

© Евдокимов В.Г.  
Yevdokimov V.G.

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ МОТОРНО-ТРАНСМИССИОННОЙ УСТАНОВКИ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

### AUTOMATIC SYSTEM TEMPERATURE REGULATION OF OPERATING MODE OF MOTOR TRANSMISSION INSTALLATIONS OF THE CATERPILLAR VEHICLES

**Аннотация.** Предлагаемая в статье конфигурация системы позволяет осуществлять регулирование температурного режима двигателя и трансмиссии, как изменением положения жалюзи радиатора, так и за счет управления режимами работы силовой установки и трансмиссии путем изменения подачи топлива в цилиндры и изменения нагрузки переключением передач и блокировкой (разблокировкой) фрикциона гидротрансформатора.

Алгоритм работы системы позволяет обеспечить наиболее рациональный тепловой режим, быстрый прогрев, наилучшие показатели сгорания рабочей смеси и, как следствие, увеличение срока службы силовой установки и снижение потребления топлива.

**Annotation.** The configuration of system, offered in the article, allows to carry out regulation of a temperature mode of the engine and transmission, either by change of jalousie of a radiator position, or by altering operating modes of an engine and transmission by change of submission of fuel in cylinders and change of loading by switching of transfers and blocking (unblocking) of a friction clutch of hydrotransfer.

The algorithm of work of system allows to provide the most rational thermal mode, fast warming up, the best parameters of combustion of a working mix, and, as consequence increase in service life of a power-plant and decrease in consumption of fuel.

**Ключевые слова.** Системы контроля, диагностики и управления, бортовые информационно-управляющие системы, адаптивные автоматические системы контроля, тепловой режим, автоматическое регулирование.

**Key words.** Monitoring, diagnostics and control systems, onboard information-operation systems, adaptive automatic monitoring systems, thermal mode, automatic control.

Автоматическая система регулирования температурного режима работы моторно-трансмиссионной установки гусеничной машины, являясь составной частью бортовой электронной системы контроля и управления, интегрирована в систему адаптивного управления и предназначена для обеспечения наиболее рационального теплового режима двигателя.

Регулирование температурного режима двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и гидромеханической трансмиссии (ГМТ) осуществляется путем изменения эффективности отвода тепла. Основное количество теплоты, отбираемое теплоносителем у нагретых элементов силовой установки и трансмиссии, рассеивается радиатором. Поэтому регулирование температуры достигается путем изменения количества воздуха, проходяще-

го сквозь соты радиатора. Регулирование осуществляется изменением положения регулирующих органов (жалюзи) или изменением частоты вращения вентилятора.

В случае невозможности поддержания температуры охлаждающей жидкости и масла в пределах рабочих диапазонов указанным способом регулирование теплового режима двигателя и трансмиссии осуществляется изменением режимов их работы: изменением частоты вращения двигателя, изменением нагруженности двигателя включением (выключением) блокировочного фрикциона или переходом на другую передачу.

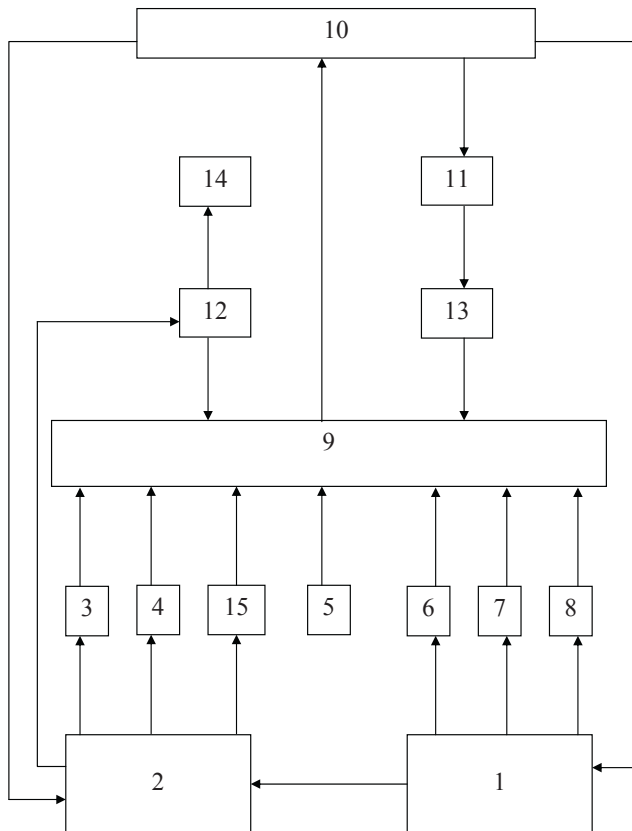
На процесс регулирования температуры охлаждающей жидкости и масла ДВС и ГМТ влияет большое количество параметров внешних условий, двигателя и трансмиссии, а также режимов движения машины. Для обеспечения качественного управления температурным ре-

Евдокимов Вячеслав Ганнуэльевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника Дальневосточного высшего военного командного училища ДВВКУ (ВИ) по вооружению, тел. 8-914-538-84-13.

Yevdokimov Vyacheslav Gennaevlevich – Cand. Tech. Sci., the senior lecturer, the deputy chief of Far East Military School. tel. 8-914-538-84-13.

жимом ДВС и ГМТ необходим большой объем исходной информации, что на практике реализовать невозможно. Повысить качество регулирования температурного режима двигателя и трансмиссии возможно при использовании аппарата адаптивных систем управления.

На рисунке представлена функциональная схема системы регулирования температурного режима работы двигателя и трансмиссии.



Функциональная схема системы регулирования температурного режима работы двигателя и трансмиссии:  
 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – трансмиссия;  
 3 – датчик включенной передачи; 4 – датчик скорости движения машины; 5 – датчик температуры наружного воздуха;  
 6 – датчик температуры масла в системе смазки двигателя;  
 7 – датчик температуры охлаждающей жидкости;  
 8 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя;  
 9 – микропроцессорный блок управления; 10 – блок коммутации; 11 – электропривод жалюзи радиатора; 12 – гидромффта вентилятора; 13 – жалюзи радиатора; 14 – вентилятор;  
 15 – датчик включения блокировочного фрикциона

Наиболее сложной является задача обеспечения точности регулирования температуры охлаждающей жидкости, масла и устойчивости функционирования системы управления, а целью управления – определение наиболее рациональной для данных внешних условий и режима работы настройки автоматического регулятора температуры для системы охлаждения двигателя, при которой значение перегрева температуры минимально

$$J = \theta_{np} - \theta(t),$$

где  $\theta_{np}$  – предельное значение температуры охлаждающей жидкости;

$\theta(t)$  – текущее значение температуры охлаждающей жидкости.

Дифференциальное уравнение системы охлаждения как объекта регулирования может быть получено из уравнения теплового баланса при неустановившемся режиме:

$$c_m M \frac{d\theta}{dt} = Q_m - Q_p, \quad (1)$$

где  $\theta$  – регулируемая температура теплоносителя на выходе из радиатора или на входе в двигатель;

$Q_m$  – количество тепла, которое силовая установка отдает теплоносителю в единицу времени;

$Q_p$  – количество тепла, рассеиваемое радиатором в единицу времени;

$c_m$  – средняя весовая теплоемкость системы охлаждения;

$M$  – приведенная масса теплоносителя и всех элементов, участвующих в теплообмене.

Величины  $Q_m$  и  $Q_p$  являются функциями ряда параметров. Величина  $Q_m$  зависит от температуры теплоносителя на входе в двигатель  $\theta$ , температуры теплоносителя на выходе из двигателя  $\theta_{вых}$  и количества рабочей жидкости  $M_{ж}$  проходящей через двигатель в единицу времени. Причем температура  $\theta_{вых}$  и количество рабочей жидкости  $M_{ж}$  определяются режимом работы силовой установки, характеризуемой мощностью  $N_e$ . Функциональную зависимость для  $Q_m$  можно записать в виде

$$Q_m = Q_m(\theta, N_e, M_{ж}).$$

Значение  $Q_p$  зависит от температуры рабочей жидкости  $\theta$ , массы воздуха, проходящего в единицу времени через соты радиатора, и его температуры  $\theta_{возд}$  на входе и выходе из радиатора.

В свою очередь, масса воздуха, проходящего через радиатор, зависит от его плотности  $\rho_\theta$ , угла открытия жалюзи  $\varphi$  и скорости потока воздуха  $v$ . С учетом сказанного функциональная зависимость для  $Q_p$  может быть записана в виде

$$Q_p = Q_p(\theta, \varphi, v, \rho_\theta, \theta_{возд}).$$

Кроме того, динамические характеристики процесса теплообмена зависят от состояния системы охлаждения и изменяются при изменении количества (уровня) охлаждающей жидкости в системе охлаждения.

Таким образом, система регулирования теплового режима двигателя должна обеспечивать требуемый температурный режим работы независимо от условий, режимов функционирования и состояния объекта.

Функции, определяющие процессы теплообмена в системе охлаждения, являются нелинейными. С целью упрощения задачи целесообразно разложить их по степеням малых приращений всех параметров и ограничиться в разложении линейными членами

$$Q_m = Q_m + \left(\frac{\partial Q_m}{\partial \theta}\right) \Delta \theta + \left(\frac{\partial Q_m}{\partial N_e}\right) \Delta N_e + \left(\frac{\partial Q_m}{\partial M_{жс}}\right) \Delta M_{жс}; \quad (2)$$

$$Q_p = Q_p + \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \theta}\right) \Delta \theta + \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \phi}\right) \Delta \phi + \left(\frac{\partial Q_p}{\partial v}\right) \Delta v + \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \rho_e}\right) \Delta \rho_e + \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \theta_{возд}}\right) \Delta \theta_{возд}. \quad (3)$$

Подставляя выражения (2) и (3) в уравнение (1), получаем

$$M c_m \frac{d \Delta \theta}{dt} + \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \theta} - \frac{\partial Q_m}{\partial \theta}\right) \Delta \theta = \left(\frac{\partial Q_m}{\partial N_e}\right) \Delta N_e + \left(\frac{\partial Q_m}{\partial M_{жс}}\right) \Delta M_{жс} - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \phi}\right) \Delta \phi - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial v}\right) \Delta v - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \rho_e}\right) \Delta \rho_e - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \theta_{возд}}\right) \Delta \theta_{возд}. \quad (4)$$

Обозначив  $\left(\frac{\partial Q_p}{\partial \theta} - \frac{\partial Q_m}{\partial \theta}\right) = \chi$  и разделив все члены уравнения (4) на коэффициент  $\chi$  после введения ряда обозначений и преобразований, окончательно получим

$$T \frac{d \Delta \theta}{dt} + \Delta \theta = K_\phi \Delta \phi + f(t), \quad (5)$$

где  $T = \frac{M c_m}{\chi}$  – постоянная времени системы охлаждения;

$K_\phi = \frac{\partial Q_p}{\partial \phi} \cdot \frac{1}{\chi}$  – коэффициент усиления жалюзи как регулирующего органа по подаче охлаждающего воздуха;

$$f(t) = \left(\frac{\partial Q_m}{\partial N_e}\right) \frac{\Delta N_e}{\chi} - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial v}\right) \frac{\Delta v}{\chi} - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \rho_e}\right) \frac{\Delta \rho_e}{\chi} - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial \theta_{возд}}\right) \frac{\Delta \theta_{возд}}{\chi} - \text{функция возмущающего воздействия, вызванного изменением внешних условий и режимов работы двигателя и трансмиссии.}$$

Постоянная времени  $T$  и коэффициент усиления  $K_\phi$  зависят от режимов работы двигателя и трансмиссии, температуры окружающего воздуха и других факторов. Это видно из выражения для постоянной времени  $T$  и коэффициента усиления  $K_\phi$  (5), в которое входит величина

$$\left(\frac{\partial Q_p}{\partial \theta} - \frac{\partial Q_m}{\partial \theta}\right) = \chi,$$

зависящая то внешних условий и режимов работы силовой установки и трансмиссии. При изменении условий частные производные  $\frac{\partial Q_p}{\partial \theta}$  и  $\frac{\partial Q_m}{\partial \theta}$  для различных установившихся режимов имеют различные значения и поэтому их разность, а стало быть, и коэффициент  $\chi$  не являются постоянными величинами.

Последнее означает, что регулирование температурного режима двигателя и трансмиссии можно осуществлять как изменением положения жалюзи, так и за счет управления режимами работы силовой установки и трансмиссии путем изменения подачи топлива в цилиндры и нагрузки в результате переключения передач и блокировки (разблокировки) фрикциона гидropередачи.

Поскольку коэффициенты  $T$  и  $K_\phi$  изменяются в больших пределах при изменении условий движения и режимов работы силовой установки и трансмиссии, то и характер переходных процессов в системе охлаждения также существенно зависит от этих факторов.

Наиболее сложным является получение информации о параметрах, характеризующих состояние элементов системы охлаждения, внешних условиях, влияющих на процесс регулирования температуры охлаждающей жидкости и масла.

Задача регулирования температурного режима двигателя и трансмиссии решается за счет применения в системе наряду с управлением жалюзи управление режимом работы двигателя и трансмиссии, что обеспечивает регулирование температурного режима во время движения машины с учетом параметров внешних условий и внутренних параметров машины без участия водителя.

Например, во время разогрева двигателя до рабочей температуры при подготовке машины к движению, сигналы от датчиков включенной передачи 3 (см. рисунок), скорости движения машины 4, температуры наружного воздуха 5, температуры масла в системе смазывания двигателя 6, температуры охлаждающей жидкости 7, частоты вращения коленчатого вала двигателя 8, включения блокировочного фрикциона 15 поступают в микропроцессорный блок управления 9, где осуществляется их обработка и формирование управляющих сигналов. В соответствии с управляющими сигналами двигатель машины выводится на работу с оптимальной частотой вращения коленчатого вала, гидромффта вентилятора 12 отключена, соответственно вентилятор 14 отключен, а усиленный и преобразованный блоком коммутации 10 сигнал на электропривод жалюзи радиатора 11 обеспечивает закрытие жалюзи радиатора 13. Таким образом, обеспечивается быстрый прогрев двигателя без непосредственного участия водителя в данном процессе.

При движении машины, в случае нарушения температурного режима работы ДВС и ГМТ, система управления вырабатывает управляющие сигналы, обеспечивающие открытие (закрытие) жалюзи.

Если температура охлаждающей жидкости двигателя продолжает увеличиваться при полностью откры-

тых жалюзи, что свидетельствует о перегрузке двигателя, то для ее уменьшения необходимо снизить нагрузочный режим работы ДВС. На основании информации от датчиков микропроцессорный блок управления 9, сформировав управляющую команду через блок коммутации 10, осуществляет разблокировку блокировочного фрикциона. Если температурный режим не восстановится, то следует команда на переключение передачи на одну ступень ниже, а на ДВС – команда на повышение частоты вращения коленчатого вала увеличением подачи топлива.

#### Вывод

Таким образом, предлагаемая система регулирования температурного режима работы двигателя и трансмиссии обеспечивает поддержание в автоматическом режиме оптимальной температуры в системе охлаждения, масляной системе двигателя и гидроуправления трансмиссии при любых режимах работы и условиях функционирования машины, что обеспечивает высокие эксплуатационные свойства машины.

#### Литература

1. Использование вооружения и военной техники. Учебное пособие / В.Ф. Куценко, А.Г. Рудь, Р.В. Сидоренко и др.; М.: Военная академия бронетанковых войск им. Маршала Советского Союза Малиновского РЯ. 1996. – 174 с.
2. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. Семенов Н.В. М.; Транспорт, 1993. – 190 с.
3. Двигатели армейских машин. Часть вторая. Конструкция и расчет. / П.М. Белов, В.Р. Бурячко, Н.К. Константинов, В.А. Коровин. Под редакцией П.М. Белова. М.; Воениздат, 1972. – 568 с.
4. Основы авиационной автоматики. / И.И. Кринецкий. М.; «Машиностроение», 1969. – 404 с.

Материал поступил в редакцию 30. 05. 2009 г.