

Салахов Ришат Ризович, к.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А. Н. Туполева-КАИ

Ермаков Андрей Михайлович, к.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А. Н. Туполева-КАИ

Хафизов Ильдар Равилевич, магистрант

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А. Н. Туполева-КАИ

Идиатуллин Булат Маратович, аспирант

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А.Н.Туполева-КАИ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: Работа посвящена разработке новой высокоэффективной системе охлаждения на базе помпы с электроприводом и сравнения её работы со стандартной системой охлаждения грузового автомобиля, с механическим приводом помпы от двигателя. Исследования в одномерном моделировании показали, что с помощью разработанной адаптивной системы охлаждения можно поддерживать температуру на 5-7°С ниже при тех же самых теплообменных аппаратах системы охлаждения. Данный эффект достигается за счет того, что помпа с электрическим приводом большую часть времени работает с высоким КПД на оптимальном режиме, под который её спроектировали.

Ключевые слова: система охлаждения, 1D моделирование, помпа, напорная характеристика.

Abstract: the Work is devoted to the development of a new high-efficiency cooling system based on an electric pump and comparison of its operation with a standard truck cooling system, mechanically driven pump from the engine. Studies in one-dimensional modeling have shown that with the help of the developed adaptive cooling system, it is possible to keep the temperature 5-7°C lower with the same heat exchangers of the cooling system. This effect is achieved due to the fact that the pump with an electric drive most of the time works with high efficiency at the optimum mode for which it was designed.

Keywords: cooling system, 1D modeling, pump, pressure characteristic.

Применение электрических жидкостных насосов, насосов с электрическим приводом в настоящее время пользуется высоким спросом (нефтяная промышленность, системы отопления и охлаждения). Это обусловлено гибкостью применения и точностью поддержания заданного режима работ. Привод водяных насосов применяемых в системах охлаждения автомобилей осуществляется посредством ремня соединенного с коленчатым валом. В результате, для осуществления циркуляции охлаждающей жидкости в системе охлаждения затрачивается избыточная мощность двигателя. Кроме этого, при данной конструкции водяной системы, обороты помпы зависят оборотов коленчатого вала. Из этого следует, что эффективность системы охлаждения может быть или недостаточной, или избыточной, при работе на различных нагрузках двигателя, при одних и тех же оборотах коленчатого вала. На рисунке 1 приведена адаптивная система охлаждения двигателя, которая разработана с использованием помпы с электрическим приводом и управлением с помощью ПИД-контроллера.

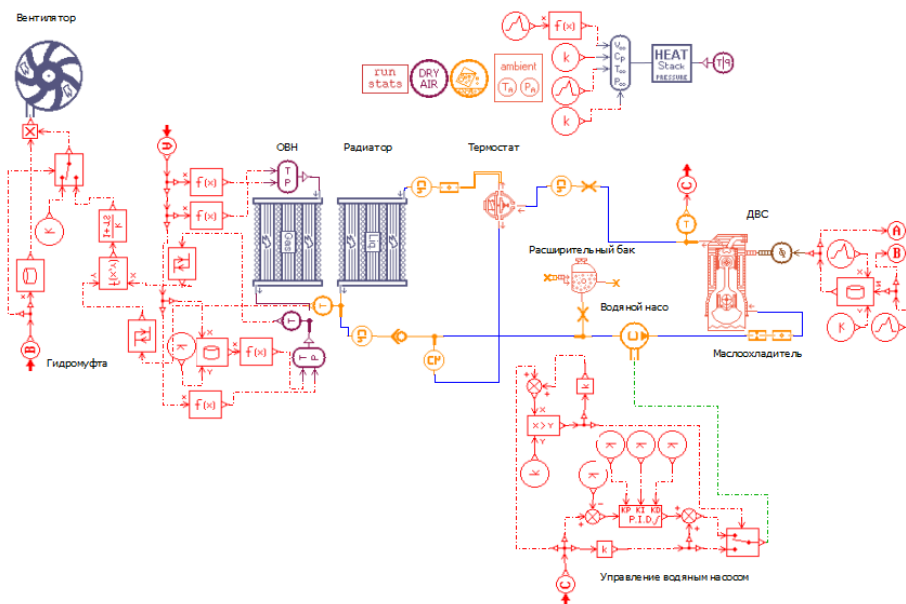


Рис.1 – Модель адаптивной системы охлаждения двигателя КамАЗ 405кВт.

В модели адаптивной системы охлаждения двигателя КамАЗ 405кВт (рис. 1) присутствуют подмодели необходимые для изучения теплового потока в системе охлаждения: вентилятор, охладитель наддувочного воздуха (ОВН), радиатор, термостат, контур охлаждения двигателя, контур тосола в теплообменном аппарате (ТА) маслоохладителя, электрический жидкостный насос, расширительный бак. Также присутствуют системы: управления вентилятором посредством вязкостной муфты, водяного насоса, встречного потока воздуха.

В результате исследования работы адаптивной системы охлаждения было выявлено, что большую часть времени помпа в адаптивной системе охлаждения работает при 1600-1800 оборотах в минуту.

Для повышения эффективности работы системы охлаждения в целом разработано лопастное колесо (Рис. 2) по методологии изложенной в литературе [1] для помпы с электрическим приводом с учетом гидравлической характеристики двигателя грузового автомобиля (рис. 3).



Рис.2. Рабочее колесо электрического жидкостного насоса

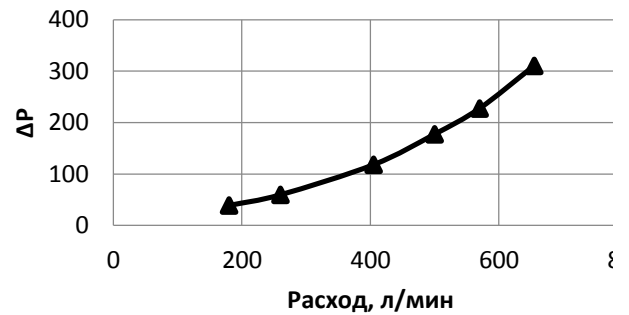


Рис. 3. Гидравлическое сопротивление двигателя КАМАЗ

Проведено численное исследование в программном комплексе Ansys CFX (академическая лицензия) в аналогично работам [2; 3] нового лопастного колеса и сравнение со штатным лопастным колесом представлено на рис. 4. В качестве модели турбулентности выбрана модель k- ω SST, основываясь на опыте расчетных работ [4; 5], где они показали хорошую сходимость для решения задач подобного типа. По результатам численных исследований видно, что новое лопастное колесо имеет больший набор во всем диапазоне работы гидравлической характеристики двигателя.

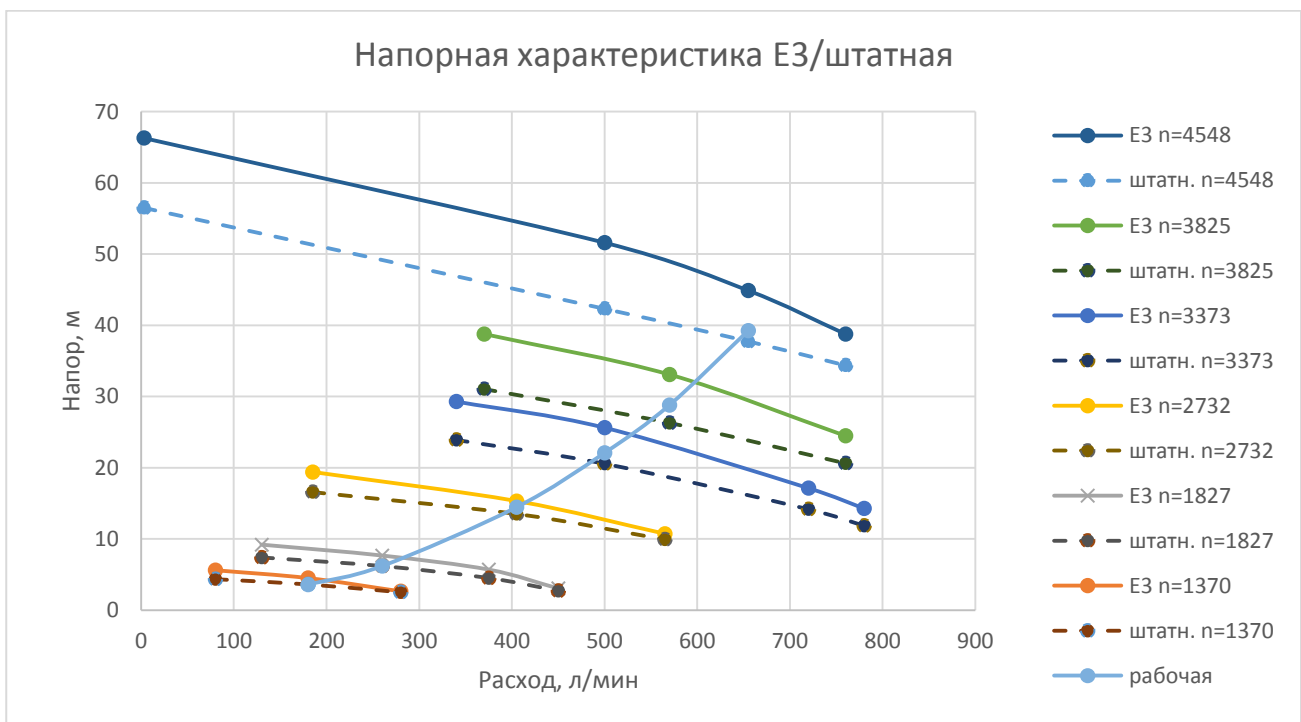


Рис. 4. Сравнение напорных характеристик стандартного и электрического жидкостного насоса

В результате изготовления и экспериментального исследования лопастного колеса, оптимизированного для работы с помпой от электрического привода были получены графики напорной характеристики и сравнены со стандартным лопастным колесом, применяем с механическим приводом от ДВС. (Рис. 5). Характеристики кривых изменили свою форму и разработанное лопастное колесо, лучше не на всех режимах, а на всей кривой гидравлической характеристики двигателя.

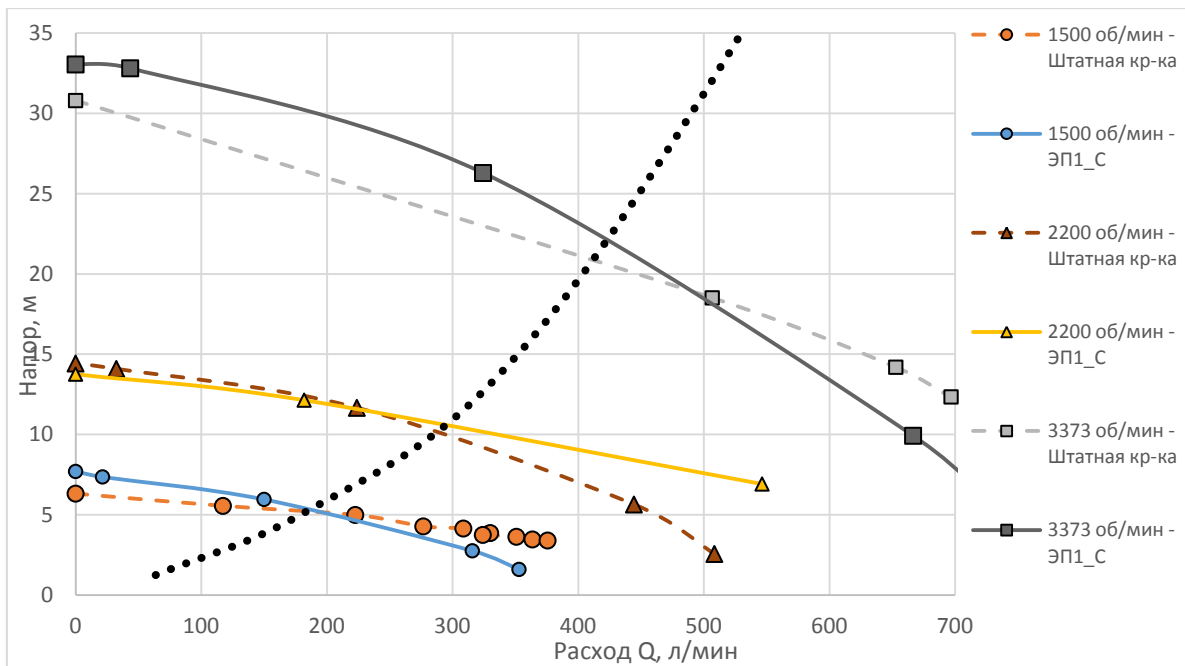


Рис. 5. Экспериментальные данные напорной характеристики стандартного и электрического жидкостного насоса

Далее провели сравнение температурных режимов работы систем с электрическим жидкостным насосом и с насосом с механическим приводом от ДВС. Из рис. 6 видно, что в адаптивной модели электрический жидкостный насос справляется со своей задачей и удерживает температуру тосола в необходимом диапазоне в сравнении с базовой моделью, в которой температура изменялась циклически в соответствии с работой гидромфуты. Затрачиваемая мощность на насосе при этом не превышает 5 кВт.

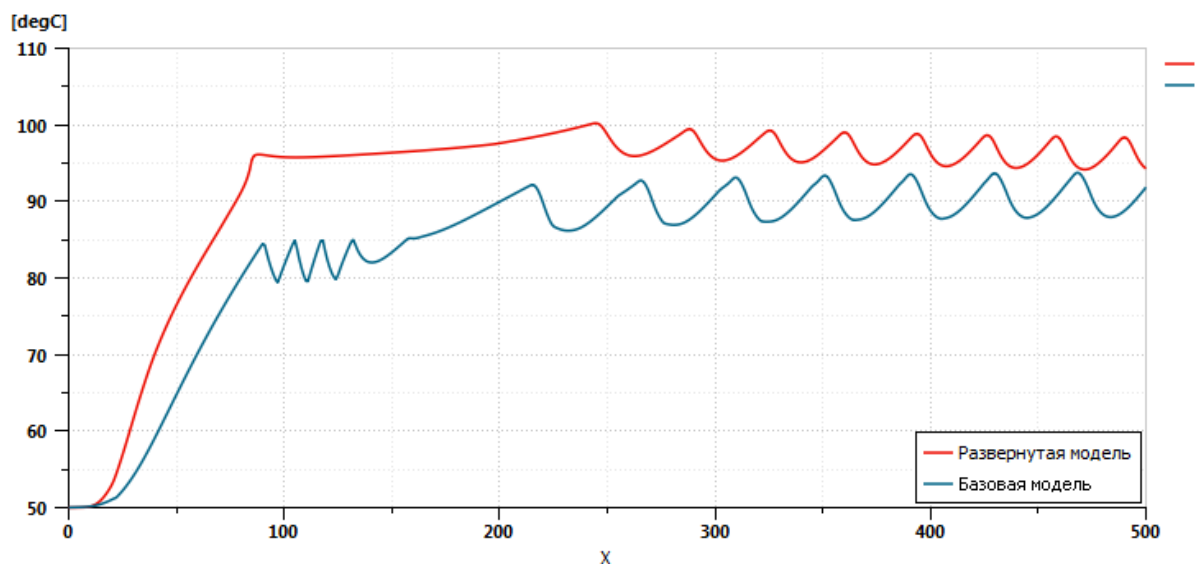


Рис. 6 – Температура тосола на выходе из двигателя при 1600 об/мин, 100% нагрузка
 – развернутая модель штатной системы охлаждения, – базовая адаптивная система
 охлаждения

В работе разработано лопастное колесо для работы в составе адаптивной системы охлаждения с электрическим приводом и ПИД регулированием насоса. По результатам численных и экспериментальных исследований новое лопастное колесо работает эффективнее во всем диапазоне гидравлической характеристики двигателя.

Результаты одномерного анализа работы штатной и адаптивной системы охлаждения показывают, что адаптивная система охлаждения позволяет поддерживать температуру на 5-7°C ниже штатной, при аналогичном остальном оборудовании.

Библиографический список:

1. Ивановский В.Н., Сабиров А.А., Деговцов А.В., Пекин С.С., Донской Ю.А., Кривенков С.В., Соколов Н.Н., Кузьмин А.В., «Проектирование и исследование характеристик степеней динамических насосов». Учебное пособие, М.: РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина, 2014, 124 с.

2. R. López, M. Vaca et al. Performance simulation of a radial flow type impeller of centrifugal pumps using CFD: IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 792 (2017).

3. Václav Dvořák, Miloš Müller. Preliminary investigation of centrifugal pump for fire engine: MATEC Web of Conferences 210, 04015 (2018).

4. Song-Sheng Deng, Guo-Dong Li et al. Numerical study of cavitation in centrifugal pump conveying different liquid materials: Results in Physics 12 (2019) 1834–1839.

5. Xin Jiang, Lei Zhang. Research on the effect of rotation and curvature on turbulence model and their application: International Journal Of Heat And Technology, Vol. 35, No. 1, March, 2017, pp. 167-176.