

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. Тарасенко¹, канд. техн. наук, доц., А. А. Жешко¹, канд. техн.
наук, доц., О.А. Якубович², канд. техн. наук

Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь

²Белорусская универсальная товарная биржа, г. Минск, Беларусь

V.E. Tarasenko¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A.A. Zeshko¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

O.A. Yakubovich², Ph.D. in Engineering

¹Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

²Belarusian 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].

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».

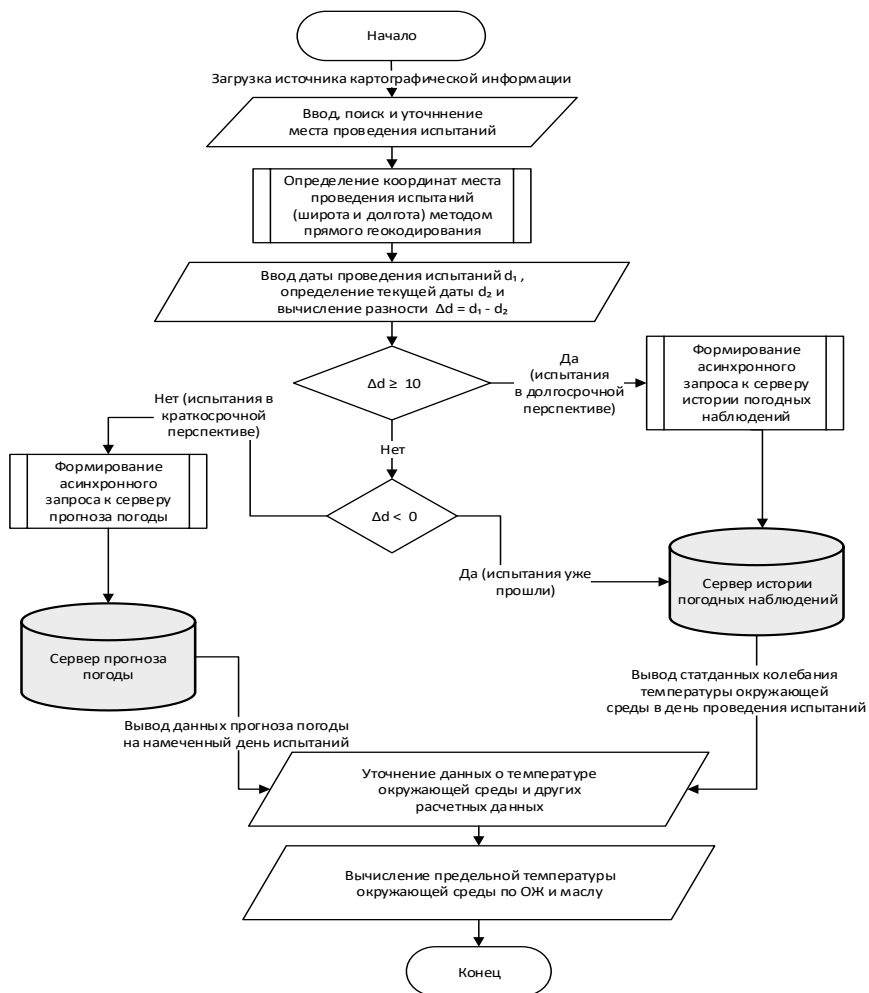


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма определения предельной температуры окружающей среды по ОЖ и маслу

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; Δd – 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).

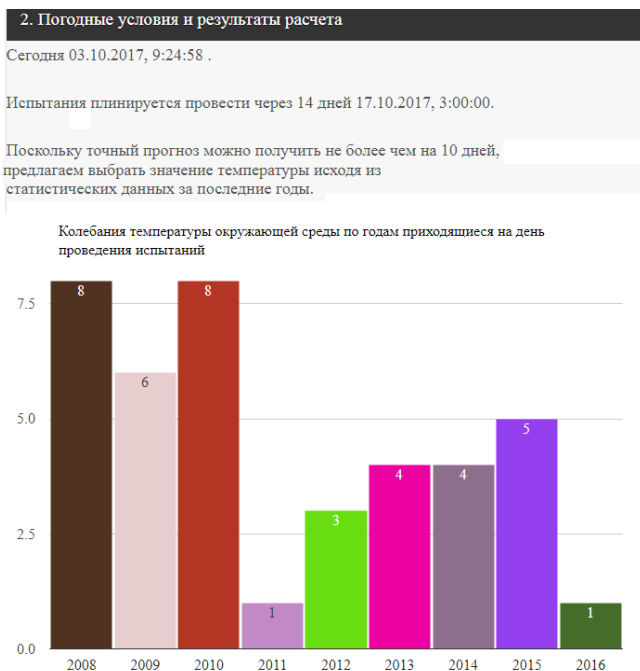


Рисунок 2 – Диаграмма: вывод статданных колебания температуры окружающей среды в день проведения испытаний

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 $t_{\text{окр.}i}$
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:
 $t_{\text{окр.ж}} = [t_{\text{ж}}] - (t_{\text{ж}} - t_{\text{окр.}i}) = 110 - (95 - 4.44) = 19.439999999999998^{\circ}\text{C}$

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. Ксенович [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.