием Эйлера. Вызвано это тем, что «число Эйлера», как и любой другой критерий подобия, может иметь несколько равнозначных математических выражений. Так, если уравнение (2) преобразовать следующим образом:

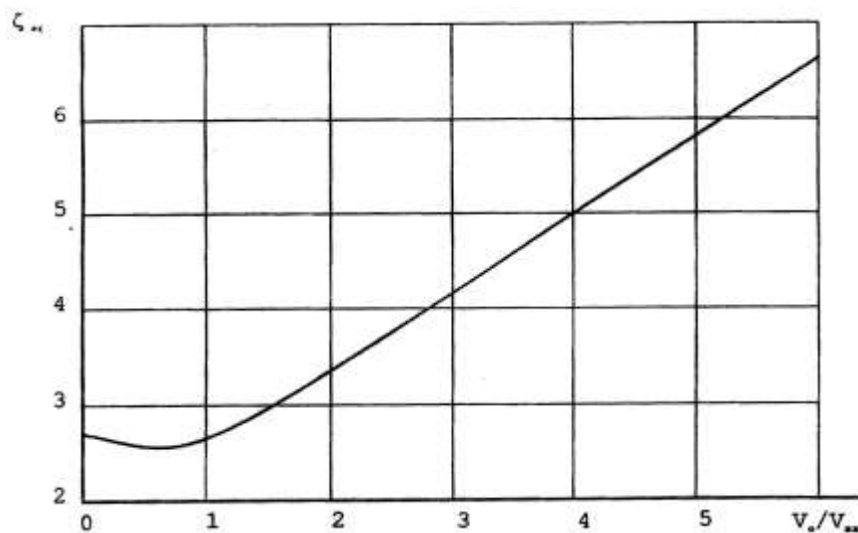
$$E_u = \frac{\Delta P}{V^2 \cdot \rho} = \frac{\rho \cdot V_{\text{вх.}(T)}^2}{2 \cdot \rho \cdot v^2} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{V_{\text{вх.}(T)}}{V} \right)^2, \quad (3)$$

где  $V_{вх(T)}$  – теоретически возможная скорость движения воздуха через вентиляционный проем под действием перепада давления, равного  $\Delta P$ .

то обнаружится, что его можно выражать через отношение теоретически возможной скорости движения воздуха через вентиляционный проем, движущийся под действием перепада давления  $\Delta P$  к скорости невозмущенного потока, обтекающего автомобиль.

Р.И. Ханжонков в своей работе [8] пришел к следующему выводу. В случае протекания воздуха под действием перепада давления при наличии внешнего воздушного потока с одной стороны плоскости, в которой находится отверстие, величину коэффициента гидравлического сопротивления воздуха лучше всего выражать в функции изменения отношения скорости невозмущенного потока к скорости потока воздуха, проходящего через отверстие. Данное же отношение скоростей, как видно из выражения (3) настоящей работы, является величиной, обратной к корню квадратному из числа Эйлера.

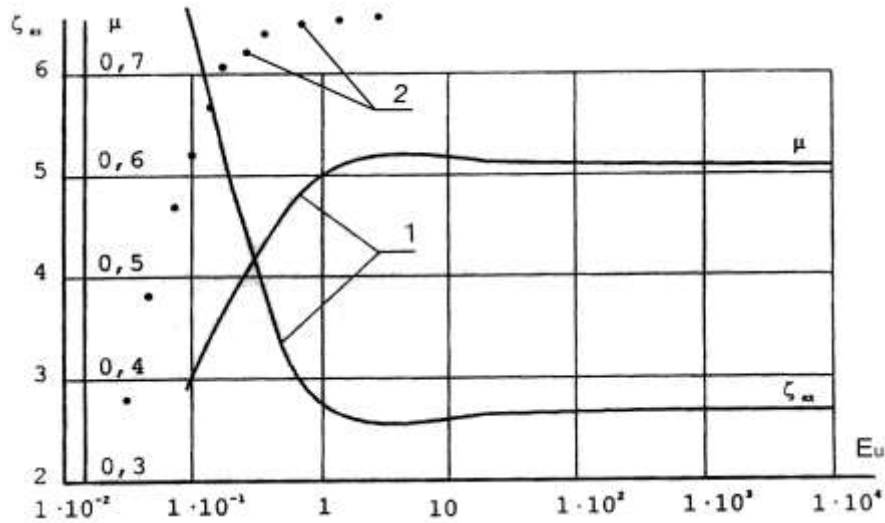
Один из полученных Р.И.Ханжонковым графиков - график изменения коэффициента гидравлических сопротивлений движению воздуха через круглое отверстие в тонкой стенке в присутствии с одной стороны стенки внешнего воздушного потока, двигающегося параллельно ее плоскости - приведен на рис. 1. Изучение графиков изменений величин коэффициентов гидравлических сопротивлений, а также результаты дополнительных исследований по визуализации потоков позволило Р.И. Ханжонкову в какой-то степени приоткрыть природу процессов, происходящих в вентиляционном отверстии при наличии внешнего воздушного потока, которую он представляет следующим образом.



**Рис. 1. График изменения коэффициента гидравлического сопротивления движению воздуха через круглое отверстие в присутствии внешнего потока**

При отсутствии внешнего воздушного потока, когда  $v_{\infty} = 0$ , воздух поступает к отверстию равномерно со всех сторон. Коэффициент гидравлического сопротивления в этом случае равен 2,7 единиц. При появлении внешнего воздушного потока все большая часть воздуха к отверстию начинает поступать с одной его стороны. Вначале кинетическая энергия внешнего воздушного потока помогает преодолевать сопротивление движению воздуха через отверстие, поэтому коэффициент гидравлического сопротивления начинает уменьшаться по своему значению. Такое уменьшение его величины продолжается при увеличении скорости движения внешнего воздушного потока вплоть до приближения соотношения скоростей  $v_{\infty}/v_{вх}$  к величине, близкой к 0,5. При дальнейшем увеличении данного соотношения начинает все больше сказываться влияние поджатия входящей в отверстие струи, происходящего из-за все возрастающей инерции внешнего потока. В результате сопротивление входу воздуха в отверстие начинает увеличиваться. Чем больше по своей величине становится соотно-

шение скоростей, тем сильнее возрастает величина коэффициента гидравлического сопротивления движения воздуха через данное отверстие, что очень хорошо видно из графика на рис. 1 [8]. Подобное же объяснение картины протекания воздушных потоков через отверстия в стенке, с одной стороны которой движется внешний воздушный поток параллельно ее плоскости, можно найти в описаниях и других авторов [5].



**Рис. 2. Графики изменения коэффициентов гидравлического сопротивления и расхода воздуха в функции изменения числа Эйлера:**

- 1 - движение воздуха через круглое отверстие (испытания в аэродинамической трубе);  
2 - прямоугольное отверстие (дорожные испытания автора)

Использование критерия Эйлера в виде отношения скоростей принесло несомненную пользу в некотором прояснении природы процесса движения воздушных потоков через вентиляционные проемы салонов автомобилей. Не меньшую пользу приносит использование данного критерия и в другом виде. Преобразуем для этого выражение (2) следующим образом:

$$\frac{\Delta P}{V^2 \rho} = \frac{(P_i - P_{\text{вн}})}{V^2 \rho} = \frac{2[(P_i - P_\infty) - (P_{\text{вн}} - P_\infty)]}{2 \cdot V^2 \rho} = \frac{1}{2} \cdot \Delta \bar{P}, \quad (4)$$

где  $P_i$  – внешнее давление на вентиляционный проем;

$P_{\text{вн}}$  – давление воздуха в салоне автомобиля;

$P_\infty$  – давление в невозмущенном воздушном потоке, обтекающем автомобиль.

Из полученного выражения видно, что критерий подобия «число Эйлера» можно представить в виде разности аэродинамических коэффициентов давлений по обе стороны вентиляционного проема. В работах [5, 6, 7] показано, что разность аэродинамических коэффициентов давления очень удобна в пользовании при описании изменений коэффициентов гидравлических сопротивлений движению воздуха через вентиляционные проемы, расположенные на поверхности кузова автомобиля.

Использование критерия «число Эйлера» дает возможность получить дополнительное представление о некоторых особенностях физики изменений величин гидравлических сопротивлений. Доказательством этого могут служить графики изменения значений коэффициентов гидравлического сопротивления и расхода движению воздуха через круглое отверстие в тонкой стенке в функции изменения чисел Эйлера, представленные на рис. 2, которые перестроены из графика, приведённого на рис. 1. На этом же графике нанесены экспериментально полученные автором кривые изменения коэффициента расхода воздуха через прямоугольное отверстие, расположенное на боковой поверхности автобуса при его движении.

Анализ характера изменения коэффициентов гидравлических сопротивлений и расходов воздуха в функции изменений чисел Эйлера, приведенных на рис. 2, позволяет выделить

три характерных участка. *Во-первых*, это начальный участок зависимости величин гидравлических сопротивлений от изменения значений чисел Эйлера, при котором изменение величины коэффициента гидравлического сопротивления движению воздуха имеет линейную зависимость от изменения числа Эйлера. Кроме того, здесь также явно имеется переходный участок и соответственно можно выделить автомодельный участок изменения этих величин, на котором коэффициенты гидравлических сопротивлений и расходов воздуха остаются величинами постоянными, не зависящими от изменения значений чисел Эйлера.

Однако малое количество известных экспериментальных материалов, посвященных данной теме, не позволяет пока найти количественную оценку величин чисел Эйлера, при которых начинаются и заканчиваются наиболее характерные участки изменения величин коэффициентов гидравлических сопротивлений и расходов воздуха. На основе имеющихся у автора материалов по данной теме можно только отметить, что движению воздуха через вентиляционные проемы автомобиля при вентиляции салонов всегда соответствует или начальный, или переходный участок изменения величин коэффициентов гидравлических сопротивлений и расходов воздуха, то есть тот участок, на котором любому изменению чисел Эйлера соответствуют большие изменения величин этих коэффициентов.

Таким образом, критерий подобия «число Эйлера» является основным критерием подобия при описании изменений величин гидравлических сопротивлений движению вязкой среды через отверстие, когда с одной его стороны имеется внешний воздушный поток, то есть когда происходит поворот воздушной среды под действием перепада давления. Это подтверждает важность данного критерия в решении проблем, связанных с движением воздуха через вентиляционные проемы, расположенные на наружной поверхности кузова автомобиля. При этом для удобства работы в зависимости от стоящей задачи число Эйлера может выражаться и через отношения скоростей, и через разность аэродинамических коэффициентов давлений, и в своем обычном общеизвестном виде. Однако, как показывает практика исследований автора, в большинстве случаев «число Эйлера» лучше всего использовать в виде разности аэродинамических коэффициентов давлений.

#### 4. Комбинация критериев подобия Рейнольдса-Эйлера

Критерий подобия

$$\frac{\Delta P l}{V \mu} = \left( \frac{\rho \Delta P^2 l^2}{\rho V^2 (\mu)^2} \right)^{0.5} = \left[ E_u \frac{1}{2} R^2 \right]^{0.5} = \left( \frac{1}{2} E_u \right)^{0.5} R_e, \quad (5)$$

который является комбинацией критериев подобия Рейнольдса-Эйлера, до настоящего времени не нашел такого широкого применения, как «число Рейнольдса» и «число Эйлера». Но, в литературе имеются предложения по его использованию. Так, Л.Г. Лойцянский в своей работе [9] рассмотрел возможность применения выражения, представляющего собой данную комбинацию, возведенную во вторую степень, при решении задач движения вязкой жидкости по трубам в случае, когда задан перепад давления и неизвестен расход жидкости. В этой же работе предлагается использовать данный критерий и при решении некоторых нестандартных задач движения жидкости.

Ранее уже был рассмотрен случай движения воздуха через вентиляционные отверстия и неплотности, расположенные на наружной поверхности кузова автомобиля, то есть движение воздуха через отверстие в стенке, с одной стороны которой имеется внешний воздушный поток, и показано, что при этом варианте наилучшим критерием подобия является число Эйлера. Но, число Эйлера, как известно, характеризует собой только отношение перепада давления к инерционным силам. При движении же воздуха через вентиляционные проемы и неплотности в присутствии внешнего воздушного потока, без сомнения, должен проявиться и эффект взаимодействия инерционных и вязкостных сил, потому критерий подобия, соответствующий такому варианту движения воздуха, должен содержать член, отвечающий за от-

ношение этих сил, то есть число Рейнольдса. Данному условию наилучшим образом соответствует комбинация критериев Рейнольдса-Эйлера (5), так как в нее входят оба эти основные для такого движения вязкой жидкости критерия подобия.

Опыт экспериментальных исследований автора показывает, что движению воздуха через вентиляционные проемы и неплотности, расположенные на наружной поверхности кузова автомобиля соответствуют только два реальных сочетания различных режимов протекания воздуха через отверстия в случае оценки их по отдельности в функции изменений чисел Рейнольдса и чисел Эйлера.

Одно из этих сочетаний соответствует автомобильной области изменения величин гидравлических сопротивлений движению воздуха при оценке их в функции изменений чисел Рейнольдса и начальной или переходной зоне изменения данной величины, если их оценивать в функции изменений чисел Эйлера. Такая картина наблюдается при движении воздуха через большинство люков, окон, входных и выходных вентиляционных проемов, расположенных на кузовах автомобилей, так как из-за достаточно больших размеров этих отверстий обычно уже при самых малых реальных значениях скоростей движения через них воздуха режим его протекания соответствует закритической зоне изменений по числу Рейнольдса. Совершенно очевидно, что в таком случае изменение величины коэффициента гидравлического сопротивления будет зависеть от изменения величины чисел Эйлера и не будет зависеть от изменения чисел Рейнольдса. Использование при этих условиях в качестве аргумента комбинации критериев подобия Рейнольдса-Эйлера нецелесообразно. Здесь вполне достаточно использовать только критерий Эйлера. Результаты экспериментальных исследований автора подтверждают данный вывод.

Второму сочетанию соответствует начальный или переходный режим изменений величин гидравлических сопротивлений, если их оценивать в функции изменения чисел Рейнольдса и такие же режимы протекания, если их оценивать в функции изменения чисел Эйлера. Данные режимы протекания наблюдается при движении воздуха через неплотности и небольшие отверстия в кузове. Ввиду значительного влияния изменений как величин чисел Рейнольдса, так и величин чисел Эйлера на величину гидравлических сопротивлений при данных режимах движения воздуха через отверстия, использование комбинации критериев подобия Рейнольдса-Эйлера получает здесь явное преимущество перед остальными критериями.

### Вывод

При решении задач, связанных с вентиляцией салонов автомобилей, необходимо использовать несколько критериев подобия. Такими критериями являются: «число Рейнольдса», определенное по параметрам внешнего воздушного потока и внешним размерам автомобиля; «число Рейнольдса», определенное по параметрам потока, проходящего через рассматриваемые отверстия и по их размерам; «число Эйлера»; комбинация критериев подобия Рейнольдса-Эйлера.

«Число Рейнольдса», определенное по параметрам внешнего воздушного потока и размерам автомобиля, используется для оценки внешнего обтекания автомобиля. Целью данной оценки является определение соответствия характера внешнего обтекания автомобиля закритической зоне изменения его гидравлического сопротивления. Если соответствует, значит можно проводить моделирование процессов протекания воздуха через вентиляционные проемы и другие отверстия, необходимое для решения задач, связанных с вентиляцией салонов автомобилей. Если же данная величина выходит за пределы этой зоны, то результаты, полученные при одних скоростях, нельзя будет использовать при других скоростях движения автомобиля. Моделирование процессов вентиляции в таком случае будет невозможно.

«Число Рейнольдса», определенное по параметрам воздушного потока, проходящего через отверстие, и по размерам данного отверстия, является одним из основных критериев подобия. Если рассматривается вариант движения воздуха через отверстие при отсутствии внешнего воздушного потока, то с помощью данного критерия, в первую очередь, определяется зона нахождения величины гидравлического сопротивления движению воздуха через данное отверстие. Если его значение соответствует начальной или переходной области, то

«число Рейнольдса», определяемое по параметрам отверстия, используется и в качестве аргумента для описания изменений величины гидравлического сопротивления. Если величина гидравлического сопротивления движению воздуха находится в закритической зоне, то потребность в использовании его в качестве аргумента отпадает.

В случае, если рассматривается движение воздуха через какое-либо отверстие в присутствии с одной его стороны внешнего воздушного потока, то «число Рейнольдса», полученное по параметрам данного отверстия, служит для определения того, критерия подобия, который следует в данном случае использовать для описания протекания воздуха – «число Эйлера» или комбинацию критериев подобия Рейнольдса-Эйлера. Если по числу Рейнольдса окажется, что величина гидравлического сопротивления движению воздуха через отверстие в присутствии внешнего воздушного потока находится в автомодельной области их изменений, то следует применять «число Эйлера». Если же по данному критерию величина гидравлического сопротивления движению воздуха находится в начальной или переходной зоне ее изменений, то в этом случае следует использовать комбинацию критериев подобия Рейнольдса-Эйлера.

### Библиографический список

1. **Палутин, Ю.И.** Критерии подобия при решении задач связанных с вентиляцией салонов автомобилей // Совершенствование процессов механизации и использования энергии в сельскохозяйственном производстве: материалы региональной научно-практической конференции инженерного факультета Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии / Нижний Новгород, 1999. С. 212–215.
2. **Михайловский, Е.В.** Экспериментальное исследование спектров обтекания автомобилей / Е.В. Михайловский [и др.] // Труды Горьковского с/х института. Горький. 1970. Т. 36. С. 42–52.
3. **Михайловский, Е. В.** Аэродинамика автомобиля / Е. В. Михайловский. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.
4. **Идельчик, И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.
5. **Иванусь, Е.М.** Исследование естественной вентиляции салонов автобусов: дисс. ... канд. техн. наук / Иванусь Е.М. – Минск, 1971.
6. **Палутин, Ю. И.** Метод расчёта воздухообмена в салоне автобуса // Автомобильная промышленность. 1976. № 11. С. 98–103.
7. **Парфёнов, В.Н.** Разработка методов расчёта аэродинамического сопротивления движению и воздухообмена в салоне автобуса с кузовом вагонного типа: дисс. ... канд. техн. наук / Парфёнов В.Н. – М., 1984.
8. **Ханжонков, В. И.** Сопротивление истечению через отверстие в стенке в присутствии проходящего потока // Промышленная аэродинамика. 1959. Вып. 15. С. 5–12.
9. **Лойцянский, Л. Г.** Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1970. – 904 с.

*Дата поступления  
в редакцию 04.02.2011*

**Yu. I. Palutin**

### THE SPHERE OF APPLYING UNLIMITED CRITERIA OF SIMILARITY AUTOMOBILE VENT SYSTEMS

The sphere of applying hydrodynamic criteria of similarity “Reindolds number”, “Eiler number” and their combination by analysis of efficiency of automobile vent systems are revealed. It is proved that estimating the air movement through ventilator under pressure overfall it is necessary to use as the main criteria “Eiler number” and its combination with “Reindolds number”. In this case the latter serves as a parameter of estimation.

*Key words:* ventilation of salons; criteria of similarity “Reinolds number” and “Eiler number”; combination of criteria of similarity.