

Тарасенко В.Е.,

Жешко А.А.,

Белорусский государственный аграрный техни-
ческий университет,
г. Минск, Республика Беларусь,
E-mail: trs9@yandex.ru

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

УДК 621.43

В работе описано 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.

Ключевые слова: машина, дизель, сервер погоды, карта, температура, геокодирование, система охлаждения, охлаждающая жидкость, испытание, масло.

Актуальность проблемы. 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 полным 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 информации.

Специфика климатических условий, нагрузочных режимов при эксплуатации сельскохозяйственной 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, хотя в меньшей степени характерны и для условий умеренного климата средней полосы [4].

Зоны жаркого климата включают в себя тропические, субтропические и пустынно-песчаные районы с максимальной температурой воздуха до +50°C. Малая влажность воздуха в пустынно-песчаных районах является причиной образования большого количества пыли, вызывающей существенные неполадки при работе СО: загрязнение внешних поверхностей и абразивный износ радиаторов, перегрев двигателя и т.п.

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 %.

Анализ климатических условий показывает, что крайне высокие и крайне низкие температуры воздуха ОС распространены на незначительной части территорий, на которых эксплуатируется отечественная сельскохозяйственная техника. Однако в связи с тем, что она выпускается для работы во всех климатических зонах и поясах, то для условий умеренного климата имеется исполнение СО – умеренное, для тропических условий предусмотрено тропическое исполнение, для северного климата – северное. Теплоотводящие 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 системам охлаждения двигателей. Для безотказной и длительной работы двигателя особое внимание следует обратить на взаимосвязанные компоненты, которые составляют СО. Специалистами, занятыми проектированием СО, разрабатываются и внедряются требования, которые постоянно совершенствуются в целях создания СО, отвечающих самым жёстким европейским нормам и стандартам. В качестве примера приведём минимальные требования к СО, на которые опирается в своей работе фирма «Cummins Engine Company» [3]. Они сводятся к следующему:

- следует добиваться максимума от возможностей СО, которая должна соответствовать спецификациям двигателя, ни при каких условиях не должна быть превышена максимальная верхняя температура охладительного резервуара, приводимая в списке характеристик двигателя;

- СО должна иметь устройство для удаления поступающего воздуха и независимо от типа используемой системы деаэрации удалять воздух в то время, которое определено характеристикой двигателя;

- должна быть предусмотрена возможность для расширения ОЖ на 4–6% от общего объёма системы;

- СО должна вентилироваться в процессе заполнения, а также должна существовать возможность её заполнения со скоростью порядка 5 галлонов в минуту (22,717 л/мин) приблизительно до 90 % от её ёмкости;

- при работе двигателя на больших оборотах и холостом ходу давление у входа в жидкостный насос должно быть больше, чем атмосферное, температура ОЖ должна находиться в пределах 83–89 °С;

- должно выполняться условие относительных потерь ОЖ из заполненной системы, равных по меньшей мере минимально возможному опорожнению, указанному в характеристике двигателя;

- СО должны иметь устройства аварийной сигнализации в случае критического повышения температуры ОЖ. Такой сигнал может быть как звуковым, так и визуальным.

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 (теплонапряжённость) – 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].

При проектировании СО для двигателей самоходной сельскохозяйственной техники необходимо обеспечить:

- минимальные габаритные и массовые параметры радиаторов, теплообменников и других узлов;
- минимальные затраты мощности на привод обслуживающих систему агрегатов;
- достаточный перенос теплоты от двигателя к радиатору в жидкостном тракте и возможно большую равномерность температуры элементов цилиндров и поршней;
- высокую тепловую эффективность радиаторов при максимальной компактности и небольшом аэродинамическом сопротивлении;
- наименьшее аэродинамическое сопротивление воздушного контура при максимальном использовании его возможностей для повышения тепловой эффективности СО;
- удобство обслуживания и ремонта агрегатов и узлов системы;
- высокую экологическую чистоту системы (при эксплуатации не должны выделяться пары и просачиваться низкотемпературные жидкости).

Критерий оценки для этих требований – функциональная работоспособность системы в заданных условиях при минимальных экономических затратах на изготовление и эксплуатацию.

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 рис. 1.

В начале работы программы пользователю предоставляется возможность указать место и дату проведения испытаний (рис. 1 и 2).

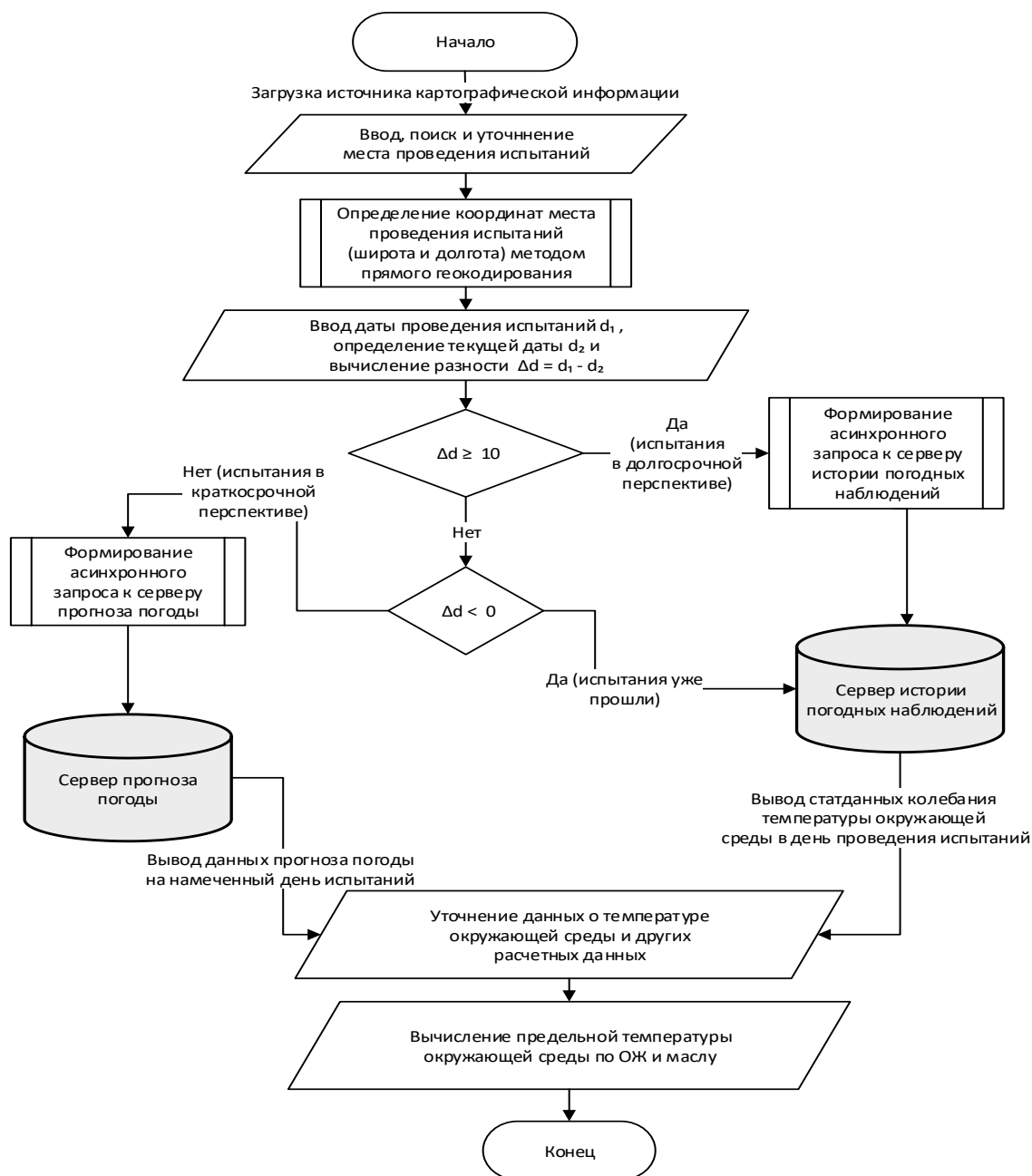


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма определения предельной температуры окружающей среды по ОЖ и маслу

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 необходимой даты в календаре, появляющегося при редактировании текстового поля «Дата проведения испытаний» (рис. 2).



Рис. 2 – Элементы интерфейса программы для определения места и ввода времени проведения испытаний

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

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 (рис. 3). 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 (рис. 4).

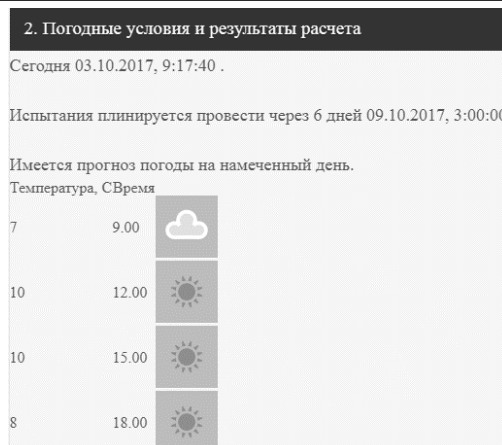


Рис. 3 – Таблица: вывод данных прогноза погоды на намеченный день испытаний

Среднее значение температуры при выполнении условия (2) вычисляются автоматически, передаются в текстовое поле «Температура окружающей среды $t_{окр.i}$ » и при необходимости могут редактироваться пользователем (рис. 5).

При выполнении условия (1) пользователь, в зависимости от времени проведения испытаний, выбирает температуру окружающей среды из таблицы (рис. 3) и вводит выбранное значение в текстовое поле «Температура окружающей среды $t_{окр.i}$ » (рис. 5).

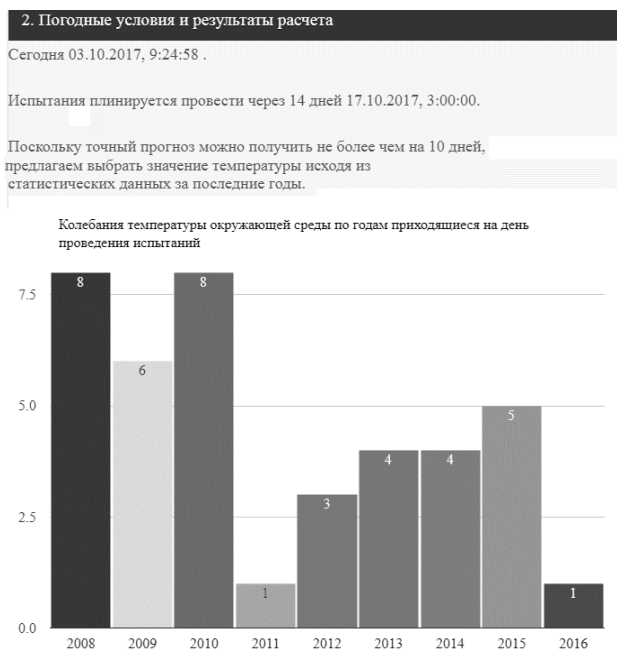


Рис. 4 – Диаграмма: вывод статданных колебания температуры окружающей среды в день проведения испытаний

Помимо выбранных значений температуры окружающей среды, также необходимо указать (рис. 5):

– 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_m (вводится путем редактирования текстового поля).

После нажатия на кнопку «Расчет» отображаются результаты вычислений предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости $t_{окр.ж}$ и маслу $t_{окр.м}$ (рис. 5).

Температура окружающей среды $t_{окр.и}$
4.44
Допускаемая температура охлаждающей жидкости $[t_{ж}]$
110 ▾
Допускаемая температура смазочного масла $[t_m]$
125 ▾
Температура жидкости при испытаниях $t_{ж}$
95
Температура масла при испытаниях t_m
115
Выполнить расчет
Расчет
Результаты расчета предельной температуры окружающей среды:
 $t_{окр.ж} = [t_{ж}] - (t_{ж} - t_{окр.и}) = 110 - (95 - 4.44) = 19.439999999999998^{\circ}\text{C}$

Рис. 5 – 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.

Выводы. 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.

Раскрыта последовательность определения предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости и маслу путем осуществления интерактивного взаимодействия с серверами погоды 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 Company (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: отчет о НИР (заключ.) / НАН Беларуси, Науч. центр пробл. мех. машин (НЦ ПММ НАНБ); рук. темы А.И. Якубович. – Минск, 2000. – 196 с. – № П 1335.

Summary

Tarasenko V.E., Zeshko A.A. 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

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.

Keywords: machine, diesel, weather server, card, temperature, geocoding, cooling system, refrigerating fluid, test, oil

References

1. Yakubovich A.I. Sistemi ohlajdeniya dvigatelei traktorov i avtomobilei. Konstrukciya teoriya proektirovanie / A.I. Yakubovich G.M. Kuharenok V.E. Tarasenko. – Minsk BNTU 2011. – 436 s.
2. Invariantnaya sistema jidkostnogo ohlajdeniya DVS so sledyaschim elektroprivodom ventilyatora obduva / I.P. Ksenevich [i dr.] // Traktori i selskohozyaistvennie mashini. – 2007. – №11. – S. 16–19.
3. Cummins Engine Compani Rev. 9/82, / Printed in U.S.A. Bulletin 3382685 Inc. – Columbus Indiana 47201. – 83 s.
4. Tarasenko V.E. Obespechenie temperaturnogo rejima sistemi ohlajdeniya dizelya selskohozyaistvennogo traktora sovershenstvovaniem jidkostnogo i vozdushnogo konturov dis. ... kand. tehn. nauk 05.05.03 / V. E. Tarasenko. – Minsk 2009. – 179 l.
5. Osnovnie polojeniya i prakticheskaya realizaciya sozdaniya tiporazmernogo ryada traktorov «BELARUS» opisaniye raboti / Proizv. obedin. «Minskii trakt. zavod»; ruk. raboti M.G. Meleshko. – Minsk 2006. – 385 s.
6. Informacionnoe soobschenie. Sistemi ohlajdeniya agregatov sovremennih traktorov / Ref. V.M. Volodin // Differencirovannoe obespechenie rukovodstva nauchno tehnicheckoi informaciei «DOR NТИ» // Profi technik. – 2005. – № 9. S. 76–79.
7. Napravleniya sovershenstvovaniya povisheniya teplovoi effektivnosti sistem ohlajdeniya visokoenergonasichennih traktorov otchet o NIR zaklyuch., / NAN Belarusi Nauch. centr probl. meh. mashin NC PMM NANB.; ruk. temi A.I. Yakubovich. – Minsk 2000. – 196 s. – № P 1335.