

УДК 629.36

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И РАСШИРЕНИЕ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕННОГО  
АППАРАТА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**

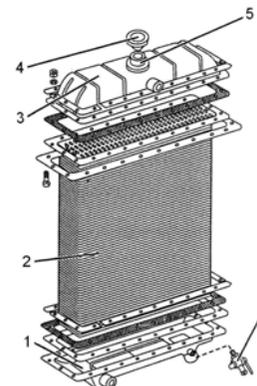
*А.М. Губич – студент 4 курса БГАТУ  
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Е. Тарасенко*

Теплорассеивающим устройством в системах жидкостного охлаждения двигателей, предназначенным для отвода теплоты от охлаждающей жидкости к окружающему воздуху, является радиатор. Радиатор – это теплообменник типа «жидкость – воздух». По принципу работы радиатор является теплообменником поверхностного типа, рекуперативного действия. В теплообменниках этого типа теплоносители – жидкость и воздух движутся одновременно относительно разделяющей их стенки. В системах охлаждения применяется, как правило, перекрестное направление движения теплоносителей [1].

Радиатор состоит из двух резервуаров – нагнетательный и сливной, т.е. верхний и нижний бачки, между которыми устанавливается теплорассеивающая решетка – сердцевина (рисунок 1). Сердцевина выполнена из множества трубок с минимальным поперечным сечением для прохода жидкости. На трубках снаружи или между ними устанавливаются охлаждающие, рассеивающие теплоту элементы. Радиатор на тракторах и автомобилях, как правило, устанавливается в моторном отсеке двигателя перед вентилятором вертикально. Такая компоновка радиатора широко используется и является классической (рисунок 2).

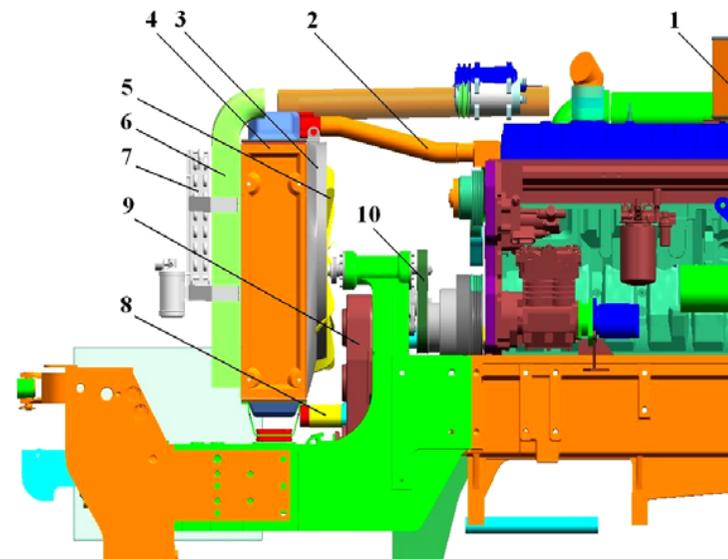
Радиатор обладает большой поверхностью теплообмена. Основной теплопередающий элемент – сердцевина. Бачки радиатора изготавливаются также из теплопередающего материала, имеют развитую поверхность и от них также теплота отводится в окружающую среду.

В нагнетательный бачок из рубашки охлаждения происходит слив нагретой жидкости. Из нагнетательного бачка нагретая жидкость поступает в охлаждающие трубки, движение жидкости в бачке вынужденное. Процессы слива жидкости в бачок и поступление ее в охлаждающие трубки приводят к завихрению слоев жидкости, перемешиванию ее с содержащимися в бачке воздухом и парообразными фракциями.



**Рисунок 1 – Жидкостный радиатор**

1 – нижний бачок; 2 – сердцевина; 3 – верхний бачок; 4 – крышка;  
5 – горловина; 6 – сливной кран



**Рисунок 2 – Система охлаждения дизеля трактора «БЕЛАРУС-3022»**

1 – расширительный бачок; 2 – патрубок от насоса к жидкостному радиатору; 3 – диффузор; 4 – жидкостный радиатор; 5 – вентилятор;  
6 – радиатор охлаждения наддувочного воздуха (ОНВ); 8 – патрубок от жидкостного радиатора к двигателю; 9 – редуктор ПВОМ;  
10 – клиноременная передача привода вентилятора

В системах охлаждения с расширительным контуром жидкость полностью заполняет полость нагнетательного бачка, вытесняя воздух в расширительный бачок. Парообразные фракции, поступая из рубашки охлаждения, конденсируются. Поток жидкости из рубашки охлаждения через нагнетательный бачок к сердцевине становится сплошным, без разрыва воздушными и паровыми пузырями, что обеспечивает эффективность охлаждения ее в сердцевине.

Широко известны радиаторы [2, 3], состоящие из верхнего и нижнего бачков коробчатой формы, трубопроводов для подвода охлаждаемой жидкости, трубчатой сердцевины, состоящей из нескольких рядов вертикальных круглых или плоскоовальных латунных трубок и охлаждающих ребер в виде горизонтальных пластин из латунной ленты. Недостатком указанных радиаторов является то, что при необходимости повышения теплопередачи от поверхности охлаждения требуются дополнительные затраты энергии на привод вентиляторной установки для увеличения объема воздушного потока, продуваемого через сердцевину, либо увеличение теплопередачи достигается за счет увеличения поверхности охлаждения радиатора, что снижает эффективность работы системы охлаждения двигателя. Неравномерность теплопередачи по глубине сердцевины таких радиаторов также является существенным недостатком.

Известен радиатор [4], содержащий верхний и нижний бачки, расположенную между бачками сердцевину из трубок, по которым протекает охлаждаемая жидкость, и извилистых каналов из пористого металла для охлаждающего воздуха. Увеличение теплопередачи при этом достигается за счет минимального теплового сопротивления между пористым металлом и стенками трубок, увеличения длины каналов для воздуха, имеющих извилистую форму, турбулизации воздушного потока, продуваемого через сердцевину, а также за счет возможности регулирования пористости металла сердцевины. Существенным недостатком указанного радиатора является ограниченность его применения по причине большой трудоемкости работ, связанных с устранением засоренности сердцевины.

Радиатор системы охлаждения двигателя, описанный в источнике [5], содержит верхний и нижний бачки, расположенную между ними сердцевину, состоящую из трубок и гофрированных лент. Последние образуют наклонные извилистые каналы для охлаждающего воздуха. Недостатком данного радиатора является низкая эффективность теплопередачи, а также неравномерность теплопередачи по глубине сердцевины.

На кафедре «Ремонт тракторов, автомобилей и СХМ» УО «БГАТУ» разработана конструкция энергоэффективного теплообменного аппарата, который может применяться как элемент системы охлаждения на современных мобильных сельскохозяйственных машинах [6, 7].

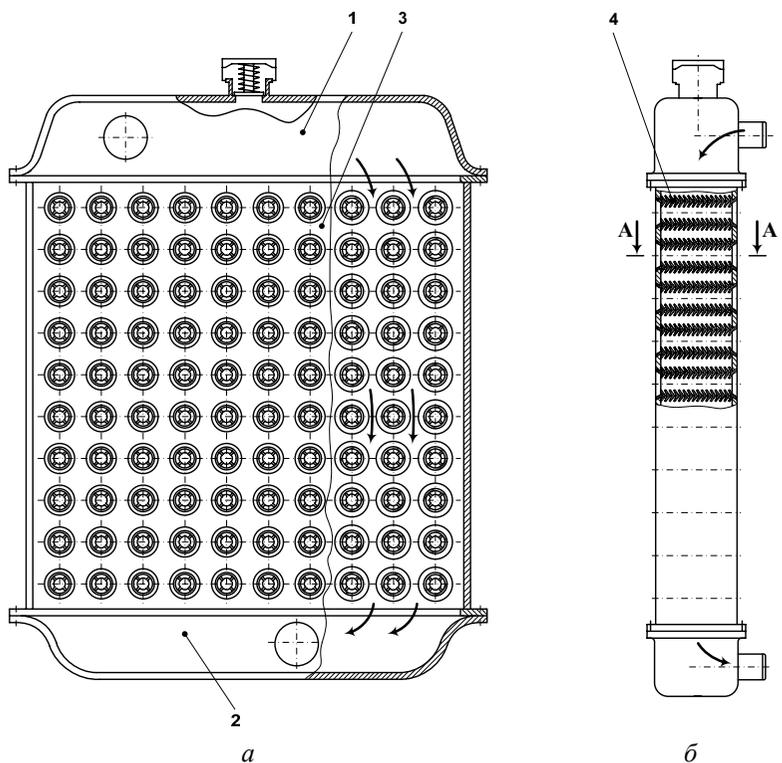
В данном радиаторе системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания, содержащем верхний и нижний бачки, расположенную между ними сердцевину, состоящую из трубок, трубки имеют цилиндрическую форму и выполнены из алюминиевого сплава с наружным и внутренним оребрением, установлены в трубных досках перпендикулярно фронтальной поверхности радиатора с возможностью циркуляции потока воздуха по внутренним отверстиям трубок, а охлаждаемой жидкости – из верхнего бачка к нижнему бачку по каналам между наружными ребрами трубок, причем внутреннее оребрение каждой трубки выполнено в виде установленной в ее внутреннем отверстии витой пружины, шаг которой пропорционален скорости потока теплоносителя.

На рисунке 3а представлен радиатор системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания – вид спереди, на рисунке 3б – вид сбоку. На рисунке 4 изображен разрез трубки радиатора двигателя внутреннего сгорания с наружным и внутренним оребрением.

Предлагаемый радиатор системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания включает в себя верхний бачок 1 и нижний бачок 2 (рисунок 3, а), между которыми в трубных досках 3 установлены трубки 4 (рисунок 3, б), образующие трубчатую сердцевину радиатора, посредством которой осуществляется сообщение между бачками. Радиатор системы охлаждения предусматривает наличие элементов крепления для монтажа его в моторном отсеке (на рисунках не показаны).

Предложенный теплообменный аппарат работает следующим образом.

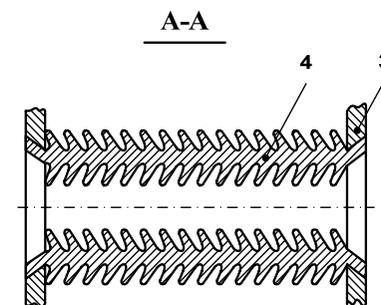
При работе двигателя внутреннего сгорания в верхний бачок 1 (рисунок 3, а) радиатора непрерывно поступает охлаждаемая жидкость с первоначальной температурой, а вентиляторная установка нагнетает потоки воздуха, которые циркулируют через сердцевину радиатора. Из верхнего бачка радиатора охлаждаемая жидкость устремляется в каналы, образованные наружным оребрением трубок 4, которые крепятся в трубных досках 3 сердцевины. При движении воздушного теплоносителя вдоль внутреннего оребрения трубки, а жидкостного – вдоль наружного оребрения (движение теплоносителей в сердцевине радиатора осуществляется в перекрестных направлениях) происходит теплопередача от охлаждаемой жидкости потоку воздуха посредством стенки трубки. При этом внутреннее и наружное оребрение трубок способствует турбулизации потоков теплоносителей, что значительно повышает интенсивность теплопередачи. Существенная турбулизация при движении потока воздуха по внутреннему оребрению трубки достигается благодаря расположению оребренной поверхности под углом относительно направления движения потока воздуха, что повышает интенсивность теплопередачи.



**Рисунок 3 – Радиатор системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания**

Пройдя по каналам сердцевины, образованном наружным оребрением трубок, охлаждаемая жидкость поступает в нижний бачок радиатора 2 уже с температурой на порядок ниже первоначальной.

Возможно исполнение внутреннего оребрения трубок в виде винтовой поверхности. Такое исполнение вынуждает часть теплоносителя, контактирующую с этой поверхностью, двигаться по удлиненной траектории, что повышает теплопередачу от более нагретого теплоносителя к более холодному.



**Рисунок 4 – Трубка предлагаемого радиатора двигателя внутреннего сгорания с наружным и внутренним оребрением**

Предложена конструкция принципиально нового теплообменного аппарата, способствующая повышению эффективности теплопередачи от поверхности охлаждения. При этом повышение эффективности теплопередачи достигается благодаря расположению трубок сердцевины перпендикулярно фронтальной поверхности радиатора с возможностью циркуляции по ним потока воздуха, наружному и внутреннему оребрению алюминиевой трубки, расположению внутренней оребренной поверхности трубки под углом относительно направления движения потока воздуха, а также возможности установки во внутреннем отверстии трубки турбулизирующей пружины, шаг которой пропорционален скорости потока теплоносителя.

#### Список использованной литературы

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Исследования, параметры и показатели / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск : БНТУ, 2014. – 300 с.
2. Тракторы и автомобили: учеб. пособие для с.-х. техникумов / В.А. Скотников [и др.]; под ред. В.А. Скотникова. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 126–127.
3. Гуревич, А.М. Тракторы и автомобили: учеб. пособие для с.-х. техникумов / А.М. Гуревич, Е.М. Сорокин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – С. 205–207.
4. Патент RU 2162155 C2, МПК: F01P9/04, F28F1/32, опублик. 20.01.2001.
5. А. С. СССР № 357841, МПК: F28F1/08, F28D7/00, опублик. 25.06.1978, бюл. № 23.
6. Радиатор системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания: пат. 13930 Респ. Беларусь, МПК (2009) F 28F 1/08, F 28D 7/00 / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко, А.Г. Стасилевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет». – № а 20081178; заявл. 16.09.2008; опублик. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6. – С. 110.
7. Радиатор системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания: пат. 5182 Респ. Беларусь, МПК (2006) F 28F 1/08, F 28D 7/00 / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко, Стасилевич А.Г.; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет». – № и 20080703; заявл. 16.09.2008; опублик. 05.01.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 2 – С. 198–199.