

УДК 621.432

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕНТИЛЯТОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ РАДИАТОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

© 2013 А.П. Петров

Курганский государственный университет

Поступила в редакцию 30.03.2013

Рассматривается возможность использования штатного вентилятора системы охлаждения для измерения расхода воздуха через радиатор. Исследования установили, что под действием набегающего потока воздуха при движении легкового автомобиля электровентилятор вращается. Частота вращения вентилятора пропорциональна расходу воздуха через радиатор. Под воздействием потока воздуха электродвигатель вентилятора переходит на режим генератора, что можно использовать для измерения расхода воздуха. Эта методика измерения с успехом может быть использована при выполнении стендовых и дорожных испытаний системы охлаждения. Методика обладает высокой точностью измерений. Приведены результаты исследований поведения вентилятора в разных условиях поступления воздуха через радиатор системы охлаждения.

Ключевые слова: *вентилятор, система охлаждения, радиатор, набегающий поток воздуха, расход*

В ряде случаев при проведении теплотехнических исследований системы охлаждения легкового автомобиля требуется определить расход воздуха через радиатор. Для этого существуют несколько методик с применением специальных датчиков скорости или расхода воздуха [1-4]. Все эти методики требуют специального оборудования и аппаратуры. Выполнить необходимые измерения с удовлетворительной степенью точности можно достаточно простыми средствами. Для этого можно использовать штатный электровентилятор системы охлаждения (в том случае, когда он имеется на автомобиле). Методика измерений основывается на том, что электровентилятор под действием набегающего потока, создаваемого при движении автомобиля, может вращаться. Воздушный поток, обдувая вентилятор, создает момент, который стремится повернуть вентилятор вокруг своей оси. Если этот момент больше момента трения в подшипниках вентилятора и на электрощетках, то вентилятор начинает вращаться. Чем больше поток воздуха, тем выше скорость вращения.

Поведение вентилятора под действием потока воздуха было исследовано экспериментально. Моделирование набегающего потока осуществлялось на аэродинамическом стенде. При проведении экспериментов фиксировались обороты вентилятора и расход воздуха через радиатор системы охлаждения. В первой серии

экспериментов была использована вентиляторная установка с полным охватом кожухом радиатора. Поскольку трение покоя больше трения скольжения, вентилятор при медленном увеличении и уменьшении потока воздуха ведет себя по-разному. Если поток возрастает с минимального значения, то вентилятор сначала остается неподвижным. Лишь при достаточно большой скорости воздуха вентилятор резко «срывается с места» и начинает вращаться с достаточно большой скоростью.

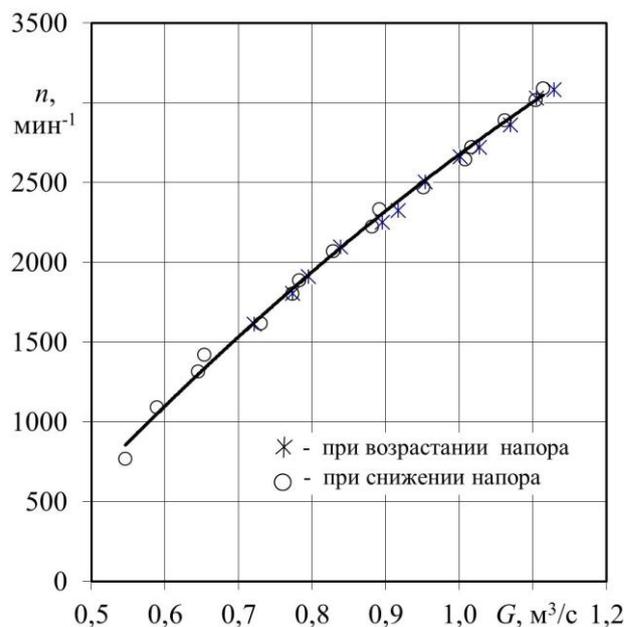


Рис. 1. Зависимость оборотов вентилятора от расхода потока набегающего воздуха

На рис. 1 показан график зависимости частоты вращения вентилятора под воздействием напора воздуха. Вентилятор начинает вращаться при расходе равном $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Его частота вращения почти сразу становится равна 1600 об/мин . Затем частота увеличивается пропорционально расходу воздуха, а при расходе $1,13 \text{ м}^3/\text{с}$ угловая скорость вентилятора достигает 3080 об/мин . Эта скорость превосходит скорость вращения вентилятора при работе его от бортовой электросети на неподвижном автомобиле. Рабочая угловая скорость вращения вентилятора составляет всего 2700 об/мин .

При вращении вентилятора его аэродинамическое сопротивление резко падает (по отношению к неподвижному вентилятору), что приводит к увеличению расхода воздуха при неизменном напоре набегающего потока (рис. 2). В момент начала вращения вентилятора расход воздуха увеличивается на 22% (см. рис. 2а). Когда расход воздуха изменяется от большего к меньшему, поведение вентилятора меняется – при большом расходе воздуха вентилятор уже вращается и по мере снижения расхода он продолжает вращаться даже при небольшом расходе (рис. 2б). В данном случае вентилятор преодолевает только трение скольжения, угловая скорость вентилятора снижаются плавно и вентилятор останавливается лишь при расходе примерно $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Скорость вращения вентилятора при больших расходах будет точно такой же, что и в случае изменения расхода воздуха от меньшего к большему. Электровентилятор при воздействии на него воздушного потока переходит в режим генератора. Без нагрузки при максимальных оборотах электродвигатель вентилятора создает напряжение порядка 11 В .

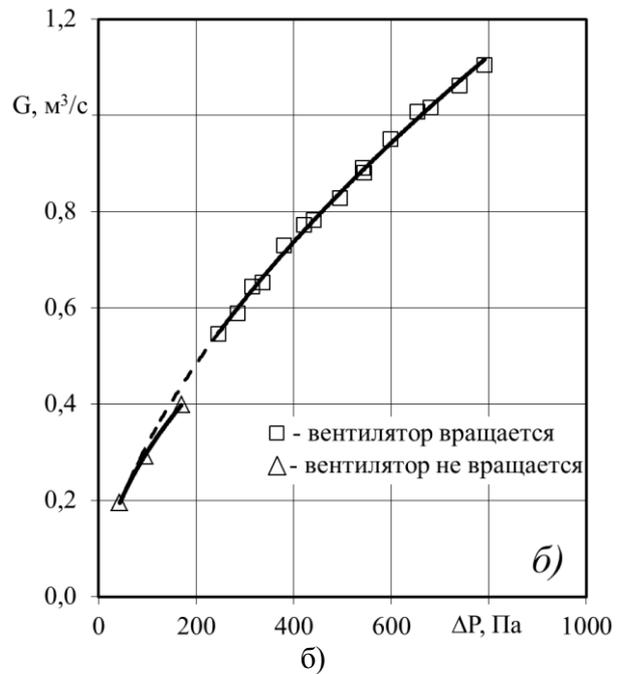
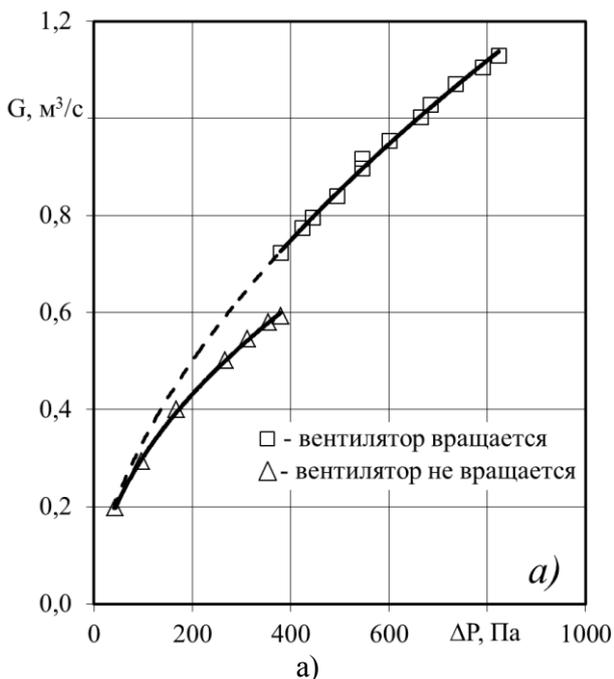


Рис. 2. Зависимость расхода воздуха G через радиатор от напора воздуха ΔP : а) при увеличении напора; б) при снижении напора

Таким образом, штатный вентилятор вполне может быть использован в качестве датчика расхода воздуха через радиатор. Для этого достаточно к клеммам электровентилятора подключить регистрирующий прибор – вольтметр или частотомер. В первом случае можно измерять напряжение, вырабатываемое вращающимся вентилятором. Напряжение на клеммах изменяется пропорционально оборотам вентилятора, а значит пропорционально расходу воздуха через радиатор. Если применяется частотомер, также подключенный к клеммам, то регистрируется непосредственно частота вращения вентилятора.

Аэродинамические исследования носят сравнительный характер, например, когда осуществляется проверка влияния элементов конструкции автомобиля на расход воздуха и т.д. В таком случае можно получить объективную оценку изменения расхода воздуха в той или иной ситуации. Если же требуется абсолютное значение расхода воздуха, то вентилятор как датчик должен быть тарирован. Это можно осуществить на специальном аэродинамическом стенде. Какой точностью обладает такой метод измерения расхода воздуха? Если сравнивать со специализированными аэродинамическими стендами, то у такого метода точность будет, конечно, ниже, но такой стенд это достаточно сложное и дорогостоящее сооружение. Если использовать какие либо специализированные одиночные датчики скорости или расхода воздуха тогда точность измерений может быть гораздо ниже. Дело в том, что в зависимости от размещения такого

датчика в воздушном тракте системы охлаждения будут получены совершенно разные результаты, поскольку поток по сечению воздушного канала абсолютно неоднороден. Альтернативу могут составить датчики скорости воздуха, устанавливаемые в плоскости радиатора, и измеряющие скорость воздуха на нескольких участках радиатора (в 20-30 точках) [3].

Штатный вентилятор – это устройство, которое присутствует в воздушном тракте по определению, таким образом, он не влияет на поток и не искажает измерения. Вентилятор установлен в самом узком сечении воздушного тракта и весь воздух, идущий через радиатор, взаимодействует с вентилятором. В таком случае нельзя придумать более удачного сочетания условий работы такого датчика. Собственно говоря, все лопастные датчики скорости или расхода воздуха делают по такой схеме, так как устроена вентиляторная установка системы охлаждения двигателя легкового автомобиля. Если исследования выполняются в дорожных условиях, то преимущества вентилятора как датчика расхода воздуха трудно переоценить.

Проблема измерения расхода воздуха при малых скоростях движения автомобиля, когда вентилятор не вращается, можно решить с помощью экстраполяции функции (полученной при больших расходах) в сторону малых расходов. На рис. 1 пунктирной линией обозначены участки графиков экстраполированной функции. На них видно, что точность экстраполяции достаточно высокая. Кроме того, в случае проведения исследований в дорожных условиях вентилятор начнет вращаться при меньшем расходе воздуха, поскольку при движении происходит вибрация, из-за чего трение покоя будет снижено.

Сложнее использовать вентилятор в качестве датчика расхода воздуха, когда вентиляторная установка имеет неполный охват кожухом радиатора. При неполном охвате воздействие набегающего потока воздуха на вентилятор несколько снижается, поскольку часть воздуха протекает через свободную зону радиатора. Для определения влияния поток воздуха на вентилятор в этой ситуации была проведена вторая серия экспериментов с вентиляторной установкой, имеющей кожух с 72% охватом. При неполном охвате кожухом радиатора поведение вентилятора под действием набегающего потока несколько отличается от того что было рассмотрено ранее. Это происходит потому, что при полном охвате весь воздух, проходящий через радиатор, идет через вентиляторную установку, а при неполном охвате через вентиляторную установку идет лишь часть воздуха. Поэтому вентилятор будет вращаться медленнее (рис. 3).

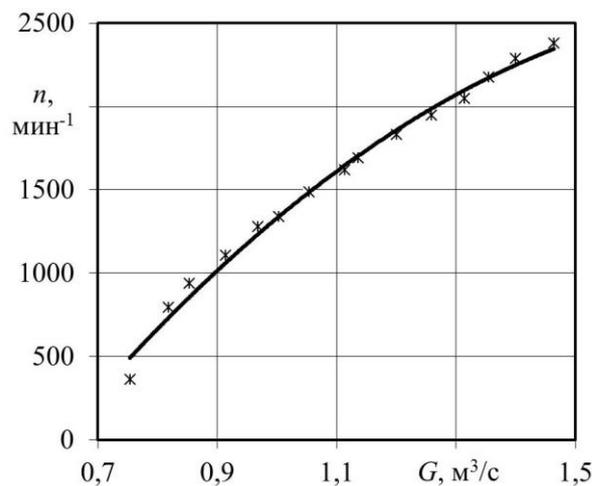


Рис. 3. Изменение оборотов вентилятора в зависимости от расхода набегающего воздуха при неполном охвате кожухом радиатора

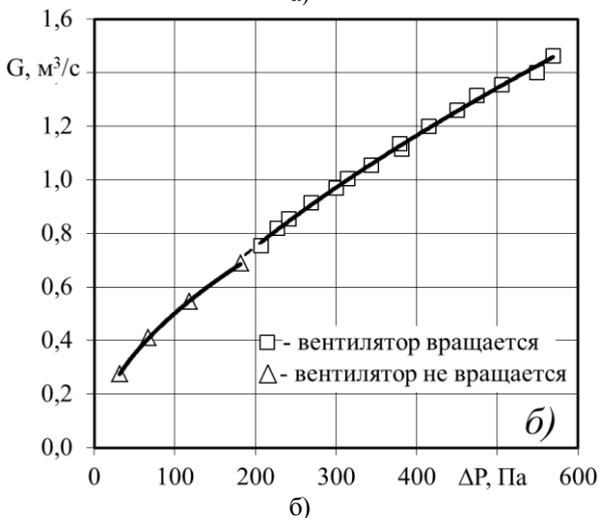
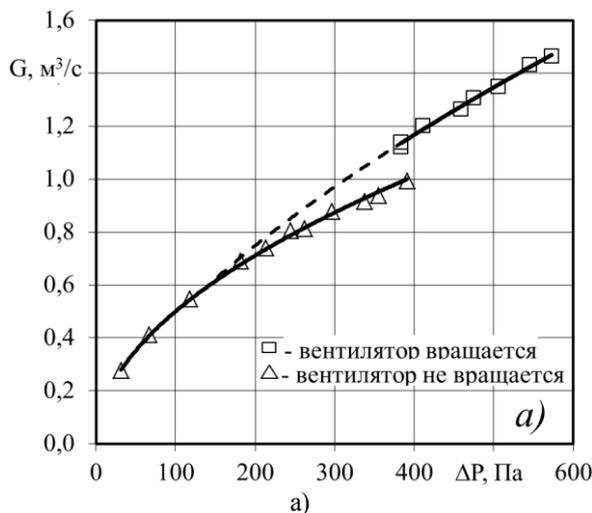


Рис. 4. Зависимость расхода воздуха G через радиатор от напора воздуха ΔP (при неполном охвате кожухом радиатора): а) при увеличении напора; б) при снижении напора

На рис. 4а видно, что по мере увеличения расхода воздуха через радиатор и при достижении $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ происходит скачкообразное

увеличение расхода воздуха, в этот момент радиатор начинает вращаться. В первом случае вентилятор начинал вращаться при расходе $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Было установлено, что через свободную зону радиатора проходило около 35% воздуха.

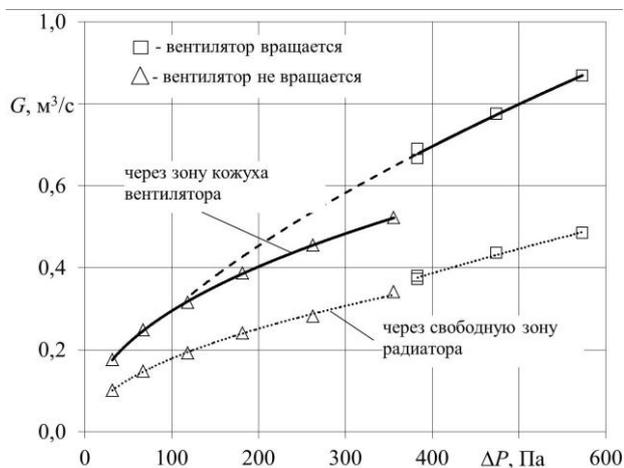


Рис. 5. Зависимость расхода воздуха G от напора воздуха ΔP

Таким образом, через вентилятор прошло 65% воздуха (рис. 5). Зная этот расход и какую долю он составляет в общем потоке, можно определить расход воздуха через весь радиатор. Проблема в этой ситуации заключается в том, что нужно знать какая доля потока воздуха идет через свободную зону радиатора. Она зависит от нескольких факторов и в первую очередь от степени охвата кожухом радиатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аэродинамика автомобиля / под ред. Гухо В.Г. – М.: Машиностроение, 1987. 424 с.
2. Аэродинамика автомобиля: Сб. статей / под ред. Григолюка Э.И. – М.: Машиностроение, 1984. 376 с.
3. Петров, А.П. Методика аэродинамических исследований системы охлаждения легкового автомобиля // Вестник машиностроения. 2006. №2. С. 87-89.
4. Кремлевский, П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. Изд. 4-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1989. 701 с.

USING THE FAN FOR MEASUREMENT THE AIR FLOW THROUGH THE COOLING SYSTEM RADIATOR

© 2013 A.P. Petrov

Kurgan State University

Possibility of using the regular fan of the cooling system for measurement the air flow through a radiator is considered. Researches established that under the influence of running air flow at car movement the electric fan rotates. Frequency of the fan rotation is proportional to air flow through a radiator. Under the influence of air flow the electric motor of the fan passes to a generator mode, that it is possible to use for measurement the air flow. This method of measurement with success can be used when performing bench and road tests of the cooling system. The method possesses high precision of measurements. Results of researches the fan behavior in different conditions of intake the air through a cooling system radiator are given.

Key words: fan, cooling system, radiator, running air flow, flow