

## **АЭРОДИНАМИКА ПОТОКА ВОЗДУХА В ВОЗДУШНОМ ТРАКТЕ ТРАКТОРА**

**А. И. ЯКУБОВИЧ, В. Е. ТАРАСЕНКО**

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет», г. Минск*

### **Введение**

Пространство перед радиаторами блока охлаждения и после него, расположенное под капотом, принято называть воздушным трактом. Воздушный тракт трактора, его компоновка определяют как в количественном, так и в качественном отношении прохождение потока воздуха через радиаторы. Он является тем внешним фактором, от которого зависит тепловой режим двигателя, так как функциональное назначение воздушного тракта заключается в обеспечении отвода теплоты от двигателя, компоновкой его определяются энергозатраты на работу вентиляторной установки.

Блок охлаждения состоит из радиатора охлаждения, масляного радиатора двигателя, радиатора-кондиционера, при необходимости в блоке устанавливается дополнительно масляный радиатор охлаждения масла трансмиссии или агрегатов гидросистем. Перед радиатором охлаждения устанавливается шторка или жалюзи для регулирования температурного режима двигателя. Блок охлаждения устанавливается перед вентиляторной установкой двигателя. Моторная установка ограждена капотом, передняя часть которого имеет щели или окна, покрытые мелкоячеистой сеткой.

При работе осевой вентилятор двигателя засасывает воздух через переднюю и боковые сетки капота. Воздух, проходя через блок радиаторов, нагревается, отводя теплоту от охлаждающей жидкости и масла. Нагретый воздух под капотом омывает двигатель, и выходит через открытые боковые стороны в окружающее пространство. При закрытых боковинах капота нагретый воздух из моторного отсека выходит через специальные продувочные окна или жалюзи.

Таким образом, воздушный тракт моторной установки обеспечивает поддержание необходимого теплового режима двигателя и компоновке его уделяется значительное внимание, так как при правильной организации воздушного тракта узлы охлаждения выполняются компактными и малой металлоёмкости, снижаются затраты мощности и расход топлива.

### **Постановка задачи**

Требования рынка к сельскохозяйственным тракторам направлены не только на повышение мощности, экономичности, надёжности, экологичности, но и на такие характеристики, как энергоёмкость и современный дизайн машин. Выполнение этого комплекса конструктивно и функционально зависит от системы охлаждения и воздушного тракта моторной установки.

Одна из задач при разработке конструкции узлов охлаждения заключается в экономии цветного металла, снижении энергозатрат на привод агрегатов, обслуживающих систему охлаждения, при одновременном обеспечении необходимого температурного режима при различных условиях эксплуатации. Для обеспечения экономии цветного металла необходимо стремиться к созданию радиатора с ограниченными габаритно-массовыми параметрами. Второе условие выполняется при минимальном аэродинамическом сопротивлении, так как сопротивление радиатора характеризует затраты мощности на продувку воздуха через сердцевину [2].

Основной задачей, решение которой позволило бы анализировать энергозатраты на циркуляцию воздушных потоков в воздушном тракте, являлось экспериментальное

определение реальных значений расхода воздушного теплоносителя, а также аэродинамического сопротивления воздушного тракта.

### Методика экспериментальных исследований

Для получения реальных значений сопротивления движению потока воздуха при прохождении через воздушный тракт моторной установки, а также коэффициентов аэродинамического сопротивления в лаборатории двигателей Минского тракторного завода была разработана установка с камерой для аэродинамических исследований воздушного тракта. Характерным в установке является полное сохранение компоновки воздушного тракта трактора, наличие в установке двигателя. Движение потока воздуха создавалось вентилятором двигателя, что позволило получить действительную картину движения воздушного потока.

Аэродинамическая установка прямого действия расположена горизонтально по оси всасывания осевого вентилятора двигателя (рис.1). В аэродинамической установке смонтированы все узлы и агрегаты, устанавливаемые в воздушном тракте трактора. Вся установка смонтирована на бруске трактора, за ней установлен двигатель, закапотированный капотом.

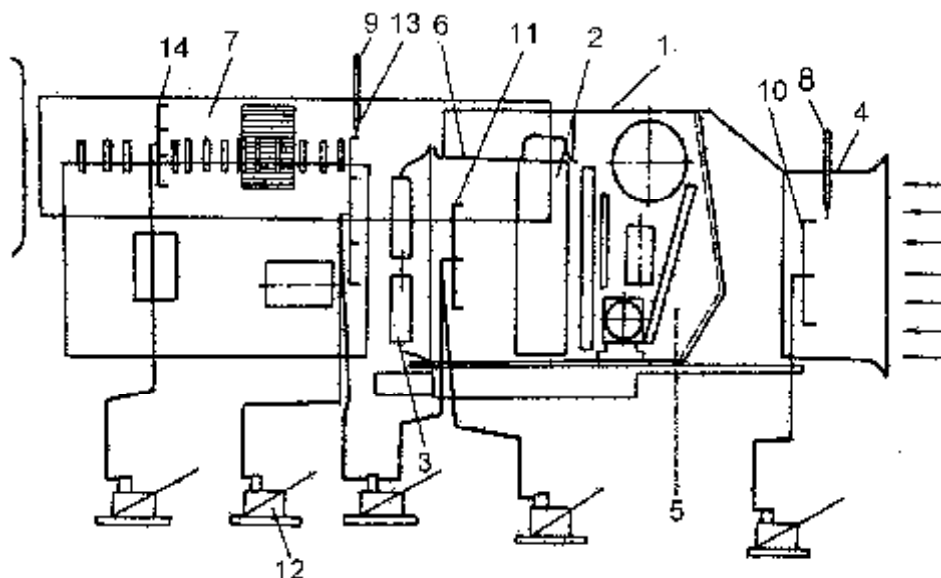


Рис. 1. Схема аэродинамической установки для исследования воздушного тракта:  
1 – аэродинамическая труба; 2 – водяной радиатор; 3 – вентилятор; 4 и 6 – измерительные патрубки; 5 – расширительная камера; 7 – капот; 8 и 9 – термопары; 10, 11, 13 и 14 – приёмники воздушного давления; 12 – микроманометр

При аэродинамических исследованиях определялись зависимость сопротивления воздушного тракта от массового расхода воздуха при полной комплектации моторной установки и при удалении отдельных узлов и деталей, влияние на аэродинамическое сопротивление передних сеток с различным живым сечением по воздуху. Определялось влияние внешних форм элементов двигателя и конструкции капота, а также конструкции сердцевин радиаторов на аэродинамическое сопротивление в зависимости от расхода воздуха.

В начале исследований с каждой комплектацией определялся коэффициент неравномерности поля скоростей воздуха. Для определения коэффициента неравномерности производился замер скоростей в ряде равнорасположенных точек. Коэффициент неравномерности поля скоростей определялся как [2]:

$$\varphi = \frac{\bar{V}_w}{V'_w}, \quad (1)$$

где  $\bar{V}_w$  – средняя скорость воздуха в измерительном патрубке;  $V_w'$  – истинное значение скорости воздуха в центре измерительного патрубка.

Среднее значение скорости воздуха рассчитывалось по формуле:

$$\bar{V}_w = \frac{\sum_{i=1}^n V_{wi}}{n}. \quad (2)$$

Скорость воздуха в центре всасывающего патрубка рассчитывалась по величине разности полного и статического давления, определяемого микроманометром типа ММН-240 с ценой деления 0,1 мм спиртового столба. Расчёт скорости воздуха проводился по формуле:

$$V_w = \varphi \sqrt{\frac{2g\Delta H_M K_{MH} n_C \alpha_{TP}}{\rho_w}}, \quad (3)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $\Delta H_M$  – динамический напор воздушного давления, определённый по шкале микроманометра в мм ртутного столба;  $K_{MH}$  – постоянная микроманометра, учитывающая угол наклона шкалы микроманометра и плотность спирта;  $n_C$  – поправка на температуру и плотность спирта, заливаемого в микроманометр;  $\alpha_{TP}$  – коэффициент пневматической трубки;  $\rho_w$  – плотность воздуха, которая равна:

$$\rho_w = 0,464 \frac{b_0}{273 + t_{OKP.}}, \quad (4)$$

где  $b_0$  – барометрическое давление в мм рт. ст.;  $t_{OKP.}$  – температура воздуха окружающей среды, °С.

Расход воздуха определялся по формуле:

$$W = 3600 \bar{V}_w F_n, \quad (5)$$

где  $F_n$  – сечение измерительного патрубка.

Аэродинамическое сопротивление воздушного тракта или отдельных его узлов определялось по перепаду статического давления воздуха на входе и выходе. Перепад давления воздуха рассчитывался по формуле:

$$\Delta P = (h' - h'') K_M n_C, \text{ кг/м}^2, \quad (6)$$

где  $(h' - h'')$  – перепад давления по микроманометру в мм спиртового столба.

Коэффициент аэродинамического сопротивления  $\xi$  рассчитывался как отношение аэродинамического сопротивления к скоростному напору воздуха по формуле:

$$\xi = \frac{\Delta P}{\rho_w V_w^2} = 2g \frac{\Delta P}{\rho_w V_w^2}. \quad (7)$$

### Результаты исследований

При полной комплектации воздушного тракта коэффициент аэродинамического сопротивления в диапазоне частоты вращения коленчатого вала двигателя от 1400 до 2350  $\text{мин}^{-1}$  изменяется в пределах от 8 до 9,92, с уменьшением расхода воздуха значение коэффициента увеличивается. С удалением агрегатов от воздушного тракта коэффициент

уменьшается. Наибольшее влияние на значения коэффициента оказывают радиатор охлаждения, радиаторы-кондиционеры и масляный, передняя сетка капота. Характер изменения коэффициента, в зависимости от расхода воздуха, близкий к прямолинейному и с увеличением расхода воздуха уменьшается.

**Коэффициенты аэродинамического сопротивления узлов  
и агрегатов воздушного тракта тракторов МТЗ-822 и МТЗ-1022**

Наименование узла, агрегата	Коэффициент аэродинамического сопротивления
Радиатор водяной трубчато-пластинчатый, шаг охлаждения пластин 3,5/3,0 мм	3,0...4,0
Радиатор масляный стальной из плоскоовальных трубок, шаг трубок 11,0 мм	1,2...1,5
Радиатор кондиционера ленточный, шаг по охлаждающим лентам 2,0 мм	0,6...1,2
Сетка капота 1а – 50 по ГОСТ	2,2...3,2
Воздухоочиститель цилиндрический диаметром 220 мм	0,35...0,5
Гидроусилитель рулевого управления трактора МТЗ-822	1,0...1,2
Гидрообъемное рулевое управление	0,35...0,5
Бачок масляный цилиндрический диаметром 150 мм	0,17...0,2

Характеристики аэродинамического сопротивления, в зависимости от расхода воздуха и комплектации вентиляторной установки тракторов МТЗ-822 и МТЗ-1022, представлены на рис. 2 и 3.

При подстановке аэродинамического сопротивления воздушного тракта моделей тракторов в формулу (7) получим уравнение для определения коэффициента аэродинамического сопротивления для моторных установок в полной комплектации:

– для МТЗ-822  $\xi = \frac{2AF_{\text{фр}}^2}{\rho_w W^{0,5}} = \frac{260F_{\text{фр}}^2}{\rho_w W^{0,5}}$ ;

– для МТЗ-1022  $\xi = \frac{2AF_{\text{фр}}^2}{\rho_w W^{0,35}} = \frac{200F_{\text{фр}}^2}{\rho_w W^{0,35}}$ ;

– для МТЗ-1522  $\xi = \frac{2AF_{\text{фр}}^2}{\rho_w W^{0,6}} = \frac{330F_{\text{фр}}^2}{\rho_w W^{0,6}}$ .

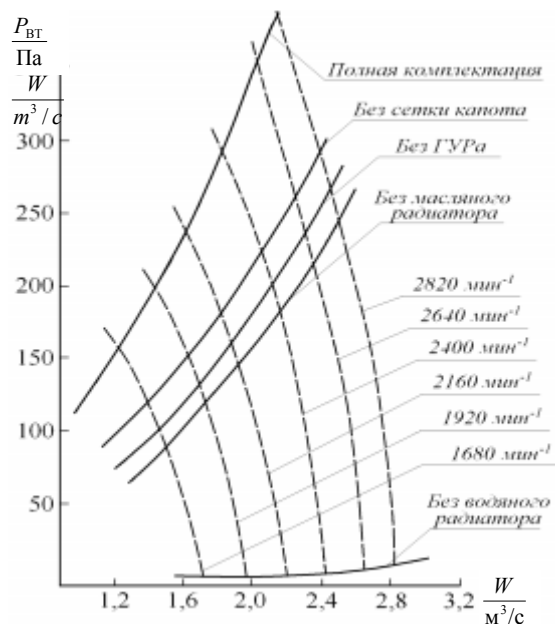


Рис. 2. Аэродинамическое сопротивление воздушного тракта трактора МТЗ-822

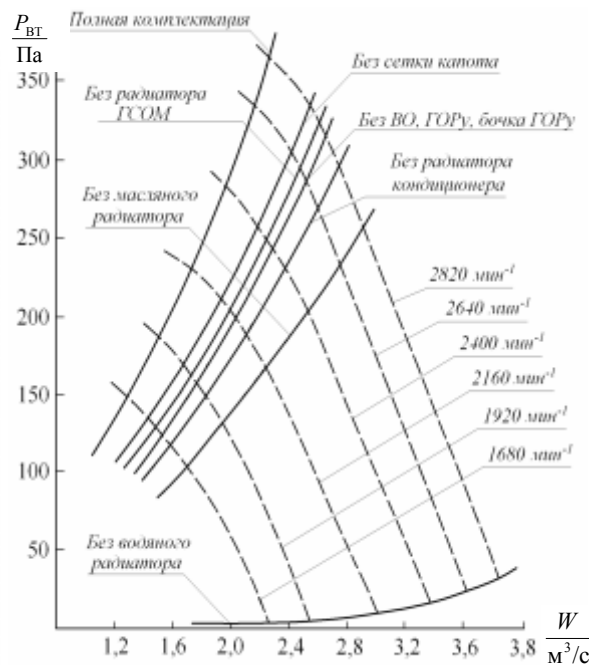


Рис. 3. Аэродинамическое сопротивление воздушного тракта трактора МТЗ-1022

Таким образом, экспериментально доказано, что скорость воздуха в каждой точке воздушного тракта не одинакова и зависит от аэродинамического сопротивления в рассматриваемом сечении. Аэродинамическое сопротивление изменяется и зависит от сопротивления устанавливаемых узлов и агрегатов. Наибольшее сопротивление имеют передняя защитная сетка и узлы теплообмена. Из других агрегатов наибольшее сопротивление имеют узлы обтекаемой конфигурации, плоские, имеющие прямые углы и т. д. Меньшее сопротивление имеют узлы цилиндрической или эллиптической конфигурации.

### Литература

1. Краснов, Н. Ф. Аэродинамика / Н. Ф. Краснов. – Минск : Выш. шк., 1976.
2. Якубович, А. И. Воздушные тракты моторных установок сельскохозяйственных тракторов и пути их совершенствования / А. И. Якубович, П. А. Амельченко, Н. П. Цаюн. – Минск : ЦНИИТЭИТракторосельхозмаш, 1992.
3. Якубович, А. И. Тепловой режим тракторов класса 1,4 – 2. Проектирование, расчёт и исследование систем охлаждения: автореф. дис. на соиск. уч. степени д-ра техн. наук. – Минск, 1993.

Получено 19.10.2006 г.