

ВЛИЯНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ДИЗЕЛЯ

Аннотация. В статье представлены результаты аналитического исследования расхода жидкостного теплоносителя в системах охлаждения дизелей тракторов «Беларус», а также экспериментальные данные параметров системы охлаждения, позволившие в совокупности провести оценку тепловой нагруженности по удельным показателям.

Целью настоящей работы является исследование и обоснование расхода охлаждающей жидкости, требуемой для обеспечения заданного температурного режима системы охлаждения с учетом действия на систему возможных возмущающих факторов. Передача теплоты от стенок цилиндров в жидкость и от нее в окружающую среду связана с конструкцией жидкостного контура, включающего рубашку охлаждения, внутренние каналы радиатора и другие элементы системы, по которым циркулирует жидкость. Особое значение имеют внутренние каналы циркуляции, площадью поперечного сечения которых определяется гидравлическое сопротивление и скорость циркуляции жидкости.

Особый интерес в познании процессов переноса и передачи теплоты охлаждающей жидкостью, а соответственно, теплового состояния двигателя представляют влияние типа и расхода жидкости, параметров системы и внешних возмущающих факторов. Эти и другие вопросы поставлены авторами в настоящем исследовании. В основе исследований положены теоретические разработки и экспериментальные исследования систем охлаждения типоразмерного ряда тракторов «Беларус».

Давление в жидкостном контуре выше атмосферного, тракторные системы охлаждения допускают давление не выше 0,15–0,16 МПа. Превышение давления в системе на значительную величину может вызвать течи жидкости по соединениям, разрушение в местах пайки радиатора или деформацию (раздутие) охлаждающих трубок. Для исключения разрушения системы охлаждения паровой клапан в пробке радиатора открывается, когда давление в системе превышает атмосферное на 0,045–0,050 МПа. Воздушный клапан в пробке радиатора предохраняет жидкостный контур при разряжении, что обычно бывает при остывании

охлаждающей жидкости. Воздушный клапан регулируется на давление разряжения 0,008–0,01 МПа.

Жидкостный контур охлаждения отличается множеством расширений и сужений (рис. 1). По контуру и отдельным участкам циркулирует постоянное количество жидкости, отбор жидкости и добавление отсутствуют. Разные сечения в контуре приводят к неравномерности скорости движения жидкости и разному давлению в сечениях, что создает местные гидравлические сопротивления.

В таблице 1 приведены расходные параметры жидкостных насосов дизелей тракторов «Беларус».

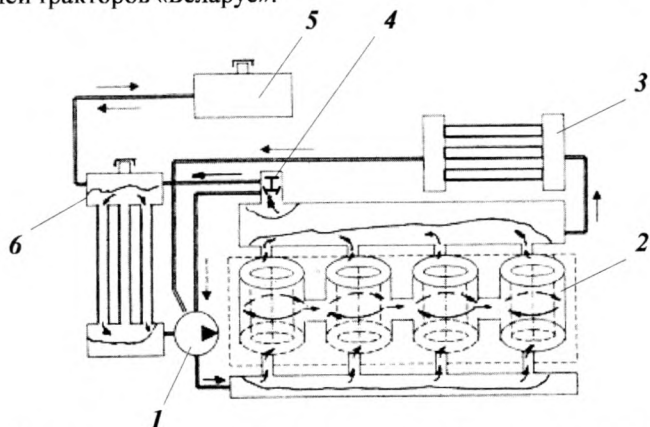


Рисунок 1 – Схема циркуляции жидкости в жидкостном контуре:
1 – жидкостный насос; 2 – рубашка охлаждения; 3 – радиатор отопителя;
4 – термостат; 5 – расширительный бачок; 6 – радиатор

Таблица 1 – Параметры жидкостных насосов систем охлаждения тракторов «Беларус»

Модель дизеля	Мощность номинальная, кВт	Теплоотдача в охлаждающую жидкость, кДж/с	Производительность жидкостного насоса, м ³ /с (л/мин)	Удельная производительность жидкостного насоса, л / мин / кВт
Д-242	45,6 ^{+3,68}	28,5	0,00188 (112,7)	2,37
Д-243	59,7 ^{+3,68}	37,2	0,00208 (124,5)	2,08
Д-244	41,9 ^{+3,68}	29,9	0,00172 (103)	2,37
Д-245	77 ⁺⁴	40,3	0,00253 (151,8)	1,92
Д-245.5	65,2	34,4	0,00212 (127)	1,92
Д-260.1	114 ^{+3,7}	76,3	0,00388 (232,8)	2,01
Д-260.2	96	60,6	0,00322 (196,7)	2,24
Д-260.4	156	104,2	0,00522 (313,2)	2,01
Д-260.7	186	126,0	0,00623 (401,7)	2,12

Удельная производительность (рис. 2) принятой выборки является функцией производительности насоса и номинальной мощности дизелей $g_{в.н.} = f(G_{в.н.}, N_e)$. График функции оценивает производительность жидкостного насоса по среднестатистическим параметрам в диапазоне принятой выборки. Используя характеристики исследуемой величины, проведем анализ удельной производительности жидкостных насосов принятой выборки. Из результатов расчетов следует, что среднее значение удельной производительности насоса принятой выборки составляет $2,116 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$, стандартное отклонение – $0,175 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$ и относительное отклонение – $0,058 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$. Таким образом, среднестатистическое значение удельной производительности жидкостных насосов в выборке $g_{в.н.} = 2,116 \pm 0,175 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$.

Из анализа следует, что тракторы «Беларус-80.1» и «Беларус-1025» имеют удельную производительность жидкостных насосов меньше среднестатистического на 1,7 и 9,2 %. Показатель удельной производительности, рассчитанный по среднестатистическим данным, рекомендуется применять при расчете и выборе жидкостного насоса проектируемой системы охлаждения или сравнивать при оценке насоса принятое значение со среднестатистическим.

Расход жидкости в системе охлаждения двигателя непостоянный, так как производительность жидкостного насоса зависит от частоты вращения

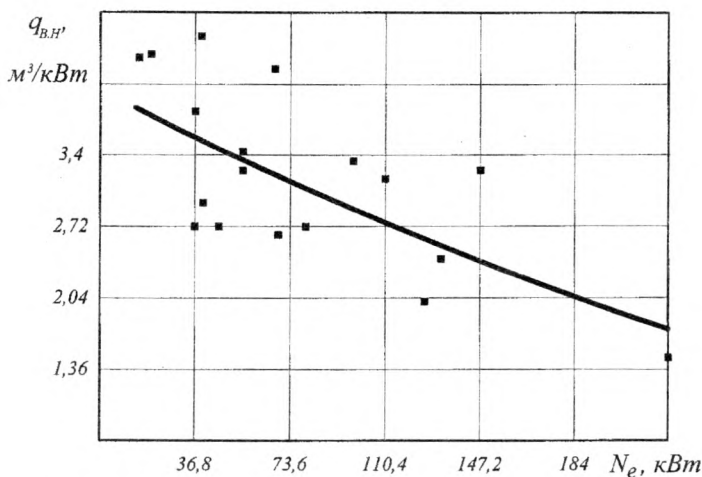


Рисунок 2 – Удельная производительность жидкостных насосов тракторов по номинальной мощности дизеля

коленчатого вала. Основным эксплуатационным режимом двигателя трактора и автомобиля является режим номинальной мощности, на котором он должен работать длительное время. Значения расхода жидкости систем охлаждения на номинальном режиме работы дизелей тракторов «Беларус» приведены в таблице 2. Исходя из отмеченного, расчет и выбор параметров системы охлаждения трактора и автомобиля проводится при номинальной частоте вращения. В этом случае расход жидкости соответствует наибольшему значению. Другим режимом, который должен учитываться при расчете системы охлаждения, является режим максимального крутящего момента. Данный режим характеризуется снижением частоты вращения коленчатого вала, соответственно, и расхода жидкости. Расход жидкости определяется геометрическими параметрами крыльчатки жидкостного насоса и прямо пропорционально зависит от частоты вращения коленчатого вала, а также зависит от температуры жидкости. Расход охлаждающей жидкости системы охлаждения трактора «Беларус-80.1» с дизелем Д-243 на номинальном режиме при частоте вращения 2200 мин⁻¹ составляет 124,5 л/мин, а на режиме максимального крутящего момента – 104,6 л/мин при частоте 1800 мин⁻¹. Таким образом, на режиме максимального крутящего момента расход жидкости снижается на 15–18 %, что приводит к повышению температурного режима системы и теплового состояния двигателя.

Количество заправляемой жидкости или емкость системы охлаждения определяется емкостью рубашки охлаждения в блоке, объемом внутренней полости радиатора, а также количеством жидкости, заполняющей шланги, трубопроводы. Емкость системы охлаждения рекомендуется

Таблица 2 – Расход охлаждающей жидкости в системе охлаждения тракторов «Беларус»

Модель дизеля	Теплоотдача в охлаждающую жидкость, кДж/с	Расход охлаждающей жидкости, кг/с (л/мин)	Удельная теплоотдача в охлаждающую жидкость, $\frac{\text{кДж}}{\text{л/мин}}$	Среднестатистическое значение расхода жидкости, кг/с
Д-244	28,5	1,65 (103,0)	0,34	1,95±0,33
Д-242	37,2	1,81 (112,7)	0,34	
Д-243	29,9	2,0 (124,5)	0,34	
Д-245	40,3	2,43 (151,8)	0,34	
Д-245.5	34,4	2,04 (124,5)	0,35	
Д-260.1	76,3	3,73 (232,8)	0,34	4,59±1,46
Д-260.2	60,6	3,15 (196,7)	0,34	
Д-260.4	104,2	5,02 (313,2)	0,34	
Д-260.7	126,0	6,44 (443,7)	0,29	

рассчитывать по удельному среднестатистическому значению показателя

объема $\bar{g}_{V,CO} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{CO,i}}{n}$. Для систем охлаждения это отношение – удельный объем у легковых автомобилей находится в пределах 0,16–0,35, грузовых автомобилей – 0,27–0,82 и тракторов – 0,82–2,04 л/кВт [1].

Расход охлаждающей жидкости через жидкостный радиатор не остается постоянным и зависит от объема теплоносителя в системе охлаждения (рис. 3). Расход жидкости через радиатор моторной установки трактора «Беларус-80.1» с уменьшением ее объема имеет строгую закономерность к снижению при объеме, равном 90 % от общего. Расход антифриза через радиатор при этом же объеме достаточно резко снижается, затем при объеме 80 % расход сохраняется и в последующем вновь уменьшается. Такая закономерность зависимости расхода теплоносителя от заправляемого объема отмечена и для других систем охлаждения тракторов.

Рабочий объем жидкости в системе охлаждения в эксплуатации не остается постоянным. Так, при заправке системы жидкостью некоторое ее количество может удаляться из системы через паровоздушную трубку. Уменьшение рабочего объема жидкости оказывает влияние на температурные параметры системы охлаждения и двигателя.

Следовательно, одним из параметров системы охлаждения, определяющим ее температурный режим, является ее объем или количество заправляемой жидкости. Влияние заправляемого количества жидкости на температурный режим двигателя определялось экспериментально при исследованиях системы охлаждения трактора «Беларус-80.1»

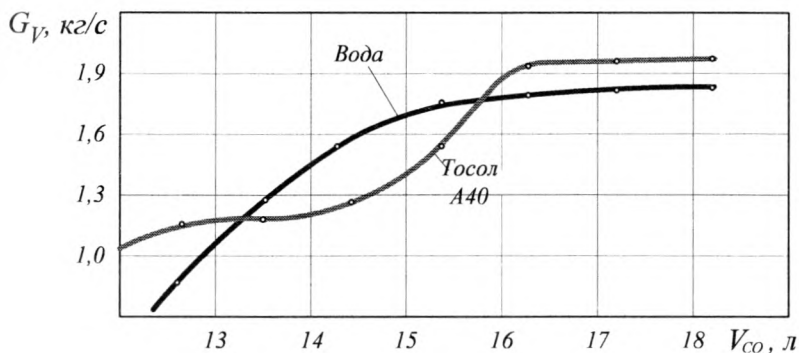


Рисунок 3 – Расход охлаждающей жидкости через радиатор в зависимости от ее объема в системе охлаждения

и заправке системы охлаждения низкотемпературной жидкостью и водой (рис. 4). Полный объем заправляемой жидкости системы составлял 16,75 л до уровня заливной горловины без расширительного бачка, при комплектации системы расширительным бачком – 19,25 л.

При полной заправке системы антифризом М-40 температурный режим жидкости на выходе из двигателя составил 99 °С и на входе – 94 °С на режиме номинальной мощности и окружающей температуре 35 °С. В последующем при уменьшении количества жидкости на 16 % от полного объема температура на выходе из двигателя осталась без изменения, а температура на входе в двигатель после радиатора несколько уменьшилась и составляла 93 °С, сохранилась тенденция ее уменьшения. Перепад между температурами увеличился на 1 °С вследствие уменьшения температуры на выходе из радиатора. При последующем уменьшении количества жидкости на 28–34 % от полного объема отмечено снижение температуры на выходе из двигателя до 2 °С, температура на выходе из радиатора уменьшилась до 87,5 °С. Последующее уменьшение количества жидкости в системе вызывает резкое увеличение температуры на выходе из двигателя до 102,5 °С и на выходе из радиатора температура жидкости составила 93 °С. Подобное изменение температуры жидкости как на выходе из двигателя, так и на входе отмечено и

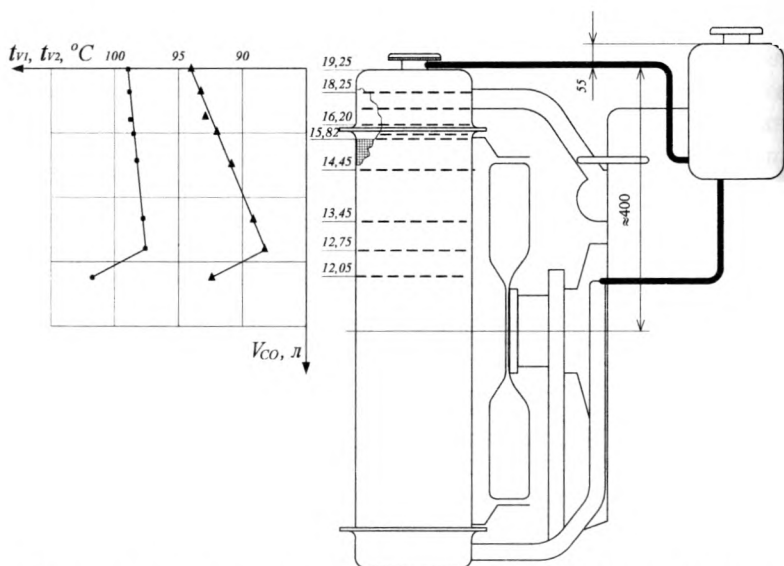


Рисунок 4 – Зависимость температуры жидкости от ее объема в системе охлаждения трактора «Беларус-80.1»

при заправке системы водой. Некоторое уменьшение температуры жидкости при снижении ее количества в системе происходит вследствие образования свободного пространства в верхнем бачке радиатора, что усиливает процессы турбулизации жидкости при ее циркуляции через трубки радиатора. При заправке системы антифризом и уменьшении его количества отмечено активное его перемешивание и образование эмульсии в верхнем бачке радиатора. Таким образом, следует считать, что допустимо уменьшение количества жидкости в системе на 25 % от полной заправки, что не вызовет резкого повышения ее температурного режима [1, 4].

Заключение. Многофакторность параметров, взаимосвязь тепловых и гидродинамических процессов, происходящих в системе охлаждения, влияние на ее работу условий эксплуатации трактора или автомобиля требуют при выборе расхода жидкости, кроме аналитических расчетов, принимать во внимание результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Конструкторские и компоновочные параметры жидкостного контура и его составляющих компонентов представляют интерес при определении объема и расхода охлаждающей жидкости в системе охлаждения. Рассмотренные удельные показатели, рассчитанные статистическими методами в диапазоне выборки требуемой номинальной мощности двигателя, применимы для оценки при анализе и проектном расчете системы охлаждения.

Список использованных источников

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

2. Двигатели внутреннего сгорания: теория рабочих процессов: учеб. для вузов: в 3 кн. / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – Кн. 1. – 479 с.

3. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.

4. 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.

Поступила 22.03.2015