

**Манойло В.М.**

Харківський національний технічний  
університет сільського господарства  
ім. Петра Василенка», м. Харків, Ук-  
раїна  
E-mail: manoylovladimir@gmail.com

**МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА  
ВОЗДУХА, ОЧИЩЕННОГО ФИЛЬТРУЮЩИМ  
ЭЛЕМЕНТОМ ВОЗДУШНОГО ФИЛЬТРА  
ТРАНСПОРТНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

УДК 621.436.681.51

Предложена математическая модель процесса течения свежего заряда (СЗ), проходящего через сердцевину фильтрующего элемента воздушного фильтра, позволяющая оценить влияние аэродинамического сопротивления, возникающего во впускном тракте ДВС, на тягово-скоростные характеристики транспортных средств.

**Ключевые слова:** модель регулирования, фильтрующий элемент, воздушный фильтр.

**Введение.** Общим требованием, которое предъявляется к современным узлам системы воздухообеспечения, является обеспечение минимальных значений аэродинамических сопротивлений впускного тракта ДВС в процессе эксплуатации, при качественной (эффективной) очистке поступающего воздуха. Одним из наиболее ответственных узлов системы воздухообеспечения, от которого зависит этот параметр, является фильтрующий элемент воздушного фильтра (ФЭВФ). Минимальные величины аэродинамических сопротивлений ФЭВФ: зависят от рационально выбранных размеров узла и свойств фильтровальной бумаги; позволяют уменьшить значения насосных потерь и увеличить коэффициент наполнения цилиндров ДВС рабочим телом; благоприятно отражаются на повышении эффективности рабочего процесса ДВС и улучшении тягово-скоростных, технико-экономических и экологических характеристиках транспортных средств (ТС).

**Анализ последних достижений и публикаций.** В литературных источниках опубликованы математические модели некоторых узлов воздухообеспечения ДВС, приведенные в работах [1-3, 7-14], нашедшие применение на судовых и стационарных дизелях большой мощности. Эксплуатация этого класса ДВС, осуществляется в условиях малой запыленности и, в значительной степени отличаются от условий эксплуатации автотракторных дизельных, бензиновых и газовых двигателей малой и средней мощности [4-6, 15-18], работающих в резкомменяющихся, скоростных и нагрузочных режимах, а также условиях умеренной и повышенной запыленности. Поэтому обязательным условием в системах воздухообеспечения автотранспортных ДВС малой и средней мощности является наличие воздушного фильтра с фильтрующим элементом.

Математическая модель процесса течения рабочего тела, проходящего через фильтрующий элемент воздушного фильтра системы воздухообеспечения ДВС, в опубликованных литературных источниках не обнаружена.

Поэтому автором предлагается такая модель, с помощью которой появляется возможность численного моделирования переходных процессов в узле, возникающих в результате появления различных возмущающих воздействий, от которых зависит функциональная стабильность и устойчивость рабочего процесса ДВС, а также тягово-скоростные характеристики ТС.

**Цель и постановка задачи.** Целью настоящей работы является оценка вредного влияния величины аэродинамического сопротивления, ФЭВФ системы воздухообеспечения ДВС, на тягово-скоростные характеристики ТС, с учетом внешних условий эксплуатации.

**Сущность математической модели.** При работе ДВС ТС на установившихся режимах в воздушном фильтре соблюдается условие статического равновесия, которое можно выразить соотношениями

**Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів**  
 Technical service of agriculture, forestry and transport systems

$$G_a - G_{\text{дф}} = 0 \text{ и } G_a - G_{\text{др.засл}} = 0 \quad (1 \text{ и } 2)$$

где  $G_a$  – массовый расход воздуха, поступающий во впускную систему ДВС из окружающей среды, кг/с;  $G_{\text{дф}}$  и  $G_{\text{др.засл}}$  – массовые расходы воздуха, проходящие через диффузор смесителя и поворотную дроссельную заслонку, кг/с.

Массовый расход воздуха, проходящий через воздушный фильтр и приемный трубопровод впускной системы ДВС, определяется с помощью соотношения, кг/с

$$G_{\text{возд.ф}} = f_{\text{возд.ф}} \cdot w_{\text{возд.ф}} \cdot \rho_{\text{возд.ф}}, \quad (3)$$

где  $f_{\text{возд.ф}}$  – рабочая поверхность (бумажного) фильтрующего элемента, м<sup>2</sup>;  $\rho_{\text{возд.ф}}$  – плотность воздуха в воздушном фильтре и приемном воздухопроводе впускной системы ДВС, кг/м<sup>3</sup>;  $w_{\text{возд.ф}}$  – действительная скорость воздушного потока в сердцевине ВФ, м/с.

Ширину стороны гофра фильтрующего элемента определяем, используя эмпирическую зависимость [1], м

$$e_z = m \cdot \sqrt[3]{f_{\text{возд.ф}}}, \quad (4)$$

при массовом расходе воздуха  $\leq 0,5$  м<sup>3</sup>/с, коэффициент  $m = 0,015$ .

Боковая поверхность бумажного фильтрующего элемента определяется соотношением, м<sup>2</sup>

$$F_{\text{б}} = \frac{f_{\text{возд.ф}} \cdot t_{\text{ф}}}{2 \cdot e_z}, \quad (5)$$

где  $t_{\text{ф}} = 5 \div 8$  мм – шаг между складками гофра бумажного фильтрующего элемента.

Объем бумажного фильтрующего элемента выразим следующим выражением, м<sup>3</sup>

$$V_{\text{возд.ф}} = F_{\text{б}} \cdot h_{\text{ф}}, \quad (6)$$

здесь  $h_{\text{ф}}$  – высота бумажного фильтрующего элемента, м.

Конструктивная характеристика для круглых и прямоугольных заслонок [1] представлена в виде:

$$f_{\text{засл}} = (1 - \cos \beta), \quad (7)$$

где  $\beta$  – угол поворота дроссельной заслонки, град.

Проходные сечения в зоне поворотной заслонки для круглой и прямоугольной форм определяются при помощи формул [1], м<sup>2</sup>

$$F_{\text{др.засл}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{засл}}^2}{4} \cdot f_{\text{засл}} \text{ и } F_{\text{др.засл.пр}} = a \cdot b, \quad (8 \text{ и } 9)$$

здесь  $D_{\text{засл}}$  – наружный диаметр дроссельной заслонки, м;  $a$  и  $b$  – стороны прямоугольной дроссельной заслонки, м.

Расход смеси в горловине диффузора смесителя и воздуха в сечении поворотной заслонки определяются соотношениями, м<sup>3</sup>/с

$$G_{\text{дф}} = f_{\text{дф}} \cdot w_{\text{дф}} \cdot \rho_{\text{дф}} \text{ и } G_{\text{др.засл}} = F_{\text{др.засл}} \cdot w_{\text{др.засл}} \cdot \rho_{\text{др.засл}}, \quad (10 \text{ и } 11)$$

где  $f_{\partial\phi}$  – проходное сечение горловины диффузора смесителя, м<sup>2</sup>;  $\rho_{\partial\phi}$  и  $\rho_{\partial p.засл}$  – плотности смеси в горловине диффузора смесителя и воздуха в проходном сечении поворотной заслонки, кг/м<sup>3</sup>;  $w_{\partial\phi}$  и  $w_{\partial p.засл}$  – действительные скорости смеси в диффузоре и воздушного потока в сечении поворотной заслонки, м/с.

В случае нарушения статического равновесия дифференциальное уравнение приращения расхода свежего заряда в сердцевине воздушного фильтра можно представить в виде:

для ДВС со стандартным газобаллонным оборудованием (ГБО)

$$\frac{d\Delta m_{\text{возд.}\phi}}{dt} = (G_a + \Delta G_a) - (G_{\partial\phi} + \Delta G_{\partial\phi}), \quad (12)$$

для ДВС с моно- и распределенной подачей топлива

$$\frac{d\Delta m_{\text{возд.}\phi}}{dt} = (G_a + \Delta G_a) - (G_{\partial p.засл} + \Delta G_{\partial p.засл}), \quad (13)$$

де  $\Delta$  – величина отклонения (элементарного изменения) перечисленных факторов от установившегося значения в равновесном режиме;  $m_{\text{возд.}\phi}$  – масса свежего очищенного воздуха, находящегося в сердцевине ВФ, кг;  $dt$  – элементарное время, в течение которого осуществляется переходной процесс, с.

Используя уравнение состояния для идеального газа, упростим вышеприведенные соотношения (12 и 13), тогда получим следующие выражения

$$\frac{V_{\text{возд.}\phi}}{R \cdot T_{\phi}} \cdot \frac{d\Delta p_{\text{возд.}\phi}}{dt} = \Delta G_a - \Delta G_{\partial\phi} \quad \text{и} \quad \frac{V_{\text{возд.}\phi}}{R \cdot T_{\phi}} \cdot \frac{d\Delta p_{\text{возд.}\phi}}{dt} = \Delta G_a - \Delta G_{\partial p.засл} \quad (14 \text{ и } 15)$$

– для ДВС со стандартным ГБО, а также двигателей с моно- и распределенной подачей топлива; где  $V_{\text{возд.}\phi}$  – объем фильтрующего элемента воздушного фильтра, м<sup>3</sup>.

Расход воздуха поступающий из окружающей среды, проходящий через фильтр, зависит от: сопротивления  $p_{\text{сопр.}\phi}$  ВФ, разрежения рабочего тела в ВФ  $p_{\text{возд.}\phi}$  и угла поворота дроссельной заслонки  $\beta$  и его можно записать следующей функциональной зависимостью

$$G_a = f(p_{\text{возд.}\phi}, \beta, p_{\text{сопр.}\phi}). \quad (16)$$

На основании этого, запишем элементарное изменение расхода воздуха проходящего через фильтр, с учетом малых отклонений.

$$\Delta G_a = \frac{\partial G_a}{\partial p_{\text{возд.}\phi}} \cdot \Delta p_{\text{возд.}\phi} + \frac{\partial G_a}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta + \frac{\partial G_a}{\partial p_{\text{сопр.}\phi}} \cdot \Delta p_{\text{сопр.}\phi} \quad (17)$$

У ДВС оборудованных стандартным ГБО расход газо-воздушной смеси проходящий через диффузор смесителя зависит от: разрежения рабочего тела  $p_{\text{возд.}\phi}$  в воздушном фильтре, разрежения рабочего тела в диффузоре смесителя  $p_{\partial\phi}$  и угла поворота дроссельной заслонки  $\beta$

$$G_{\partial\phi} = f(p_{\text{возд.}\phi}, \beta, p_{\partial\phi}). \quad (18)$$

Соответственно, у двигателей оборудованных моно- либо распределенной подачей расход газо-воздушной смеси проходящий через дроссельный узел зависит от: разрежения рабочего тела  $p_{\text{возд.}\phi}$  в воздушном фильтре и угла поворота дроссельной заслонки  $\beta$

$$G_{др.засл} = f(p_{возд.ф}, \beta). \quad (19)$$

На основании этого, запишем элементарное изменение расхода газо-воздушной смеси, проходящего через диффузор смесителя, с учетом малых отклонений

$$\Delta G_{\partial ф} = \frac{\partial G_{\partial ф}}{\partial p_{возд.ф}} \cdot \Delta p_{возд.ф} + \frac{\partial G_{\partial ф}}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta + \frac{\partial G_{\partial ф}}{\partial p_{\partial ф}} \cdot \Delta p_{\partial ф}, \quad (20)$$

и, соответственно через дроссельный узел

$$\Delta G_{др.засл} = \frac{\partial G_{др.засл}}{\partial p_{возд.ф}} \cdot \Delta p_{возд.ф} + \frac{\partial G_{др.засл}}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta \quad (21)$$

Подставим выражения расходов, зашедших из атмосферы и проходящих через сердцевину фильтрующего элемента, в уравнения (14 и 15). Тогда, дифференциальные уравнения приращения расхода свежего заряда в сердцевине ФЭВФ можно представить в виде: для ДВС со стандартным ГБО

$$\begin{aligned} \frac{V_{\phi}}{R \cdot T_{\phi}} \cdot \frac{d\Delta p_{возд.ф}}{dt} = & \frac{\partial G_a}{\partial p_{возд.ф}} \cdot \Delta p_{возд.ф} + \frac{\partial G_a}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta + \frac{\partial G_a}{\partial p_{снр.ф}} \cdot \Delta p_{снр.ф} - \frac{\partial G_{\partial ф}}{\partial p_{возд.ф}} \cdot \Delta p_{возд.ф} - \\ & - \frac{\partial G_{\partial ф}}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta - \frac{\partial G_{\partial ф}}{\partial p_{\partial ф}} \cdot \Delta p_{\partial ф} \end{aligned} \quad ; \quad (22)$$

для ДВС с моно- и распределенной подачей топлива

$$\begin{aligned} \frac{V_{\phi}}{R \cdot T_{\phi}} \cdot \frac{d\Delta p_{возд.ф}}{dt} = & \frac{\partial G_a}{\partial p_{возд.ф}} \cdot \Delta p_{возд.ф} + \frac{\partial G_a}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta + \frac{\partial G_a}{\partial p_{снр.ф}} \cdot \Delta p_{снр.ф} - \frac{\partial G_{др.засл}}{\partial p_{возд.ф}} \cdot \Delta p_{возд.ф} - \\ & - \frac{\partial G_{др.засл}}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta \end{aligned} \quad .(23)$$

Выразим значения  $\Delta p_{возд.ф}$ ,  $\Delta p_{\partial ф}$ ,  $\Delta \beta$  и  $\Delta p_{снр.ф}$  через относительные координаты

$$\overline{p_{возд.ф}} = \frac{\Delta p_{возд.ф}}{p_{0\text{возд.ф}}}; \quad \overline{p_{\partial ф}} = \frac{\Delta p_{\partial ф}}{p_{0\partial ф}}; \quad \overline{\beta} = \frac{\Delta \beta}{\beta_0}; \quad \overline{p_{снр.ф}} = \frac{\Delta p_{снр.ф}}{p_{0\text{снр.ф}}}, \quad (24)$$

где  $\overline{p_{возд.ф}}$  - безразмерное изменение давления воздуха в ФЭВФ;  $\overline{p_{\partial ф}}$  - безразмерное изменение давления свежего заряда в самом узком сечении диффузора смесителя;  $\overline{\beta}$  - безразмерное изменение угла поворота дроссельной заслонки;  $\overline{p_{снр.ф}}$  - безразмерное изменение сопротивления воздуха ФЭВФ; индекс 0 – значения параметров на установившихся режимах работы узла.

Факторы устойчивости воздушного фильтра запишем следующим соотношением

$$F_{возд.ф} = \frac{\partial G_{\partial ф} - \partial G_a}{\partial p_{возд.ф}} \quad \text{и} \quad F_{1\text{возд.ф}} = \frac{\partial G_{др.засл} - \partial G_a}{\partial p_{возд.ф}}. \quad (25 \text{ и } 26)$$

- для ДВС со стандартным ГБО, а также для двигателей с моно- и распределенной подачей топлива.

Выразим дифференциальные уравнения приращения расхода свежего заряда в сердцевине ФЭ воздушного фильтра (22 и 23), используя значения относительных координат (24) и факторов устойчивости (25 и 26), тогда получим:

для ДВС со стандартным ГБО

$$\frac{V_{\phi} \cdot P_{0\text{возд.}\phi}}{R \cdot T_{\phi}} \cdot \frac{dP_{\text{возд.}\phi}}{dt} + F_{\text{возд.}\phi} \cdot \overline{P_{\text{возд.}\phi}} \cdot P_{0\text{возд.}\phi} = \frac{\partial G_a}{\partial p_{\text{дф}}} \cdot \overline{P_{\text{снр.}\phi}} \cdot P_{0\text{снр.}\phi} + \left[ \frac{\partial G_a - \partial G_{\text{дф}}}{\partial \beta} \right] \cdot \overline{\beta} \cdot \beta_0 - \frac{\partial G_{\text{дф}}}{\partial p_{\text{дф}}} \cdot \overline{P_{\text{дф}}} \cdot P_{0\text{дф}} ; \quad (27)$$

для ДВС с моно- и распределенной подачей топлива

$$\frac{V_{\phi} \cdot P_{0\text{возд.}\phi}}{R \cdot T_{\phi}} \cdot \frac{dP_{\text{возд.}\phi}}{dt} + F_{1\text{возд.}\phi} \cdot \overline{P_{\text{возд.}\phi}} \cdot P_{0\text{возд.}\phi} = \frac{\partial G_a}{\partial p_{\text{дф}}} \cdot \overline{P_{\text{снр.}\phi}} \cdot P_{0\text{снр.}\phi} + \left[ \frac{\partial G_a - \partial G_{\text{др.засл}}}{\partial \beta} \right] \cdot \overline{\beta} \cdot \beta_0 . \quad (28)$$

После преобразований и деления всех составляющих на второй член уравнения получим:

для ДВС со стандартным ГБО

$$T_{\text{возд.}\phi} \cdot \frac{dP_{\text{возд.}\phi}}{dt} + \overline{P_{\text{возд.}\phi}} = K_{\text{снр.}\phi} \cdot \overline{P_{\text{снр.}\phi}} + Q_{\text{возд.засл}} \cdot \overline{\beta} - Q_{\text{дф}} \cdot \overline{P_{\text{дф}}} ; \quad (29)$$

для ДВС с моно- и распределенной подачей топлива:

$$T_{\text{возд.}\phi} \cdot \frac{dP_{\text{возд.}\phi}}{dt} + \overline{P_{\text{возд.}\phi}} = K_{\text{снр.}\phi} \cdot \overline{P_{\text{снр.}\phi}} + Q_{1\text{возд.засл}} \cdot \overline{\beta} . \quad (30)$$

Полученные выражения являются дифференциальными уравнениями (ДУ) приращения расхода свежего заряда в сердцевине ФЭ воздушного фильтра в безразмерных координатах.

Где, времена реакций ФЭ воздушных фильтров

$$T_{\text{возд.}\phi} = \frac{V_{\phi} \cdot P_{0\text{возд.}\phi}}{R \cdot T_{\phi} \cdot F_{\text{возд.}\phi} \cdot P_{0\text{возд.}\phi}} \quad \text{и} \quad T_{1\text{возд.}\phi} = \frac{V_{\phi} \cdot P_{0\text{возд.}\phi}}{R \cdot T_{\phi} \cdot F_{1\text{возд.}\phi} \cdot P_{0\text{возд.}\phi}} .$$

характеризуют инерционность фильтрующего элемента, установленного совместно со штатной ГБО, а также работающего в сочетании с ТА, выполняющей моно- или распределенную подачу топлива.

Коэффициент усиления по изменению угла поворота дроссельной заслонки

$$Q_{\text{возд.засл}} = \frac{\left( \frac{\partial G_a - \partial G_{\text{дф}}}{\partial \beta} \right) \cdot \beta_0}{F_{\text{возд.}\phi} \cdot P_{0\text{возд.}\phi}} - \text{характеризует эффективность воздействия}$$

изменения углового положения дроссельной заслонки на фильтрующий элемент, работающий совместно с стандартным ГБО.

Коэффициенты усиления сопротивления фильтрующего элемента воздушного фильтра и изменения давления рабочего тела в диффузоре смесителя

$$K_{\text{сопр.ф}} = \frac{\frac{\partial G_{\text{дф}}}{\partial p_{\text{сопр}}} \cdot p_{0\text{сопр}}}{F_{1\text{возд.ф}} \cdot p_{0\text{возд.ф}}} \quad \text{и} \quad Q_{\text{дф}} = \frac{\frac{\partial G_{\text{дф}}}{\partial p_{\text{возд.ф}}} \cdot p_{0\text{возд.ф}}}{F_{\text{возд.ф}} \cdot p_{0\text{сопр.ф}}} - \text{характеризуют влияние}$$

плотности материала (фильтровальной бумаги) на изменение аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента и эффективность воздействия изменения давления свежего заряда в диффузоре на фильтрующий элемент воздушного фильтра.

В операторной форме, уравнения (30 и 31) приращения расхода свежего заряда в сердцевине фильтрующего элемента воздушного фильтра будут иметь следующий вид:

для ДВС со стандартным ГБО

$$(T_{\text{возд.ф}} \cdot p + 1) \cdot \overline{p_{\text{возд.ф}}} = K_{\text{сопр.ф}} \cdot \overline{p_{\text{сопр.ф}}} + Q_{\text{возд.засл}} \cdot \overline{\beta} - Q_{\text{дф}} \cdot \overline{p_{\text{дф}}}; \quad (31)$$

для ДВС с моно- и распределенной подачей топлива

$$(T_{1\text{возд.ф}} \cdot p + 1) \cdot \overline{p_{\text{возд.ф}}} = K_{\text{сопр.ф}} \cdot \overline{p_{\text{сопр.ф}}} + Q_{\text{возд.засл}} \cdot \overline{\beta}. \quad (32)$$

Где двучлены в скобках, взятые из уравнений (31 и 32)

$$d_{\text{возд.ф}}(p) = (T_{\text{возд.ф}} \cdot p + 1) \quad \text{и} \quad d_{1\text{возд.ф}}(p) = (T_{1\text{возд.ф}} \cdot p + 1) \quad (33 \text{ и } 34)$$

- являются собственными операторами ФЭВФ для ДВС со стандартным ГБО, а также для двигателей с моно - и распределенной подачей топлива.

Упрощенные изображения структурных схем ФЭВФ приведены на рис. 1.

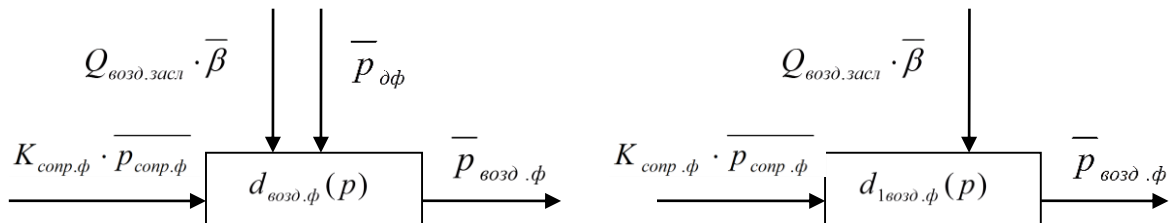


Рис. 1 – Упрощенное изображение структурной схемы ФЭВФ системы воздушноснабжения двигателя:  
 а) - для ДВС со стандартным ГБО; б) - для ДВС с моно- и распределенной подачей топлива

### Выводы

1. Полученные ДУ, описывают динамические свойства расхода свежего заряда в сердцевине ФЭВФ системы воздушноснабжения ДВС автотранспортных средств, позволяют сформировать и реализовать математические модели исследуемых объектов.

2. Получены линейные неоднородные ДУ 1-го порядка с постоянными коэффициентами, которые можно использовать для разработки и реализации математических моделей многоконтурных систем.

### Література

1. Хрулев А. Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей.- М.:”За рулем”-2000.- с.430.
2. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебн. пособие для вузов.- 3-е изд., испр. и доп.-М: ”Высшая школа”.-1980.-470 с.

**Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів**  
Technical service of agriculture, forestry and transport systems

3. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебн. пособие для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп./ Колчин А.И., Демидов В.П. -М.: "Высшая школа".-1980.-400 с., ил.
4. Герц Е.В. Пневматические приводы. М.: Машиностроение, 1968, с.359.
5. Шевяков А.А. Автоматика авиационных и ракетных силовых установок. Учебник для механических и авиационных вузов.-2-е изд. перераб. и доп.-М.: Машиностроение.-1965.-548 с., ил.
6. Первов Б.Н. Исполнительные устройства регулирования тепловыми установками.- М-Л: "Госэнергоиздат".- 1952.-232 с.
7. Ефимов С.И. ДВС: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/ С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под общ. ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985.- 456с, ил.
8. Стефани Е.П. Сборник задач по основам автоматического регулирования теплоэнергетических процессов. Учеб. пособие для вузов / Е.П. Стефани, М.А. Панько, Г.А. Пикина.-М.Б., «Энергия», 1973.
9. Крутов В.И. Сборник задач по автоматическому регулированию двигателей внутреннего сгорания: Учебн. пособие для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1990.- 320 с.: ил.
10. Брюханов Н.В. и др. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / Под ред. Ю.М. Соломенцева.- М.: Высшая школа, 1999.- 172 с.
11. Управление техническими объектами на автомобильном транспорте: Учебн. пособие / Под ред. А.А. Мельникова.- Пенза: ПГАСА, 2000.- 341 с.
12. Буралев Ю.В. и др. Устройство, обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей: Учебн. для сред. ПТУ / Буралев Ю.В., Мартынов О.А., Клевников Е.В. 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 288 с.: ил
13. Мельников А.А. Теория автоматического управления техническими объектами автомобилей и тракторов: Учебн. пособие для студ. высш. учебн. заведений / А.А. Мельников.- М.: Издательский центр «Академия», 2003.-280 с.
14. Макаров А.Н. Расчет дроссельных устройств: Справочник / А.Н. Макаров, М.Я. Шерман.- М.: Металлургиздат, 1953.- 284 с.: ил.
15. Куценко А.С., Манойло В.М. Анализ динамики регулируемой системы наддува ДВС с ВОД / Информационные технологии: наука, техника, технология, образование здоровье. - Харьков: ХГПУ, 1998. – Вып. 6. - С. 64-67.
16. Лабораторний практикум. СИСТЕМИ ДВЗ./ Состав. І.І. Тимченко, А.О. Єфремов, В.М. Манойло, Д.І. Тимченко, - Харків, ХНАДУ, 2008,- С. 90.
17. Манойло В.М. Система всережимного регулювання наддува автомобільного дизеля // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: ХГПУ, 1997. - Вып. 56-57. - С. 197-203
18. Манойло В.М. Регулювання процесу течення газо-воздушної суміші в горловині диффузора змішувача, системи топливонадачі транспортного дизеля / В.М. Манойло // Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 100-літтю херсонської державної морської академії. "Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика". – Херсон: Херсонська державна морська академія, 18-19 вересня 2014.- С. 218-222. Тезиси доповідей.

**V. Manoilo Model of process of air flow, which purified by element of air filter of transport motor**

A mathematical model of the flow of the working fluid, which passes through the core filtering element of the air filter, which allows to estimate the impact of the aerodynamic resistance arising in the intake tract of the ICE on the draw speed characteristics of vehicles is offered.

**Key words:** control model, filter element, air filter.

**References**

1. A. Khruliov. Repair of engines of foreign manufacture.- м.:”za rulem”-2000.-p.430.
2. V. Naxhokin. Technical thermodynamics and heat transfer: manual for higher educational institutions. Volume 3, corrected and supplemented.-м.:”highck school”.-1980.- 470 p.
3. A. Kolchin. Desigh of vehicle and tractor engines: manual for higher educational institutions. Volume 2, improved and supplemented / a. Kolchin, v. Demidov.-м.: “vysshaya school”.-1980.- 400 p., illustr.
4. Ye. Herts. Pneumatic actuators. М.: mechanical engineering, - 1968, p. 369.
5. A. Sheviakov. Automatics of aircraft and rocket power units. Manual for engineering and aviation higher educational institutions. Volume 2, improved and supplemented. М.: technical engineering. – 1965, 548 p., illustr.
6. B. Petrov. Performing devices for heat units control. М – l: “goseneroizdat”. -1952. 232 p.
7. S. Efimov. Ice: systems of piston and combined engines. Manual for higher educational institutions on specialby “rnternal combution engines:/ s. Efimov, n. Ivaschenko, v. Ivin and ofhers.; under collective edition of a. Orlin and m. Kruglov. Volume 3, improved and supplemented. М.: technical engineering. – 1985. 456 p., illustr.
8. Ye. Stefani. Collection of problems on automatic regulation of heat energy processes. Manual for higher educational institutions./ ye. Stefani, m. Panko, g. Pikina. М.: “energia”, 1973.
9. V. Krutov. Collection of problems on automatic regulation of internal combustion engines: manual for student of higher educational institutions on specialty “inferral combustion engines”. Volume 2, improved and supplemented. М.: technical engineering. – 1990. 320 p., illustr.
10. N. Briukhanov and others. The theory of automatic control: manual for higher educational institutions / under edition of yu. Solomentseva. М.: higher school, 1999.172 p.
11. Control of technical objects of automatic transport: manual / under edition of a. Melnikova. Penza: psasa, 2000.- 341 p.
12. Yu. Buralev others. Outline, maintenance and repair of fuel supply of devices of vehicles: manual for secondapy vocational schools / yu. Buralev, o. Martynov, ye. Klevnikov, volume 3, improved and supplemented. М.: higher school, 1987.- 288 p., illustr.
13. A. Melnikov. The theory of automatic control of technical objects of automobiles and tractors: manual for student of higher educational institutions / a. Melnikov.- м.: - editorial center “akademia”, 2003.- 280 p.
14. A.makarov. Design of throttle devices: directory / . A.makarov, m. Sherman.- м.:metaalurgizdat, 1953.- 224 p., illustr.
15. A. Kutsenko. Analysis of dynamics of controlled system of ice with comprex / information technologies: science, engineering, technology, education, health.// a. Kutsenko, v. Manoilo. - khspu, 1988.- volume -6.- p.64 – 67.
16. Laboratory practical training. Ice systems. Staff . I. Timchenko, a. Yefremov, v. Manoilo, d. Timchenko,- kharkiv, khnahu, 2008,-p.90.



**Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів**  
Technical service of agriculture, forestry and transport systems

17. V. Manoilo. The systems of all-modes diesel vehicle supercharge control / internal combustion engine .- kharkiv: khspu, 1997.- volume 56-57.- p.197 – 203.

28. . V. Manoilo. Control of gas-air in the choke tube mixer, of the fuel supply system of the diesel engine / v. Manoilo // international scientific and practical conference navy devoted to 100 jubilee of kherson state academy. "personal and social safeby in transport industry and enterprises – education, science, training". – kherson: kherson state navy academy, 18-19 of september, 2014.- p.218- 222. Summaries of reports.