

УДК 621.43

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ  
И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РАДИАТОРОВ  
И ЖИДКОСТНО-МАСЛЯНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА  
ОСНОВЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
С СЕРВЕРАМИ ПОГОДЫ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ  
ИНФОРМАЦИЕЙ**

PERFECTING OF THE METHOD OF HEATTECHNICAL AND  
AERODYNAMIC TESTS OF RADIATORS AND LIQUID-OIL HEAT  
EXCHANGERS ON THE BASIS OF INTERACTIVE INTERACTION  
WITH SERVERS OF WEATHER AND CARTOGRAPHICAL  
INFORMATION

**В. Е. Тарасенко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., А. А. Жешко<sup>1</sup>, канд. техн.  
наук, доц., О.А. Якубович<sup>2</sup>, канд. техн. наук**

**Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Беларусь**

**<sup>2</sup>Белорусская универсальная товарная биржа, г. Минск, Беларусь**

V.E. Tarasenko<sup>1</sup>, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A.A. Zeshko<sup>1</sup>, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

O.A. Yakubovich<sup>2</sup>, Ph.D. in Engineering

<sup>1</sup>Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Belarusian Universal Commodity Exchange, Minsk, Belarus

**В работе описано локальное web-приложение, разработанное с целью дополнения методики теплотехнических и аэродинамических испытаний радиаторов и жидкостно-масляных теплообменников в составе самоходной сельскохозяйственной техники и позволяющее осуществлять расчет допустимой температуры окружающей среды, при которой возможна эксплуатация мобильной сельскохозяйственной машины в любом регионе мира.**

In article present the local web application developed for the purpose of addition the method of bench heattechnical and aerodynamic tests of radiators and liquid-oil heat exchangers as a part of self-propelled agricultural machinery and allowing to perform calculation of admissible environment temperature at which operation of the mobile agricultural machine in any region of world space is possible.

## ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатационные режимы дизеля, климатические условия, параметры установки и компоновки компонентов системы охлаждения (СО) оказывают определяющее влияние на эффективность работы самоходной сельскохозяйственной техники. Перечисленные факторы определяются при проведении испытаний полнокомплектной СО на стендовой моторной установке или в составе с машиной. Целью испытаний полнокомплектных СО является проверка их на соответствие техническому заданию и способность систем функционировать в заданных условиях и при воздействии возмущающих факторов. Испытания проводятся на моторном стенде СО в составе с дизелем и полном капотировании в тепловой камере, где имитируются климатические условия эксплуатации, или нагрузочном стенде полнокомплектной самоходной сельскохозяйственной машины в условиях, приближенных к эксплуатационным. Заключительным этапом испытаний СО являются испытания полнокомплектной самоходной сельскохозяйственной машины в рядовой эксплуатации при выполнении наиболее энергоемких работ [1].

Данная работа имеет целью дополнить существующую методику проверки эффективности работы теплонапряженных систем самоходной сельскохозяйственной техники, открыть возможность определения предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости (ОЖ) и маслу путем осуществления интерактивного взаимодействия с серверами погоды и картографической информацией.

## СПЕЦИФИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКО- ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Одним из значимых факторов, определяющих эффективность работы СО, является состояние окружающего воздуха, которое характеризуется температурой, относительной влажностью, барометрическим давлением, а также количеством содержащихся в воздухе механических, химических, биологических элементов и др. Перечисленные характеристики окружающего воздуха связаны с географической зоной, климатом, временем года и погодой. Предельные значения этих характеристик чаще всего имеют место в районах с особыми природно-климатическими условиями [4].

Температура воздуха оказывает влияние на большинство определяющих работу дизеля параметров. В работе [4] отмечено, что у дизеля мощностью 100 л.с. с повышением температуры ОС на 10 ° температура топлива повышается на 4,5 °, а часовой расход топлива снижается на 2,5 %; мощность дизеля при постоянном температурном режиме снижается на 3,7 %.

Теплорассеивающие устройства СО моторных установок сельскохозяйственной техники следует рассчитывать для работы дизеля при номинальной нагрузке и следующих параметрах ОС: температура воздуха при тропическом климате – от –10 до +45 °С, при умеренном – от –30 до +35 °С, при северном – от –50 до +25 °С; атмосферное давление – не ниже 715 мм рт. ст.

## АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СО ДВИГАТЕЛЕЙ

Для безотказной и длительной работы двигателя особое внимание следует обратить на взаимосвязанные компоненты, которые составляют СО.

Требования к СО современной сельскохозяйственной техники являются основной предпосылкой, позволяющей сформулировать задачу при проектировании и определить направления (пути) её реализации. СО должна обеспечивать заданный тепловой режим двигателя, иметь рациональную конструкцию, требующую минимально возможных затрат мощности на привод вентилятора и жидкостного насоса.

Тепловое состояние двигателя (теплонпряжённость) – фактор комплексный, зависящий от параметров как самого двигателя, режимов его работы, так и блока охлаждения, его компоновки на машине, а также от условий эксплуатации. Температура ОЖ, гильз цилиндров и картерного масла должны лежать в пределах, соответствующих минимуму потерь на трение и коррозионный износ. В связи с тем, что тепловое состояние двигателя существенно влияет на его экономичность и надёжность, к СО предъявляются требования [1, 2, 4, 7]:

- функциональные, определяющие работоспособность системы;
- конструктивные, определяющие габаритно-массовые параметры блока охлаждения, его компоновку на тракторе;
- эксплуатационные, определяющие надёжность.

В качестве критерия оценки этих требований принят температурный режим ОЖ и масла [4, 5, 6].

*Секция «ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ»*  
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На кафедре «Технологии и организация технического сервиса» в рамках научно-исследовательской работы «Обоснование режимов работы дизелей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин мощностью свыше 250 л.с., обеспечивающих их топливную экономичность и тепловую эффективность» (ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства») разработано локальное web-приложение, позволяющее осуществлять расчет допустимой температуры окружающей среды, при которой возможна эксплуатация мобильной сельскохозяйственной машины в конкретном регионе мирового пространства. Указав планируемое место эксплуатации техники и получив координаты на местности, можно получить пороговое значение температуры окружающей среды. При этом учитываются как среднестатистические значения температуры окружающей среды за последние семь лет из базы данных сервера, так и текущие значения температуры. Предлагаемое приложение интегрировано с сервером погоды «Premium weather API for Developers» (<https://developer.worldweatheronline.com>), базы которого содержат необходимые статистические сведения. Анализ статистического массива данных по температуре окружающей среды за последние годы позволяет сформировать достаточно точный прогноз на ближайшую перспективу и выполнить последующие расчеты непосредственно на день проведения испытаний.

Алгоритм определения предельной температуры окружающей среды по ОЖ и маслу путем интерактивного взаимодействия с сервером погоды и картографической информации представлен на рисунке 1.

В начале работы программы пользователю предоставляется возможность указать место и дату проведения испытаний.

Место проведения испытаний техники указывается на электронной карте, подгружаемой из картографического сервиса. Изначально пользователь осуществляет поиск объекта (населенного пункта), вблизи которого планируется проведение испытания, в программу передаются координаты искомого места методом прямого геокодирования. Путем перемещения курсора (изображение трактора) осуществляется уточнение координат места испытаний, т.е. выполняется обратное геокодирование. Дата проведения испытаний указывается путем выбора необхо-

димой даты в календаре, появляющегося при редактировании текстового поля «Дата проведения испытаний».

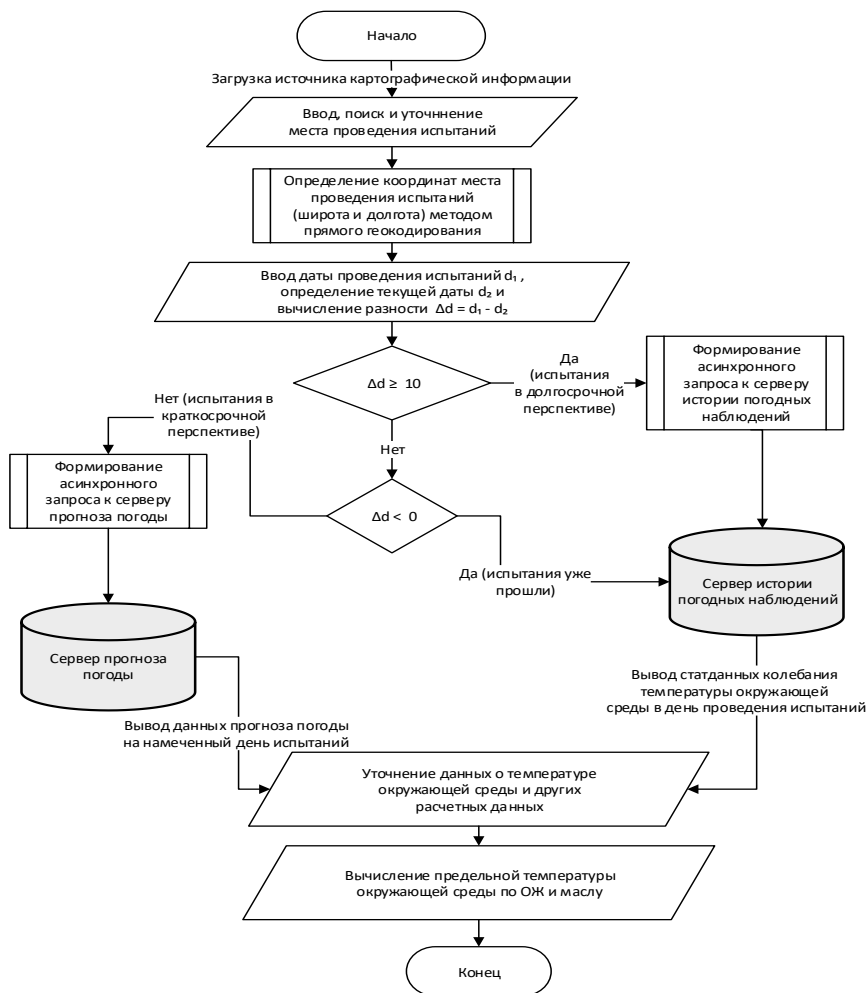


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма определения предельной температуры окружающей среды по ОЖ и маслу

После завершения выбора места и времени проведения испытаний, нажатием на кнопку «Загрузить погоду» (рис. 2) осуществляется загрузка соответствующих данных по следующему принципу.

## Секция «ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ»

Если разность текущей даты  $d_2$  (определяется автоматически) и даты, указанной в текстовом поле «Дата проведения испытаний»  $d_1$  меньше 10 дней, т.е.

$$\Delta d = d_1 - d_2 < 10, \quad (1)$$

где  $d_1$  – дата проведения испытаний;  $d_2$  – текущая дата;  $\Delta d$  – разность дат проведения испытаний и текущей, то загружается прогноз погоды, предоставляемый веб-сервисом, на дату проведения испытаний. Временной интервал данных о погоде в течение суток может задаваться в диапазоне 1-24 ч, по умолчанию составляет 3 ч.

Если разность текущей даты  $d_2$  и даты, указанной в текстовом поле «Дата проведения испытаний»  $d_1$  больше либо равно 10 дням, т.е.

$$\Delta d = d_1 - d_2 \geq 10, \quad (2)$$

то на веб-сервис погоды отправляется запрос о предоставлении статистических данных о метеонаблюдениях за указанным местом проведения испытаний за последние 9 лет. В запросе можно также задавать временной интервал из ряда 1, 3, 6, 12 и 24 ч. Причем интервалу 24 ч соответствует среднесуточная температура на день проведения испытаний. Временной интервал 24 ч используется по умолчанию. Данные о колебании температуры окружающей среды в день проведения испытаний отображаются в виде диаграммы.

Среднее значение температуры при выполнении условия (2) вычисляются автоматически, передаются в текстовое поле «Температура окружающей среды  $t_{\text{окр.}i}$ » и при необходимости могут редактироваться пользователем (рисунок 3).

При выполнении условия (1) пользователь, в зависимости от времени проведения испытаний, выбирает температуру окружающей среды из таблицы и вводит выбранное значение в текстовое поле «Температура окружающей среды  $t_{\text{окр.}i}$ ».

Помимо выбранных значений температуры окружающей среды, также необходимо указать:

## Секция «ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ»

- допускаемую температуру ОЖ  $[t_{ж}]$ , (выбирается из выпадающего списка  $[t_{ж}] = 100^{\circ}\text{C}$  или  $[t_{ж}] = 110^{\circ}\text{C}$ ;
- допускаемую температуру смазочного масла  $[t_{м}]$ , (выбирается из выпадающего списка  $[t_{м}] = 115^{\circ}\text{C}$  или  $[t_{м}] = 125^{\circ}\text{C}$ ;
- температуру ОЖ при испытаниях  $t_{ж}$  (вводится путем редактирования текстового поля);
- температуру масла при испытаниях  $t_{м}$  (вводится путем редактирования текстового поля).

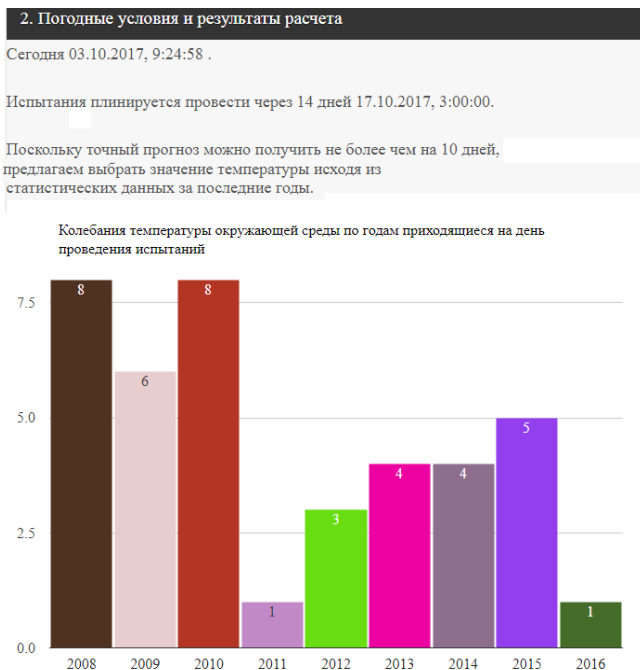


Рисунок 2 – Диаграмма: вывод статданных колебания температуры окружающей среды в день проведения испытаний

После нажатия на кнопку «Расчет» отображаются результаты вычислений предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости  $t_{окр.ж}$  и маслу  $t_{окр.м}$  (рисунок 3).

Температура окружающей среды  $t_{\text{окр.и}}$   
4.44  
Допускаемая температура охлаждающей жидкости [ $t_{\text{ж}}$ ]  
110 ▾  
Допускаемая температура смазочного масла [ $t_{\text{М}}$ ]  
125 ▾  
Температура жидкости при испытаниях  $t_{\text{ж}}$   
95  
Температура масла при испытаниях  $t_{\text{М}}$   
115  
Выполнить расчет  
Расчет

Результаты расчета предельной температуры окружающей среды:  
 $t_{\text{окр.ж}} = [t_{\text{ж}}] - (t_{\text{ж}} - t_{\text{окр.и}}) = 110 - (95 - 4.44) = 19.439999999999998^{\circ}\text{C}$

Рисунок 3 – Элементы интерфейса программы для уточнения исходных данных и вычисления предельной температуры масла

Описанное выше приложение позволяет более рационально проводить комплекс исследований по подбору вентиляторов, радиаторов и жидкостно-масляных теплообменников, параметров их установки, поиск оптимального расположения продувочных окон капота в зависимости от компоновочного решения и конкретного региона предполагаемой эксплуатации. Отмеченное в совокупности способствует обеспечению оптимального теплового режима двигателя в составе сельскохозяйственной машины и получения необходимой мощности при наилучшей экономичности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложено локальное web-приложение, разработанное с целью дополнения методики стендовых теплотехнических и аэродинамических испытаний радиаторов и жидкостно-масляных теплообменников в составе самоходной сельскохозяйственной техники и позволяющее осуществлять расчет допустимой температуры окружающей среды, при которой возможна эксплуатация мобильной сельскохозяйственной машины в любом регионе мирового пространства.

2. Раскрыта последовательность определения предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости и маслу путем осуществления интерактивного взаимодействия с серверами по-



годы и картографической информации. Анализ статистического массива данных по температуре окружающей среды позволяет сформировать достаточно точный прогноз на ближайшую перспективу и выполнить последующие расчеты непосредственно на день проведения испытаний.

## ЛИТЕРАТУРА

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. – 436 с.

2. Инвариантная система жидкостного охлаждения ДВС со следящим электроприводом вентилятора обдува / И.П. Ксеневич [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – №11. – С. 16 – 19.

3. Cummins Engine Compani (Rev. 9/82) / Printed in U.S.A. Bulletin 3382685, Inc. – Columbus, Indiana 47201. – 83 с.

4. Тарасенко, В.Е. Обеспечение температурного режима системы охлаждения дизеля сельскохозяйственного трактора совершенствованием жидкостного и воздушного контуров: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В. Е. Тарасенко. – Минск, 2009. – 179 л.

5. Основные положения и практическая реализация создания типоразмерного ряда тракторов «БЕЛАРУС»: описание работы / Произв. объедин. «Минский тракт. завод»; рук. работы М.Г. Мелешко. – Минск, 2006. – 385 с.

6. Информационное сообщение. Системы охлаждения агрегатов современных тракторов / Реф. В.М. Володин // Дифференцированное обеспечение руководства научно-технической информацией «ДОР НТИ» // Profi technik. – 2005. – № 9. С. 76–79.

7. Направления совершенствования, повышения тепловой эффективности систем охлаждения высокоэнергонасыщенных тракторов: отчёт о НИР (заключ.) / НАН Беларуси, Науч. центр пробл. мех. машин (НЦ ПММ НАНБ); рук. темы А.И. Якубович. – Минск, 2000. – 196 с. – № П 1335.