

УДК629.424.1.06

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОВОЗА

Канд. техн. наук О.В. Пасько, В.В. Белохонов

## МОДЕРНИЗАЦІЯ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ТЕПЛОВОЗУ

Канд. техн. наук О.В. Пасько, В.В. Белохонов

## MODERNIZATION OF COOLING DEVICES LOCOMOTIVE

Cand. of tehn. sciences O.V. Pasko, V.V. Belohonov

*В данной статье рассматривается возможность применения экспериментальных секций радиаторов из алюминиевого сплава систем охлаждения тепловозов. В ходе процесса оптимизации охлаждающих устройств тепловозов проведен сравнительный расчет целевой функции для различных климатических условий эксплуатации. Стоимость жизненного цикла охлаждающего устройства тепловоза при проектировании значительно зависит от режима работы тепловоза. Это обстоятельство обусловлено меньшими затратами мощности на привод вентилятора холодильной камеры и как следствие снижением потребления топлива на вспомогательные нужды.*

**Ключевые слова:** охлаждающие устройства тепловозов, секции радиатора плоскоовальные, каплеобразные.

*У даній статті розглядається можливість застосування експериментальних секцій радіаторів з алюмінієвого сплаву систем охолодження тепловозів. В ході процесу оптимізації пристроїв тепловозів, що охолоджують, проведений порівняльний розрахунок цільової функції для різних кліматичних умов експлуатації. Вартість життєвого циклу пристрою тепловоза, що охолоджує, при проектуванні значно залежить від режиму роботи тепловоза. Ця обставина обумовлена меншими витратами потужності на привід вентилятора холодильної камери і як наслідок зниженням вжитку палива на допоміжні витрати.*

**Ключові слова:** охолоджуючі пристрої тепловозів, секції радіатора, плоскоовальні, каплеподібні.

*This article discusses the possibility of applying the experimental sections of aluminum alloy radiator cooling systems of diesel locomotives. During process of optimization of cooling devices of locomotives comparative calculation of criterion function for various climatic conditions of operation is carried out. The cost of life cycle of the cooling device of a locomotive at design considerably depends on a locomotive operating mode. This circumstance is caused by smaller costs of power of the drive of the fan of the refrigerator and as a result decrease in consumption of fuel of auxiliary needs.*

**Keywords:** cooling devices locomotives, radiator sections flat-oval, drop-shaped.

Разработчики и создатели отечественных тепловозов традиционно придерживаются универсальных принципов создания охлаждающих устройств тепловозов,

ориентируясь на температуры окружающей среды от +40 до -45°C.

В 96% случаев браки в работе охлаждающих устройств тепловозов

вызваны появлением течи в секциях радиаторов тепловоза.

На сегодняшний день явно обозначилась необходимость поиска и реализации инновационных средств и методов повышения эффективности охлаждающих устройств тепловозов.

Одним из направлений повышения эффективности охлаждающих устройств тепловоза стало использование алюминиевых сплавов для изготовления радиаторов, что позволяло бы полностью отказаться от применения более дорогостоящей меди.

Согласно законам термодинамики интенсивность теплопередачи трубчато-пластинчатых охлаждающих устройств во многом зависит от толщины пограничного теплоносителя, и особенно воздуха. Низкая теплопроводность пограничного слоя воздуха существенно ограничивает теплоотдачу к нему с поверхности стенок теплообменника. Известные способы интенсификации процесса теплоотдачи (изменение угла атаки воздушного потока, смачивание поверхностей охлаждения, перфорация пластин оребрения и др.) определяют единую цель – уменьшение толщины ламинарного температурного пограничного слоя у поверхности охлаждения.

Таким образом, турбулизация потока воздуха, а следовательно и форма омываемой поверхности охлаждения играют ключевую роль.

В фундаментальных исследованиях процессов теплоотдачи тел различной формы к воздуху установлено, что форма поверхности в виде плоского овала и каплеобразная способны обеспечивать большую интенсивность теплоотдачи по сравнению с известными круглыми, эллипсоидными и многими другими формами трубок.

Методом имитационного моделирования разработана конструкция водовоздушной секции радиатора с

оптимальными геометрическими параметрами. На рис. 1 представлен фрагмент внешнего вида (в разрезе), модели опытной секции радиатора с каплеобразными формами сечения трубок.

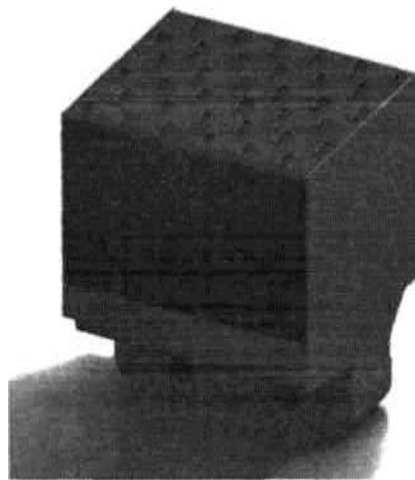


Рис. 1. Фрагмент секции радиатора охлаждающих устройств тепловоза

Проектирование опытной секции радиатора выполнено с максимальным приближением к унифицированной секции по следующим элементам: коллекторные коробки, усилительная доска, пластины оребрения. Сравнительные технические характеристики секций с плоскоовальными и каплеобразными трубками приведены в таблице.

Как видно из таблицы, масса разработанной секции радиатора снизилась на 8 кг, в том числе масса цветных металлов – на 6 кг. В итоге площадь поверхности охлаждения и вес цветных металлов снижены на 20 % по сравнению со стандартной. Обоснованное оптимальное сечение каплеобразной трубки принято равным  $50 \text{ мм}^2$ . В результате гидравлическое сопротивление секции уменьшено на 50 %, аэродинамическое сопротивление снижено на 3 %.

Таблица

Характеристики стандартной и предлагаемой секций радиаторов

Наименование	Стандартная секция радиатора с плоскоовальными трубками (ВП-1,2)	Секция радиатора с каплеобразными трубками
Расстояние между центрами отверстий крепления, мм	1356	1356
Габариты секции радиатора, мм:		
высота	1206	1206
ширина	154	154
глубина	187	133
Форма трубки	плоскоовальная	каплеобразная
Размеры трубок, мм	19,5x2,2	по чертежу
Сечения трубки для воды, мм <sup>2</sup>	21	50
Толщина стенки трубок, мм	0,55	0,55
Расположение трубок	Шахматное	
Шаг расположения трубок, мм:		
по фронту	16	23
по глубине	22	22
Число рядов трубок по глубине	8	6
Число трубок в секции, шт.	68	36
Пластины оребрения:		
шаг, мм	2,83	2,83
толщина, мм,	0,1	0,1
число в секции	422x2	422x2
Живое сечение для прохода воздуха, м <sup>2</sup>	0,1361	0,092
Живое сечение для прохода воды, м <sup>2</sup>	0,00132	0,0018
Поверхность теплообмена, м <sup>2</sup>	21,0	17,0
Поверхность теплообмена, м <sup>2</sup>	3,04	1,6
Вес цветных металлов в секции	35,0	29,0
Вес секции, кг	45,65	37,5

Для предлагаемой модели секции радиаторов получены аналитические критериальные уравнения теплоотдачи и аэродинамики:

$$N_{u\text{ср}} = 2,09 \cdot R_e^{0,252}, \quad (1)$$

$$E_{u\text{ср}} = 0,14 \cdot R_e^{-0,073}. \quad (2)$$

Сечение каплеобразной трубки принято равным 50 мм<sup>2</sup>, при этом в качестве определяющего размера для

уравнений (1)-(2) принят эквивалентный диаметр узкого сечения канала для прохода воздуха, который равняется 0,0049 м; определяющая температура — 293,2 К; Pr=0,72; уравнение справедливо для 500<Re<4200.

В расчете технико-экономической эффективности как целевой функции С были использованы технические характеристики тепловоза ТЭ70 с дизелем 2Д-9ДГ-02: мощность — 3022 кВт; механический к.п.д. — 0,893; частота вращения вала дизеля на номинальной

мощности – 1000 об/мин; частота вращения на расчетных режимах – 740 об/мин; коэффициент отвода тепла с водой системы охлаждения – 0,13; удельный расход масла дизелем – 0,0285 кг/кВт·ч.

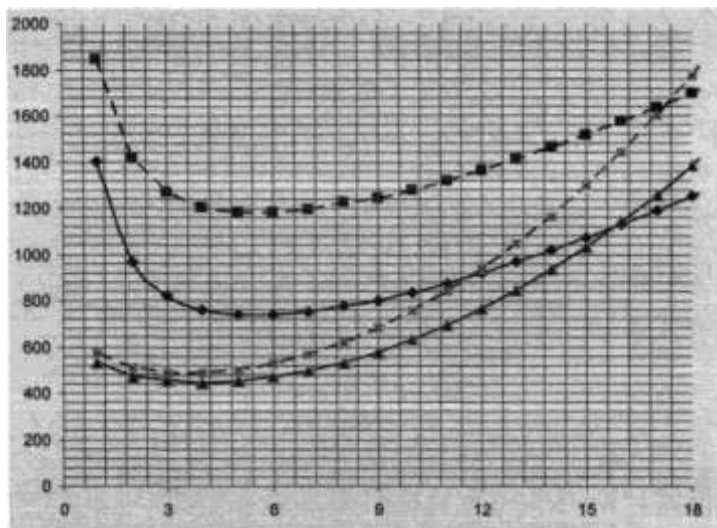
Для расчета параметров холодильной камеры тепловоза приняты следующие значения: диаметр вентиляторного колеса – 1,6 м; ширина и высота отсеков для постановки радиатора – 1,694x1,206 м; площадь сечения, ометаемая лопастями, – 0,801 м<sup>2</sup>; к.п.д. вентилятора и его привода – 0,78.

Принятыми техническими параметрами водяной системы охлаждения (первого контура) являются: производи-

тельность водяного насоса 80 м<sup>3</sup>/ч; падение давления в трубопроводе (согласно расчету) 0,03 кг/см<sup>2</sup>; падение давления в дизеле тепловоза (согласно расчету) 0,15 кг/см<sup>2</sup>; к.п.д. водяного насоса 0,8.

При расчете учитывались технические характеристики стандартных и предлагаемых секций радиаторов. Общими характеристиками являлись: расход теплоносителей (вода и воздух); ширина радиатора 154 мм; высота радиатора по осям 1350 мм; расположение секций в шахте холодильника – боковое; работа вентилятора на всасывание.

Результаты расчета целевой функции С представлены на рис. 2.



- проект ОУТ со стандартными секциями радиаторов
- работа ОУТ с учетом надежности стандартных секций радиаторов
- проект ОУТ с предлагаемыми секциями радиаторов
- проект ОУТ с предлагаемыми секциями радиаторов без поправки на климатические условия

Рис. 2. Расчет годовых приведенных затрат на систему охлаждения

Как видно, затраты на изготовление и эксплуатацию охлаждающих устройств тепловозов с применением каплеобразных форм трубок в секциях радиаторов в значительной мере выгодней, чем применение стандартных радиаторов.

Опыт применения радиаторов с трубками увеличенного сечения до 40 мм<sup>2</sup> свидетельствует об их более высокой

надежности, это дает основания предполагать, что разработанная секция будет также иметь более высокую технико-экономическую эффективность.

В ходе процесса оптимизации проведен сравнительный расчет целевой функции для различных климатических условий эксплуатации. Сравнивая полученные данные, сделаем вывод, что

стоимость жизненного цикла охлаждающего устройства при проектировании значительно зависит от режима работы тепловоза. Это обстоятельство обусловлено меньшими затратами мощности на привод вентилятора холодильной камеры и как следствие снижением потребления топлива на вспомогательные нужды.

*Список использованных источников*

1. Беленький, А.Д. Диагностика системы охлаждения тепловозов [Текст] / А.Д. Беленький, В.П. Связев, В.А. Лаптев // Локомотив. – 1985. - №5. – С. 30-31.
2. Захарчук, А.С. Моделирование охлаждающего устройства дизелей [Текст] / А.С. Захарчук. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 10.05.77, № 521/77. – Л.: Изд-во ЛИИЖТ, 1997. – 15 с.
3. Исаченко, В.П. Теплопередача [Текст] / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С.Сукомел. – 2-е изд. – М.: Энергия, 1969. – 440 с.
4. Куликов, Ю.А. Системы охлаждения силовых установок тепловозов [Текст] /Ю.А. Куликов. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
5. Новачук, Я.А. Проблемы модернизации тепловозов для работы в условиях низких температур [Текст] / Я.А. Новачук, А.Н. Тепляков, А.С. Слободенюк // тр. междунар. науч.-практ. конф. «Модернизация тепловозов – пути решения». – Якутия, 2007. – С. 47-52.
6. Норенков, И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем [Текст] / И.П. Норенков. — М.: Высшая школа, 1980. – 311 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.В. Устенко

---

Пасько Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент эксплуатации и ремонта подвижного состава.  
Белохонов Виктор Викторович, слушач ИППК, гр. МЗ-Л-Б-11.

Pasko O.V., cand. of tehn. sciences; Belohonov V.V.