

Література: 1. Дущенко В.В. Оценка влияния параметров системы поддресоривания транспортного средства на тепловую напряженность демпфирующих элементов / В.В. Дущенко, С.М. Воронцов // Вестник ХГПУ, Сб. науч. трудов. – 2000. – Вып. 110. – С. 183–195. 2. Дущенко В.В. Определение моментов нагрузки на ведущих колесах гусеничной машины, обусловленных работой системы поддресоривания / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 1998. – №1. – С.88–90. 3. Колебания в транспортных машинах / [Александров Е.Е., Грита Я.В., Дущенко В.В. и др.] ; – Харьков: ХДПУ, 1996. – 256 с.

Bibliography (transliterated): 1. Duwenko V.V. Ocenka vlijanija parametrov sistemy podressorivanija transportnogo sredstva na teplovuju naprjazhennost' dempfirujuvix jelementov / V.V. Duwenko, S.M. Voroncov // Vestnik HGPU, Sb. nauch. trudov. – 2000. – Вып. 110. – С. 183–195. 2. Duwenko V.V. Opredelenie momentov nagruzki na veduvix kolesah guseni-chnoj mashiny, obuslovlennyh rabotoj sistemy podressorivanija / V.V. Duwenko // Mehanika ta mashinobuduvannja. – 1998. – №1. – С.88–90. 3. Kolebanija v transportnyh mashinah / [Aleksandrov E.E., Grita Ja.V., Duwenko V.V. i dr.] ; – Har'kov: HDPU, 1996. – 256 s.

Дущенко В.В., Мусницкая И.В.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОДРЕСОРИВАНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ НА НАГРУЖЕННОСТЬ ЕЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ И ТРАНСМИССИИ

Проведен расчет потерь в демпфирующих устройствах системы поддресоривания гусеничной машины, движущейся в тяжелых дорожных условиях. На основе результатов полигонных испытаний подтверждена достоверность предложенной методики расчета дополнительной нагруженности силовой установки, обусловленной работой системы поддресоривания.

Dushchenko V.V., Musnitskaja I.V.

ESTIMATION OF INFLUENCE OF A SUSPENSION SYSTEM OF THE FULL-TRACK MACHINE ON OF A LOAD ITS ENGINE AND THE POWER TRAIN

Calculation of losses in damping devices of a suspension system of the full-track machine propellented in heavy road requirements is conducted. On the basis of results trials reliability of the offered design procedure additional of a load on engine installation stipulated by operation of a suspension system is confirmed.

УДК 632.438.32

*Климов В.Ф., канд. техн. наук; Магерамов Л.К-А., канд. техн. наук;
Герасименко В.И., Кудреватых Д.Н., Шипулин А.А.*

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ – ОСНОВНОЙ ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ПОДВИЖНОСТЬ БРОНИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ

Постановка проблемы. К объектам бронированной техники – танкам, бронетранспортерам или боевым машинам пехоты - постоянно повышаются требования к техническим характеристикам, и в первую очередь к параметрам подвижности. Подвижность машин – это комплексный показатель, включающий увеличенные максимальные и средние скорости движения, запасы хода при движении по бездорожью и по дорогам с покрытием, возможность эксплуатации в условиях высоких температур до 55⁰ С без ограничений по скоростным и нагрузочным характеристикам.

Для выполнения этих требований требуется разработка эффективной системы охлаждения, что в условиях целого ряда ограничений, представляет собой технически сложную задачу. Исходя из этого, исследование методов повышения эффективности систем охлаждения и создание эффективных теплообменников на основе изучения процессов теплообмена, является актуальной задачей при создании новых образцов или модернизации ранее изготовленных.

Анализ последних достижений и публикаций. На всех танках разработанных в КП ХКБМ им. А.А. Морозова используется эжекционная система охлаждения, которая органически сочетается с двухтактными двигателями мощностью от 514 до 882 кВт. В случае повышения мощности силовых установок при неизменных габаритах моторно-трансмиссионного отделения, необходим комплекс научно-исследовательских разработок в направлении обеспечения съема повышенного количества теплоты, выделяемого двигателем во все контуры отвода тепла – охлаждающую жидкость, масло и отработавшие газы.

Известны труды специалистов ВНИИТрансмаш (Санкт-Петербург) [2,3,4,5], проведенные совместно с КП ХКБМ им. А.А. Морозова в направлении форсирования эффективности систем охлаждения. В настоящее время вопросы создания систем охлаждения для силовых установок с двигателями повышенной мощности решаются только в КП ХКБМ им. А.А. Морозова. Фундаментальные исследования в этом направлении специалистами других организаций не проводятся.

Цель статьи. Разработка рекомендаций по созданию теплообменников для силовых установок с двигателями любой мощности с учетом сохранения основных критериальных зависимостей, определяющих теплогидравлические и эксплуатационные характеристики базовой модели объекта бронированной техники.

Основная часть. Модернизация ранее выпущенных танков до уровня современных требований менее затратна по сравнению с разработкой и изготовлением новых образцов. Однако модернизацию может проводить только страна, имеющая достаточный научный и технический потенциал в области танкостроения.

Украина, как одно из ведущих танкостроительных государств, способна модернизировать ранее выпущенные образцы бронированной техники по любому из основных направлений - подвижности, защите и огню. Примером могут быть танки Т-72 и его модификации, а так же танк Т-64Б. Решая задачу повышения уровня подвижности, неизбежно сталкиваешься с проблемой повышения мощности силовой установки, а повышение уровня защиты обязательно приводит к увеличению массы объекта.

Для повышения параметров подвижности, естественно, требуется повышение мощности двигателя. Учитывая практическую неизменность объема силового отделения, необходимо решение основной задачи – отвода тепла для сохранения теплового равновесия. В этом случае решаются задачи выбора способа отвода тепла и разработка эффективных теплообменников, способных при неизменных геометрических, гидравлических и аэродинамических характеристиках отводить тепло, выделяемое двигателем, для обеспечения движения танка при температуре окружающего воздуха до 55⁰ С без ограничений по скоростным и нагрузочным характеристикам.

Известны два способа отвода тепла – вентиляторный и эжекционный. Вентиляторный способ отвода тепла при форсировании мощности двигателя может обеспечить отвод увеличенного количества тепла за счет увеличения производительности вентилятора. Увеличение производительности вентилятора достигается несколькими путями, главные из которых:

- увеличение коэффициента полезного действия вентилятора (η);
- увеличения частоты вращения (n);
- увеличение диаметра рабочего колеса (d).

Изменение любого из этих параметров приводит к изменению производительности вентилятора и, что самое главное, к резкому изменению потребляемой мощности.

Танк Т-64 и его модификации имели силовую установку с двигателем мощностью 760 л.с. (514 кВт) и эжекционную систему охлаждения. Такой двигатель на внешней характеристике в скоростном режиме способен выделить $\approx 210 \cdot 10^3$ ккал/ч теплоты, из них $160 \cdot 10^3$ ккал/г в охлаждающую жидкость и $50 \cdot 10^3$ ккал/г – в масло.

Результаты испытаний этого танка в условиях повышенных температур окружающего воздуха и на нагрузочном стенде в в/ч 68054 (Кубинка) показывали, что предельная температура охлаждающей жидкости, равная 115°C , наступала уже при температуре воздуха $28...29^{\circ}\text{C}$. Это приводило к тому, что необходимо было ограничивать нагрузку двигателя, т.е. переходить на режимы частичных характеристик, что снижало скоростные и нагрузочные характеристики танков.

Эжекционная система отвода тепла этого танка при фронтальной поверхности радиаторов $0,87 \text{ м}^2$ и скоростном напоре на сопловом аппарате 1940 кг/см^2 была не в состоянии обеспечивать возможность эксплуатации танка без ограничения по скоростным и нагрузочным характеристикам при более высоких температурах окружающего воздуха. Производительность эжектора на внешней характеристике двигателя составляла всего $5,2 \text{ кг/с}$, что было явно не достаточно для теплового равновесия двигателя исходя из предельных значений температуры охлаждающей жидкости и масла.

Для танков Т-64 и его модификаций решение задачи повышения мощности двигателя решается только в комбинации 5-ти цилиндрического двухтактного двигателя. Развитие двигателей шло в направлении повышения цилиндрической мощности со 140 до 200 л.с. в каждом цилиндре, что позволило создать двигатели мощностью 850 и 1000 л.с. Двигатель мощностью 850 л.с. стал базовым для модернизируемого танка, получившего индекс «Булат». Этот танк по своим техническим характеристикам позволяет повысить технический уровень танков Украинской армии.

Отвод тепла для сохранения теплового баланса при работе двигателя на внешней характеристике в условиях высоких температур окружающего воздуха решается за счет увеличения фронта радиаторов и повышения эффективности эжекционной системы охлаждения.

Таким образом, основными направлениями для отвода тепла на указанных режимах является:

- повышение эффективности эжекционной системы охлаждения;
- повышение интенсификации теплообменника;
- повышение предельного значения температуры охлаждающей жидкости до $125...130^{\circ}\text{C}$. При этом следует учитывать, что повышение предельного уровня температуры охлаждающей жидкости до $125...130^{\circ}\text{C}$ приводит к увеличению давления в системе охлаждения пропорционально росту предельной температуры.

Рассматривая каждое из указанных направлений, следует сказать, что главным условием должно быть сохранение габаритных характеристик, т.е. неизменность габаритов моторно-трансмиссионного отделения. Именно это и составляет главную трудность в решении задачи теплообмена в случае установки в танк двигателя большей мощности.

Создание нового поколения танков Т-80УД, Т-84 и БМ «Оплот» основывалось на новых тенденциях процессов теплообмена в условиях повышения температур окружающего воздуха. Компоновка силового отделения этих танков весьма схожа. В танке

Т-80УД могут устанавливаться двигатели 6ТД-1и 6ТД-2 мощностью 1000 и 1200л.с. без изменения моторно-трансмиссионного отделения.

Главным условием для обоих танков было обеспечение нормального теплового режима при движении на внешней характеристике без ограничений в условиях температуры окружающего воздуха до 55^0 С. Следует учесть, что пропорционально росту мощности двигателя увеличивается и количество тепла, выделяемое двигателями мощностью 1000 и 1200 л.с. в охлаждающую жидкость и масло соответственно до $300 \cdot 10^3$ и $360 \cdot 10^3$ ккал/г. При этом количество тепла, отдаваемое в охлаждающую жидкость составит $230 \cdot 10^3$ и $270 \cdot 10^3$ ккал/г.

Для съема такого количества тепла, на основании расчетных и экспериментальных исследований, фронтальная поверхность радиаторов была увеличена с $0,87\text{м}^2$ до $1,12\text{м}^2$, а глубина радиаторов увеличена на один ряд и составила 7 рядов.

С увеличением длины радиаторной трубки (L_r) необходимо сохранить турбулентный режим движения до значений $Re \approx (5...10) \cdot 10^3$. В этом случае коэффициент теплоотдачи ($\alpha_{ж}$) равен $2300...7000$ вт/м² 0С.

Скорость движения охлаждающей жидкости в радиаторных трубках обеспечивается увеличенной производительностью водяного насоса, обеспечивающего циркуляцию жидкости в трубках на уровне $0,5...0,8$ м/с.

В этом случае тепловое сопротивление между охлаждающей жидкостью и стенкой трубки незначительно и эффективность радиаторов, в основном, определяется геометрическими размерами самой трубки и охлаждающими пластинами по воздушному контуру.

Решая задачу съема увеличенного количества тепла для танков с двигателями мощностью 1000 и 1200 л.с. для обеспечения движения в режиме внешней характеристики двигателя при температуре окружающего воздуха $50...55^0$ С, необходимо отметить, что теплообменники (радиаторы) имеют два контура, определяющие их эффективность – по охлаждающей жидкости и по воздуху.

При шахматном расположении трубок в радиаторах их эффективность зависит во многом и от воздушных характеристик, которые влияют как на съем тепла, так и на параметры эжектора.

Съем тепла для теплообменника является функциональной зависимостью от гидравлических и теплотехнических характеристик. Исходя из этого, интенсификация процесса теплообмена – главнейшая задача для танков, эксплуатируемых в экстремальных тепловых режимах в условиях множественных ограничений, и в первую очередь по массогабаритным показателям.

При модернизации любого объекта бронированной техники, в зависимости от мощности силовой установки, производится выбор теплообменников по основным гидродинамическим критериям – Nu и Eu. Эмпирическая зависимость этих критериев выглядит следующим образом:

$$Nu = 0,585 Re \left(\frac{d}{S_1} \right)^{0,68} \left(\frac{d}{S_2} \right)^{0,36}; \quad (1)$$

$$Eu = 2Re^{-0,38} \left(\frac{D_p}{S_1 - a_T} \right)^{1,4} \left(\frac{S_2}{S_p} \right)^{0,6} Z_p, \quad (2)$$

где d - гидравлический диаметр трубки; D_p - гидравлический диаметр общего количества трубок в теплообменнике; S_1 и S_2 – шаг трубок по фронтальной поверхности и глубине; a_T – толщина трубки; S_p – шаг оребрения; Z_p – число рядов трубок в радиаторе;

Re – число Рейнольдса.

Критерий Нуссельта отражает характер течения теплоносителя в трубках теплообменника и характер их расположения, т.е. характеризует компактность теплообменника.

Критерий Эйлера более полно отражает расположение трубок по фронту и глубине радиатора с учетом реального коэффициента теплопроводности по жидкому теплоносителю.

Учитывая конструктивные и эксплуатационные особенности теплообменников, каждый теплообменник может оцениваться комплексным показателем ($K_T S$), учитывающим коэффициент теплопередачи (K_T), коэффициент компактности (\bar{S}), коэффициент оребрения (φ) и объем охлаждающего пакета с площадью поверхности (S).

Используя указанные параметры, эффективность радиатора может быть оценена по следующей зависимости:

$$K_T S = \frac{a_g S}{1 + \varphi \frac{a_g}{a_T} + \varphi a_g \frac{\delta_c}{\lambda_c}}, \quad (3)$$

где δ_c – толщина стенки; λ_c – теплопроводность материала стенки; a_g, a_T – коэффициент теплоотдачи по воздуху и жидкому теплоносителю; φ – коэффициент оребрения, равный отношению $\frac{S_g}{S_T}$ площади воздушной поверхности (S_g) к площади поверхности по теплоносителю (S_T); $\bar{S} = \frac{S_g}{V_p}$ – коэффициент компактности теплообменника (V_p – объем охлаждающего пакета с площадью S_g).

С учетом того, что значения $\varphi \frac{a_g}{a_T}$ и $\varphi a_g \frac{\delta_c}{\lambda_c}$ относительно малы, то степень теплопроводности теплообменника можно оценивать по параметру $a_g \bar{S}$, т.е. эффективность теплообменника является функцией коэффициента теплоотдачи по воздуху и коэффициента компактности, т.е.

$$K_T S = a_g \bar{S} \quad (4)$$

Анализируя величину $a_g \bar{S}$ можно предположить, что, выбирая геометрические размеры теплообменника, необходимо учитывать возможные изменения величины аэродинамического сопротивления и влияние этой величины на производительность эжектора.

Следовательно, определяя значения основных критериев для базового образца бронетехники, создание новых схем для силовых установок любой мощности основывается на их поддержании с учетом реальных характеристик проектируемых силовых установок.

Выводы.

1. Система охлаждения является основным фактором, определяющим повышение уровня подвижности, особенно при высоких температурах окружающего воздуха, достигающих 50...55⁰С.

2. В условиях массогабаритных ограничений, не зависимо от типа системы охлаждения, повышение эффективности систем охлаждения может достигаться улучшением характеристик теплообмена и увеличением расхода воздуха через теплообменники. Для вентиляторных систем охлаждения повышение производительности связано со значительным увеличением затрачиваемой мощности на привод вентиляторов. Для эжекционных систем охлаждения повышение производительности возможно за счет оптимизации эжектора и (или) повышения интенсификации теплообменника.

3. Выбор теплообменников для разрабатываемых или модернизируемых объектов бронированной техники производится исходя из сохранения основных критериев Nu и Eu при компоновочных параметрах, определяемых по коэффициентам компактности и оребрения.

Литература: 1. Исаков П.П. Теория, конструирование и расчет танка. -М.: Машиностроение, т.4, 326с. 2. Дубов В.С. Экспериментальные исследования комбинированных систем охлаждения. ВОТ, 1984, Вып.2(114), сер.VI, стр.33...38. 3. Отчет НИР. Определение теплотехнических характеристик силовой установки танка 478Б. Инв. № 13279, Харьков, КП ХКБМ. 4. Отчет НИР. Водяные радиаторы системы охлаждения танковых двигателей. Инв. № 11569, Харьков, КП ХКБМ. 5. Отчет НИР. Исследование системы охлаждения объектов 434 с двигателями 5ТДФ. Инв. № 11669, Харьков, КП ХКБМ. 6. ОСТ В3-1470-82. Системы охлаждения военных гусеничных машин. 7. Анипко О.Б., Климов В.Ф., Борисюк М.Д., Магерамов Л. К-А. Система охлаждения и энергосберегающие методы отвода тепла двигателей повышенной мощности. ИТЭ, НТУ «ХПИ», Харьков, 2003, №2, с... 8. Анипко О.Б., Климов В.Ф., Магерамов Л. К-А., Колбасов А.Н. К вопросу об оценке влияния теплофизических характеристик теплоносителя на теплоотдачу. ИТЭ, НТУ «ХПИ», Харьков, 2003, №2, с. 14...17. 9. Анипко О.Б., Климов В.Ф., Борисюк М.Д. Перспективы развития систем охлаждения двигателей военных гусеничных машин. ИТЭ, НТУ «ХПИ», Харьков, 2004, №2, с... 10. Анипко О.Б., Борисюк М.Д., Климов В.Ф. Техническая термодинамика и теплопередача в компактных теплообменниках транспортных машин. - Харьков, НТУ «ХПИ», 2006, с. 244.

Bibliography (transliterated): 1. Isakov P.P. Teorija, konstruirovanie i raschet tanka. -M.: Ma-shinostroenie, t.4, 326s. 2. Dubov V.S. Jeksperimental'nye issledovanija kombiniro-vannyh sistem ohlazhdenija. VOT, 1984, Vyp.2(114), ser.VI, str.33...38. 3. Otchet NIR. Opredelenie teplotehnicheskij harakteristik silovoj ustanovki tanka 478B. Inv. № 13279, Har'kov, KP HKBM. 4. Otchet NIR. Vodjanye radiatory sistemy ohlazhdenija tankovyh dvigatelej. Inv. № 11569, Har'kov, KP HKBM. 5. Otchet NIR. Issledovanie sistemy ohlazhdenija ob#ektov 434 s dvigateljami 5TDF. Inv. № 11669, Har'kov, KP HKBM. 6. OST V3-1470-82. Sistemy ohlazhdenija voennyh gusenichnyh mashin. 7. Anipko O.B., Klimov V.F., Borisjuk M.D., Mageramov L. K-A. Sistema ohla-zhdenija i jenergosberegajuwie metody otvoda tepla dvigatelej povyshennoj mownosti. ITJe, NTU «HPI», Har'kov, 2003, №2, s... 8. Anipko O.B., Klimov V.F., Mageramov L. K-A., Kolbasov A.N. K voprosu ob ocenke vlijanija teplofizicheskij harakteristik te-plonositelja na teplootdachu. ITJe, NTU «HPI», Har'kov, 2003, №2,s. 14...17. 9. Anip-ko O.B., Klimov V.F., Borisjuk M.D. Perspektivy razvitija sistem ohlazhdenija dviga-telej voennyh gusenichnyh mashin. ITJe, NTU «HPI», Har'kov, 2004, №2, s... 10. Anipko O.B., Borisjuk M.D., Klimov V.F. Tehniceskaja termodinamika i teploperedacha v kompaktnyh teploobmennikah transportnyh mashin. - Har'kov, NTU «HPI», 2006, s. 244.

Клімов В.Ф., Магерамов Л.К.-А., Герасименко В.І., Кудреватих Д.М., Шипулін О.О.
СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ – ОСНОВНИЙ ФАКТОР, ЯКИЙ ВИЗНАЧАЄ
РУХОМІСТЬ БРОНЬОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ

У статті показано, що рухомість танків при температурі навколишнього повітря до 55⁰С визначає технічний рівень систем охолодження та їх здатність відводити підвищену кількість теплоти

Вибір теплообмінників і методи модернізації систем охолодження проводяться виходячи з умов збереження значень критеріїв Nu і Eu, характерних для базових моделей.

Klimov V.F., Mageramov L.K.-A., Gerasimenko V.I., Kudrevatyh D.N., Shipulin A.A.
COOLING SYSTEM IS THE MAIN FACTOR WHICH DETERMINES MOBILITY OF
ARMORED MACHINE

The article shows that mobility of tanks at ambient air temperature up to 55⁰С determines technical level of cooling systems and their capacity to take away larger quantity of heat.

Radiators and cooling systems upgrade methods are chosen depending on conditions on which values of Nu and Eu criterias are kept unchanged. Those criterias are typical for basic models.

УДК 629.083:621-113

Назаров В.І.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ БАРАБАННИХ ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Постановка проблеми. Практика експлуатації легкових автомобілів, а також аналіз причин виходу із ладу різних механізмів і вузлів достатньо впевнено свідчить про те, що більша їх частина втрачає працездатність не внаслідок поломок, а через зношування робочих поверхонь окремих деталей і спряжень. Багаточисленні дослідження показали, що близько 70% виходу із ладу автомобілів під час експлуатації виникає через знос у вузлах тертя [1].

Важливим для оцінки довговічності гальмівних систем легкових автомобілів, що знаходяться в експлуатації, являється встановлення допустимого зносу окремих деталей і спряжень гальмівних механізмів із врахуванням їх довговічності. Оскільки найбільш відповідальна частина гальмівної системи автомобіля, якою є гальмівний механізм, працює в різних умовах зношування, то встановлення закономірності зносу спряжених деталей в залежності від зміни коефіцієнта розподілу гальмівних сил між осями, його геометричних параметрів і режимів роботи під час експлуатації являється актуальним.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В результаті зносу спряжених деталей барабанних гальмівних механізмів виникає зміна їх відносного положення, яку надалі будемо називати зносом спряження. Він є тією геометричною характеристикою, яка безпосередньо пов'язана із втратою автомобілем або його механізмом їх початкових службових властивостей.

Щоб визначити параметри, якими можна характеризувати знос спряження, розглянемо, до якої зміни взаємного положення може призвести зношування їх