

УДК 629.36

Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент, Губич А.М., студент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА РАБОТУ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Введение

Ограничительным условием при проведении анализа влияния расхода жидкостного теплоносителя (ЖТ) на работу системы охлаждения является постоянство отводимой теплоты $Q_V = const$. Увеличение или уменьшение расхода ЖТ неизменно приводит к изменению температурных показателей системы охлаждения. Примем, что температура ЖТ на выходе из рубашки охлаждения постоянна ($t_{V2} = const$) и рассеиваемое количество теплоты радиатором также постоянно ($Q_F = const$). Переменным параметром в этом случае будет температура ЖТ на выходе из радиатора или на входе в двигатель t_{V1} , соответственно, изменится и средняя температура ЖТ \bar{t}_V . С увеличением расхода ЖТ температура на выходе из радиатора будет увеличиваться, т.е. $t'_{V1} > t''_{V1} > t'''_{V1}$, соответственно, увеличение расхода приведет к уменьшению разности температуры на входе и выходе радиатора, т.е. температурный перепад уменьшится, $\Delta t'_V < \Delta t''_V < \Delta t'''_V$, что приведет к увеличению средней температуры ЖТ. Уменьшение расхода ЖТ приводит к увеличению его температурного перепада и уменьшению средней температуры [1].

Основная часть

Предположим, что расход ЖТ через сердцевину радиатора переменный и изменился на величину δG_V . Приняв условие, что количество поступившей в ЖТ теплоты сохраняется неизменным ($Q_V = const$) и температура ЖТ на входе в двигатель также постоянна, тогда переменной будет температура его на выходе из двигателя. При увеличении расхода ЖТ $t^*_{V2} < t_{V2}$ и равна $t^*_{V2} = t_{V2} - \delta t_{V2}$, при уменьшении расхо-

да $t_{V2}^* > t_{V2}$ и равна $t_{V2}^* = t_{V2} + \delta t_{V2}$. Уравнение состояния жидкостного контура при принятых условиях имеет вид:

$$Q_V^* = c_{pV}(G_V \pm \delta G_V)(t_{V2}^* \mp \delta t_{V2}) - t_{V1}. \quad (1)$$

В данном случае температура ЖТ на выходе из двигателя переменна и является функцией расхода ЖТ. Уравнение состояния описывает контур после воздействия возмущающих факторов и регулирования системы путем изменения расхода ЖТ. Составим систему уравнений для ЖТ при переходе из установившегося стационарного к нестационарному температурному режиму:

$$Q_V = c_{pV}G_V(t_{V2} - t_{V1}). \quad (2)$$

$$Q_V^* = c_{pV}(G_V \pm \delta G_V)(t_{V2}^* \mp \delta t_{V2}) - t_{V1}. \quad (3)$$

Уравнение (2) определяет количество теплоты, отводимое ЖТ, при стационарном установившемся температурном режиме системы и условии обеспечения заданного значения температуры ЖТ. При воздействии внешних факторов температура ЖТ изменяется, температурный режим переходит в нестационарный. Предположим, что восстановление температурного режима системы осуществляется путем изменения расхода ЖТ на δG_V . В этом случае количество теплоты, отводимое ЖТ, будет иметь вид, представленный уравнением (3), в котором знак (+) имеет место при увеличении и знак (–) – при уменьшении расхода ЖТ. Поскольку ограничительным условием является, что $Q_V^* = Q_V$, уравнения (1) и (3) приравняем и запишем в виде:

$$G_V(t_{V2} - t_{V1}) = (G_V \pm \delta G_V)(t_{V2}^* \mp \delta t_{V2}) - t_{V1}.$$

Переменным параметром при изменении расхода ЖТ в этом случае будет температура ЖТ на выходе из двигателя. При увеличении расхода ЖТ температура его на выходе из двигателя будет уменьшаться ($t_{V2}^* < t_{V2}$) и $\delta t_{V2}^* = t_{V2} - t_{V2}^*$, при уменьшении расхода – увеличивать-

ся ($t_{V2}^* > t_{V2}$) и $\delta t_{V2}^* = t_{V2}^* - t_{V2}$. Изменение температуры ЖТ на выходе из двигателя при изменении расхода будет определяться по формуле:

$$\delta t_{V2} = \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1\right)}, \quad (4)$$

где $\beta_V = \frac{\delta G_V}{G_V}$ – относительное изменение расхода ЖТ.

Тогда температура ЖТ на выходе из двигателя при изменении его расхода будет определяться по уравнению

$$t_{V2}^* = t_{V2} \mp \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1\right)}. \quad (5)$$

Функция $t_{V2} = f\left(\frac{\delta G_V}{G_V}\right)$ является регулировочной характеристикой расхода ЖТ в зависимости от его температуры на выходе из рубашки охлаждения. Зависимость между относительным изменением расхода ЖТ и изменением температуры t_{V2} будет определяться формулой

$$\frac{\delta G_V}{G_V} = \frac{1}{\frac{\Delta t_V}{\delta t_{V2}} \mp 1}.$$

Зависимость относительного изменения расхода ЖТ от температуры имеет вид

$$\frac{\delta G_V}{\delta t_{V2}} = \frac{G_V^*}{\Delta t_V}.$$

Приняв значение температуры ЖТ на входе в радиатор постоянное ($t_{V2} = const$), будет изменяться температура ЖТ на выходе из радиатора. Изменение температуры ЖТ при приращении расхода будет определяться по формуле

$$\delta t_{V1} = \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1\right)}.$$

Уравнения для определения температуры ЖТ на выходе из радиатора будут иметь вид

$$t_{V1}^* = t_{V1} \pm \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1\right)}.$$

При выходе системы из устойчивого стационарного состояния температурный режим ЖТ превышает или ниже заданного значения. Изменение перепада температур ЖТ определяется его расходом. Из уравнения следует, что

$$\Delta t_V^* = \Delta t_V \left[1 \mp \frac{1}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1\right)} \right].$$

Перепад температуры ЖТ Δt_V будет также изменяться на величину изменения температуры δt_{V1} . График изменения перепада температуры ЖТ в зависимости от его расхода представлен на рисунке 1. График имеет форму параболы, интенсивность увеличения перепада резко возрастает при уменьшении расхода ЖТ от номинального значения (точка А), при котором отношение $\frac{G_V^*}{G_V} = 1$.

Если $t_{V1} \neq const$, перепад температуры ЖТ переменный, что приведет к изменению теплопередачи ЖТ.

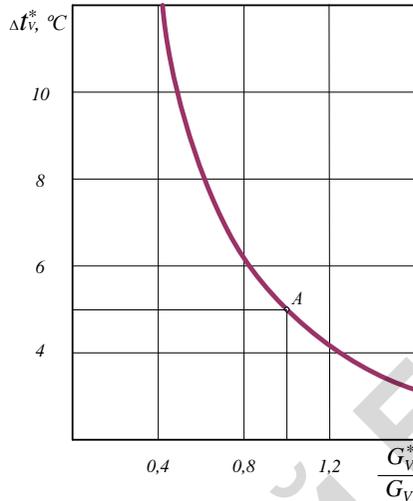


Рисунок 1 – Зависимость изменения перепада температуры жидкости от ее расхода

В этом случае теплопередача от ЖТ будет определяться по уравнению

$$Q_V^* = c_{pV} G_V \frac{t_{V1}^* - t_{V1}}{\left[1 - \frac{1}{(1 \pm \beta_V)} \right]}. \quad (6)$$

Приведенные аналитические исследования, предлагаемые формулы позволяют рассматривать процессы теплопередачи и влияния на них внутренних и внешних факторов в динамике путем построения графических зависимостей исследуемых функций. Расчетно-аналитические исследования функции $Q_V = f(G_V)$ проведем на примере системы охлаждения с дизелем Д-260.2.

Графики функций $Q_V = f(G_V)$, представленные на рисунках 2 и 3, рассчитаны для расхода ЖТ от 0,8 до 3,2 кг/с. Графики имеют форму возрастающей, параболы. Следует полагать, что вершина параболы будет находиться в точке $Q_V = 0$ и $G_V = 0$.

Теплоотдача ЖТ не остается постоянной при изменении окружающей температуры. Из графиков следует (рисунок 2), что с умень-

шением окружающей температуры количество теплоты, поступающей в ЖТ при всех значениях расхода увеличивается.

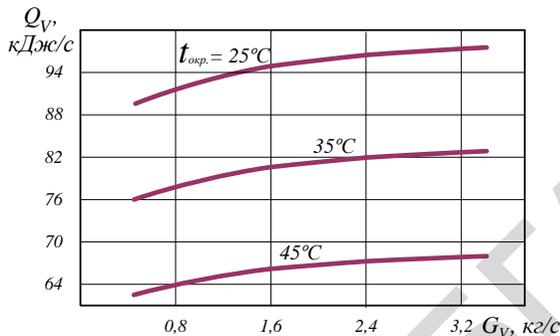


Рисунок 2 – Зависимость теплопередачи охлаждающей жидкости от расхода и окружающей температуры

Интенсивный нагрев ЖТ отмечается при расходах до 1,8–2,0 кг/с, в последующем график функции становится пологим и приближается к линейному, что свидетельствует об уменьшении интенсивности теплоотдачи в ЖТ. Например, при увеличении расхода от 1,28 до 2,24 кг/с при $t_{iED} = 45^\circ\text{C}$ и $t_{V2} = 95^\circ\text{C}$ отношение $\frac{\delta Q_V}{\delta G_V} = 9,4 \cdot 10^{-4}$

кДж/кг, а при расходе от 2,24 до 3,2 кг/с $Q_V = 1,4$ кДж/с и $\frac{\delta Q_V}{\delta G_V} = 4,1 \cdot 10^{-4}$ кДж/кг. Аналогичные закономерности имеют место

и при других значениях температуры окружающей среды. Исследования показывают, что теплосодержание жидкостного контура системы охлаждения уменьшается на 1,7–2,5 кДж/с с увеличением окружающей температуры на 1° . Следовательно, с увеличением окружающей температуры способность системы охлаждения обеспечить заданный температурный режим двигателя снижается.

Температура ЖТ на выходе из двигателя также влияет на отводимое количество теплоты. С увеличением рабочей температуры t_{V2} количество теплоты, отводимое от двигателя и поступившее в ЖТ, увеличивается. Повышение температуры ЖТ на выходе из дви-

гателя увеличивает теплоотдачу ЖТ при всех значениях расхода ЖТ (рисунок 3).

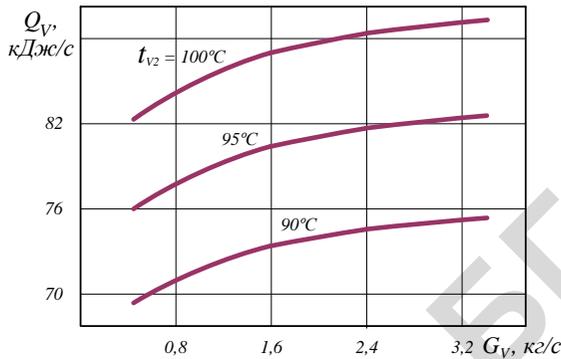


Рисунок 3 – Зависимость теплопередачи охлаждающей жидкости от расхода и температуры жидкости ($t_{\text{окр.}} = 35^\circ\text{C}$)

Расчеты показывают, что повышение рабочей температуры ЖТ на 1° приводит к увеличению теплоотдачи на 0,8 кДж/с. При увеличении температуры ЖТ на выходе из двигателя от 90 до 100°C теплосодержание ЖТ повышается на 18% при окружающей температуре 35°C и на 22% при окружающей температуре 45°C . Повышение температуры окружающей среды на 1° повышает теплосодержание на 1,8–2,2%.

Заключение

Проведенные аналитические исследования подтверждают положение о том, что расход ЖТ в рабочем диапазоне не значительно влияет на ее теплосодержание и на работу системы, тепловая эффективность системы охлаждения увеличивается при увеличении рабочей температуры. Повышение рабочего значения температуры, что имеет место при высокотемпературном охлаждении, уменьшает энергозатраты на привод жидкостного насоса и требует меньшую поверхность охлаждения радиатора. Высокотемпературное охлаждение способно повысить тепловую эффективность и обеспечить оптимальные показатели системы охлаждения.

Полученные закономерности и формулы позволяют решать задачи систем охлаждения при разработке новых и совершенствовании уже существующих систем охлаждения.

Список использованной литературы

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Конструкция, теория, проектирование: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2011. – 435 с.

2. Якубович, А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 473 с. : ил. – (Высшее образование: Магистратура).

УДК 621.791.035

**Карташевич А.Н., доктор техн. наук, профессор
Мальшкин П.Ю., ассистент**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная
академия», Горки, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

Увеличение автотракторного парка, мощности двигателей и расширение сферы применения техники приводит к увеличению загрязнения окружающей среды токсичными веществами отработавших газов и увеличению их вредного воздействия на флору и фауну. Известно, что концентрация вредных веществ, таких как окислы азота (NO_x), сажа (С), окись углерода (СО) и углеводороды (C_nH_m , ПАУ) в кбинах тракторов и автомобилей превышают допустимые нормы. Это в свою очередь ухудшает здоровье механизаторов и водителей, повышает утомляемость, снижает внимательность и производительность труда. Токсичные вещества отработавших газов приводят к снижению урожайности и качества сельскохозяй-