

УДК 621.87

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОЙ ПОДГОТОВКИ ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

Бородин Д.М., Конев В.В., Половников Е.В.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: konev@tsogu.ru

В связи с развитием освоения Крайнего Севера и Арктики расширяется использование строительной техники. Суровые климатические условия эксплуатации техники ограничивают ее использование. Несмотря на существующие разработки в области тепловой подготовки элементов гидропривода, отмечаются проблемы в эффективности их работы. В статье предложены возможные пути для автоматического управления тепловой подготовкой гидропривода строительной техники. Предлагается автоматизировать процесс тепловой подготовки гидропривода машин. Для этого разработана схема на основе системы утилизации тепла двигателя внутреннего сгорания, содержащая аналогово-цифровой преобразователь, контроллер, оперативное запоминающее устройство, драйверы, датчики температуры. Реализация предложенной схемы осуществлена в функциональной схеме автоматической системы управления прогревом рабочей жидкости выхлопными газами дизельного ДВС. Это позволяет повысить эффективность тепловой подготовки за счет оптимизации процесса (последовательность и продолжительность включения прогрева элементов гидропривода в зависимости от различных факторов). В результате снижаются затраты на тепловую подготовку, количество выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Ключевые слова: гидросистема, прогрев гидросистем, строительная машина, автоматическая система управления тепловой подготовкой, система тепловой подготовки

AUTOMATION SYSTEM OF THERMAL HYDRAULIC TRAINING ROAD CONSTRUCTION MACHINERY

Borodin D.M., Konev V.V., Polovnikov E.V.

*Federal State Educational Institution of Higher Education Tyumen Industrial University,
Tyumen, e-mail: konev@tsogu.ru*

In connection with the development of the development of the Far North and the Arctic, it is expanding the use of road-building machinery. Harsh climatic conditions limit the exploitation of technology its use. Despite the existing development in the field of preparation of heat elements hydraulically marked problems in their performance. The paper suggests possible ways to automatically control the thermal preparation of hydraulic drive road construction machinery. It is proposed to automate the process of preparation of the thermal hydraulic drive machines. For this purpose, a scheme based on the heat recovery system of an internal combustion engine, comprising an analog-digital converter, a controller, random access memory, drivers, temperature sensors. The implementation of the proposed scheme implemented in the function diagram of automatic heating of the working fluid control system of a diesel internal combustion engine exhaust gases. This improves thermal efficiency by optimizing the training process (sequence and duration of warming hydraulic drive switching elements, depending on various factors). As a result of reduced costs for thermal preparation, the amount of harmful emissions into the environment.

Keywords: hydraulics, heating hydraulics, construction and road machine, automatic control system of thermal preparation, thermal preparation system

В условиях активного освоения Крайнего Севера и Арктики используется большой парк строительной техники (СТМ) соответствующего климатического исполнения. При этом подрядными организациями, выигравшими тендеры на проведение работ на таких объектах, используются СТМ усреднённых условий эксплуатации, такая техника не рассчитана на эксплуатацию в суровых климатических условиях. Таким образом, для результативного и экономически оправданного использования этих машин для выполнения задач в условиях сурового климата необходимо принимать специальные меры, касающиеся тепловой подготовки данной техники [5, 10, 11, 13].

Работы в этом направлении в отечественной и мировой практике ведутся с 30-х годов

прошлого века. Основные значимые результаты этих работ достигнуты в области обеспечения тепловой подготовки дизельных ДВС СТМ и специальной техники. При этом известно, что на данный момент большинство СТМ являются гидрофицированными. Использование такой техники в этих районах сопряжено с определёнными трудностями. В последнее время ведущие фирмы, производящие СТМ, внесли в их гидросистемы ряд усовершенствований, повышающих надёжность, эргономичность, экономичность и экологичность техники.

Совершенствование гидропривода СТМ в настоящее время осуществляется комплексно. Идёт внедрение как инновационных конструкций гидропривода в целом, так и его элементов [2, 3, 7, 8]:

– аккумулярование энергии рабочей жидкости в гидропневмоаккумуляторах и ее передача в наиболее нагруженное время исполнительным элементам гидросистемы;

– повышение энергоэффективности гидропривода за счёт снижения гидравлических потерь в элементах гидропривода;

– введение систем пропорционального гидропривода;

– переход к использованию в качестве элементов гидропривода исполнительных механизмов элементов с ШИМ-управлением.

В целом данные направления проявляются уже на стадии проектирования гидропривода и особенно при производстве его элементов. Так технологии, применяемые, например, при производстве трубок для гидролиний, предусматривают отказ от сварочных операций, прочистку и особую обработку внутренних поверхностей трубок с целью повышения класса чистоты поверхностей, для снижения их сопротивления потоку жид-

кости. При этом снижаются общие энергозатраты всей системы гидропривода [12].

Развитие системы гидропривода осуществляется в направлении использования автоматических систем управления процессами работы СДМ. Это реализуется компаниями Bosch Rexroth (Load Sensing – чувствительные к нагрузке), HIOS III от Hitachi и Komatsu.

По сравнению с обычной, система с LS регулированием менее энергозатратна, а потерянная мощность такой системы зависит исключительно от перепада давления и подачи насоса. На рис. 1 представлен график затрачиваемой мощности обычной гидросистемы, а на рис. 2 – системы с LS-регулированием.

Из графика следует, что для преодоления нагрузки гидродвигателю необходимо рабочее давление в 10 МПа и поток рабочей жидкости 25 л/мин. Остальной поток жидкости, который нагнетает насос, дросселируется обратно в бак, и эта энергия расходуется без работы машины.

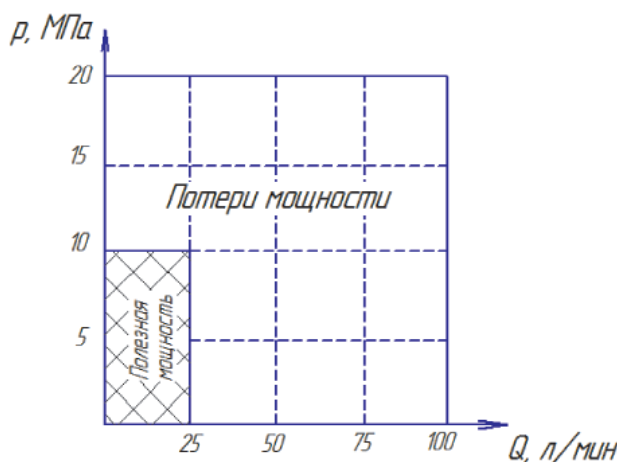


Рис. 1. График затрачиваемой мощности в обычной системе с дроссельным регулированием

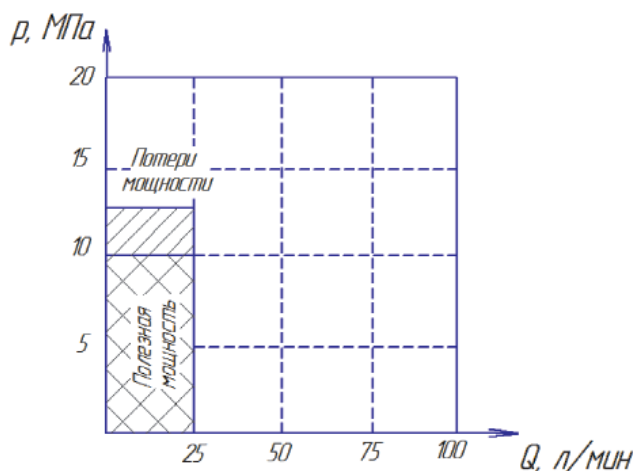


Рис. 2. График затрачиваемой мощности в гидросистеме с LS-регулированием

Из графика на рис. 2 видно, что при тех же нагрузках гидродвигателя насос подает столько рабочей жидкости, чтобы совершить полезную работу и компенсировать потери в гидросистеме. Использование пропорциональной системы регулирования позволяет рационально расходовать мощность машины.

Системы, используемые в гидроприводах СДМ, позволяют повысить их производительность. А также требуют минимального вмешательства в рабочий процесс оператора, так как все эти действия запрограммированы и фактически управление осуществляется бортовым компьютером. При этом возникают высокие требования к электронике данной машины и необходима высокая квалификация обслуживающего персонала.

Несмотря на все усовершенствования гидросистем, их работоспособность снижается при воздействии низких отрицательных температур окружающего воздуха. К основным причинам снижения работоспособности гидросистем СДМ относятся следующие:

- изменение посадок сопрягаемых деталей элементов гидропривода;
- повышение вязкости рабочей жидкости и, как следствие, рост рабочего давления в момент пуска гидросистемы;
- уменьшение эластичности уплотняющих элементов гидросистем и как следствие их повышенный износ в момент «холодного пуска»;
- проявление «хладноломкости металла», что в сочетании с повышенным давлением при «холодном пуске» часто приводит к отказу деталей гидропривода.

В связи с этим одним из важнейших направлений адаптации гидрофицированных СДМ к суровым условиям является тепловая подготовка их гидросистем. На сегодняшний день предложены и используются следующие способы тепловой подготовки гидропривода [2, 3, 4 6, 9, 11]:

- прогрев гидропривода СДМ перед началом работы под малой нагрузкой, последовательным включением всех ее элементов;
- дроссельный разогрев рабочей жидкости;
- прогрев гидробака выхлопными газами ДВС;
- электропрогрев рабочей жидкости;
- прогрев элементов гидропривода (локальный прогрев): охлаждающей жидкостью контура ДВС; утилизационным теплом выхлопных газов ДВС; использованием электроподогрева;
- сохранение тепла машины (выработанного в рабочую смену) в межсменном периоде с целью повышения температуры элементов гидропривода при пуске гидросистемы.

При использовании машинами систем тепловой подготовки гидропривода имеется

много потребителей тепла (гидробак, насос, исполнительные элементы, аппаратура регулирования, рукава высокого давления). Это приводит к необходимости определения очередности, продолжительности, интенсивности прогрева гидропривода. Возрастает число дополнительных операций, которые должен выполнить оператор перед пуском или во время самого пуска (открытие – закрытие клапанов, заслонок, включение – выключение электрических потребителей, одновременный контроль за показаниями нескольких приборов), что вызывает повышенную нагрузку на оператора такой машины.

Поэтому при исследовании способов тепловой подготовки гидропривода СДМ поставлена цель – оптимизация проводимых операций по тепловой подготовке и теплового процесса. Для этого предлагается автоматизировать процесс тепловой подготовки гидропривода. Это осуществляется с использованием предлагаемой системы. Автоматизация находит широкое применение в проектировании, расчетах и управлении различными системами [1, 2, 3]. Схема автоматизации системы тепловой подготовки гидропривода СДМ представлена на рис. 3.

Датчики температуры снимают информацию о температурах элементов гидропривода, в аналоговой форме информация поступает в модуль аналогово-цифрового преобразователя, где преобразуется в цифровую форму. После этого по цифровой шине оцифрованная информация поступает в контроллер, построенный на базе микроЭВМ, где полученная информация анализируется, обрабатывается и на основе этого вырабатываются управляющие сигналы. Сформированные управляющие сигналы, на выходе контроллера не способны напрямую управлять исполнительными элементами системы тепловой подготовки гидропривода, поэтому они сначала поступают на драйверы, где усиливаются и оптимизируются по форме и знаку. После этого такие сигналы могут управлять элементами и системами тепловой подготовки элементов гидропривода. Функциональная схема автоматической системы управления (СУ) прогревом рабочей жидкости выхлопными газами дизельного ДВС представлена на рис. 4.

Регулировка процесса теплообмена между отработавшими газами и рабочей жидкостью осуществляется заслонкой, направляющей отработавшие газы в теплообменник. Заслонка U_p на выходе драйверного каскада 4 и передаваемого этим каскадом на вход усилителя мощности (УМ). Напряжение U_p на выходе драйверного каскада в свою очередь пропорционально разности

заданного контроллером напряжения U_3 и напряжения U_θ , пропорционального температуре рабочей жидкости в малом гидробаке над теплообменником, которая измеря-

ется датчиком температуры, находящимся непосредственно в толще рабочей жидкости. Температурный сигнал от термодатчика усиливается усилителем сигнала 11.

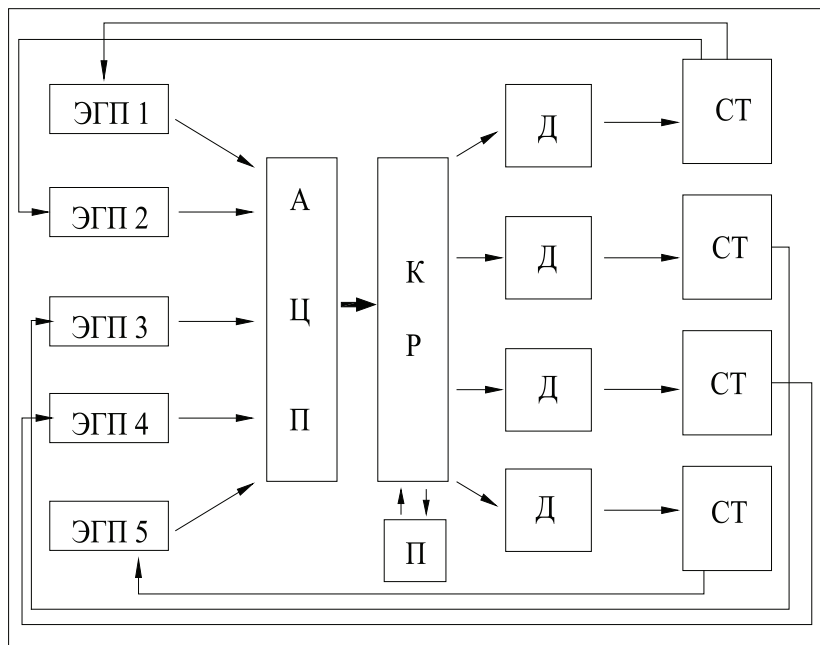


Рис. 3. Схема автоматизации системы тепловой подготовки гидропривода строительной или дорожной машины:

ЭГП1-ЭГП5 – элементы гидропривода; АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; КР – контроллер; П – оперативное запоминающее устройство; Д – драйверы; СТ – элементы системы тепловой подготовки гидропривода

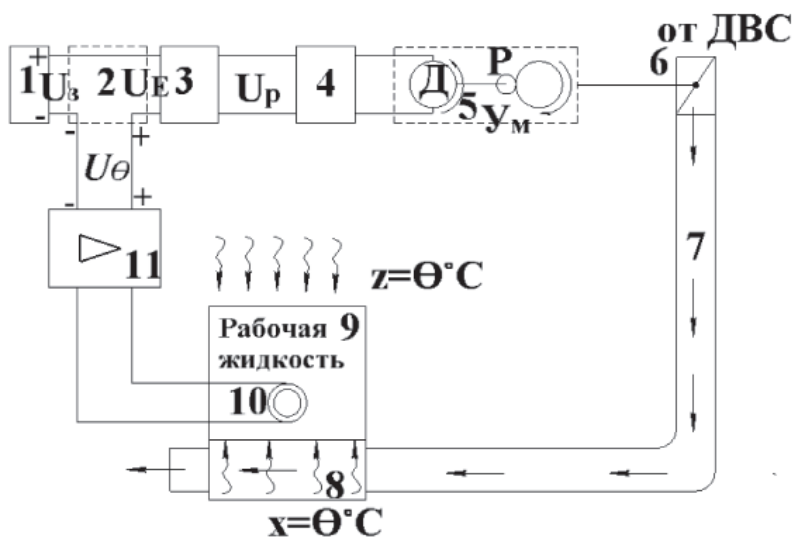


Рис. 4. Функциональная схема автоматической системы управления прогревом рабочей жидкости выхлопными газами дизельного ДВС:

← – путь отработавших газов; ← – теплопередача; Д – электродвигатель; Р – редуктор; У_м – усилитель мощности; X – теплопередача от выхлопных газов – рабочей жидкости; Z – теплоотдача рабочей жидкости – окружающей среде; 1 – контроллер; 2 – компаратор; 3 – регулирующее устройство; 4 – драйвер; 5 – исполнительный механизм; 6 – заслонка; 7 – путь выхлопных газов ДВС; 8 – теплообменник; 9 – бак с рабочей жидкостью; 10 – термодатчик; 11 – сигнальный усилитель

Когда температура рабочей жидкости изменится относительно значения, заданного контроллером, компаратор формирует сигнал рассогласования U_E соответствующей величины и знака, в конечном итоге этот сигнал приводит к вращению электродвигатель (Д), редуктор и заслонку посредством редуктора (Р) на соответствующую величину и в соответствующем направлении. Происходит открытие или закрытие заслонки с разным расходом отработавших газов ДВС. Это соответственно увеличивает или уменьшает поступление отработавших газов в теплообменник. Таким образом происходит регулировка поступления выхлопных газов в теплообменник гидробака и количества теплоты, передаваемой от газов к рабочей жидкости. Температурное воздействие газов на рабочую жидкость – X, теплоотдача жидкости в окружающую среду – Z.

Таким образом, предлагается автоматизировать процесс тепловой подготовки гидропривода СДМ с целью оптимизации процесса тепловой подготовки в соответствии с влиянием внешних факторов, а также увеличения ресурса элементов гидропривода, снижения затрат времени и топлива. Установка предложенной системы позволит уменьшить время прогрева гидросистемы и снизить выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Список литературы

1. Анцев В.Ю., Толоконников А.С., Горынин А.Д. Автоматизация расчета рисков возникновения отказов грузоподъемных кранов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 7–1. – С. 214–220.
2. Вашуркин И.О. Тепловая подготовка строительных машин в условиях сурового климата. – СПб.: Наука, 2005. – 238 с.
3. Карнаухов Н.Н. Приспособление строительных машин к условиям Российского Севера и Сибири. – М.: Недра, 1994. – 351 с.
4. Карнаухов Н.Н., Конеv В.В., Разуваев А.А., Юринов Ю.В. Система предпусковой тепловой подготовки ДВС и гидропривода: пат. 2258153 Рос. Федерация: МПК7 F02N 17/06 / заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ. – № 2004104477/06; заявл. 16.02.2004; опубл. 10.08.2005, Бюл. № 22.
5. Карнаухов Н.Н., Конеv В.В., Закирзаков Г.Г. Система предпусковой тепловой подготовки двигателя внутреннего сгорания: пат. 2211943 Рос. Федерация: МПК7 F02N 17/06; заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ. – № 2001128475/06, заявл. 19.10.2001 г. опубл. 10.09.2003.
6. Карнаухов Н.Н., Вашуркин И.О., Конеv В.В., Мерданов Ш.М., Юринов Ю.В. Система тепловой подготовки гидропривода: пат. № 47985 Рос. Федерация: МПК7 F02N 17/04; заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ. – № 2004110680/06, заявл. 7 апреля 2004 г. опубл. 10.09.2005, Бюл. № 25.
7. Конеv В.В., Куруч С.В. Гидродвигатель: пат. 94649 Рос. Федерация: МПК F15B 21/04 / заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ. – № 2008140577/22; заявл. 13.10.2008; опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15.
8. Конеv В.В., Райшев Д.В., Куруч С.В.; Гидроцилиндр: пат. № 2351810 пат. Рос. Федерация: МПК7 F15B 21/04. / заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ. – № 2007142644/06, заявл. 19 ноября 2007 г., опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.
9. Конеv В.В., Сербренников А.А., Бородин Д.М., Половников Е.В., Саудаханов Р.И. Модернизация гидропривода строительного-дорожных машин для северных условий экс-

плуатации // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: science-education.ru/121-17422.

10. Конеv В.В. Совершенствование системы предпусковой тепловой подготовки двигателя землеройной машины (на примере двигателя экскаватора ЭО-4121А): дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – Тюмень, 2002. – 137 с.

11. Свод правил по проектированию и строительству СП 12-104-2002 – «Механизация строительства. Эксплуатация строительных машин в зимний период» (одобрен постановлением Госстроя РФ от 27 февраля 2003 г. № 25).

12. Слюсаренко В.В., Русинов А.В. Пути повышения использования энергонасыщенных тракторов в сельскохозяйственном производстве // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения профессора Александра Григорьевича Рыбалко. – 2006. – С. 110–113.

13. Merdanov Sh., Konev V., Sozonov S., Experimental research planning heat training hydraulic motors: Scientific enquiry in the contemporary, world: theoretical basics and innovative approach, Vol. 5. – Technical Sciences. Research articles, B&M Publishing (San Francisco, California, USA) 2014. – pp.113-117.

References

1. Ancev V.YU., Tolokonnikov A.S., Gorynin A.D. Avtomatizaciya rascheta riskov vozniknoveniya otkazov gruzopodnyh kranov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2013. no. 7–1. pp. 214–220.
2. Vashurkin I.O. Teplovaya podgotovka stroitelnyh mashin v usloviyah surovogo klimata. SPb.: Nauka, 2005. 238 p.
3. Karnauhov N.N. Prispособienie stroitelnyh mashin k usloviyam Rossijskogo Severa i Sibiri. M.: Nedra, 1994. 351 p.
4. Karnauhov N.N., Konev V.V., Razuvaev A.A., YUrinov Yu.V. Sistema predpuskovoj teplovoj podgotovki DVS i gidroprivoda: pat. 2258153 Ros. Federaciya: MПК7 F02N 17/06. / zavayitel i patentoobladatel TyumGNGU. no. 2004104477/06; zavayvl. 16.02.2004; opubl. 10.08.2005, Byul. no. 22.
5. Karnauhov N.N., Konev V.V., Zakirzakov G.G. Sistema predpuskovoj teplovoj podgotovki dvigatelya vnutrennego sgoraniya: pat. 2211943 Ros. Federaciya: MПК7 F02N 17/06; zavayitel i patentoobladatel TyumGNGU. – no. 2001128475/06, zavayvl. 19.10.2001 g. opubl. 10.09.2003.
6. Karnauhov N.N., Vashurkin I.O., Konev V.V., Merdanov Sh.M., YUrinov YU.V. Sistema teplovoj podgotovki gidroprivoda: pat. no. 47985 Ros. Federaciya: MПК7 F02N 17/04; zavayitel i patentoobladatel TyumGNGU. no. 2004110680/06, zavayvl. 7 aprelya 2004 g. opubl. 10.09.2005, Byul. no. 25.
7. Konev V.V., Kuruch S.V. Gidrodvigatel: pat. 94649 Ros. Federaciya: MПК F15B 21/04 / zavayitel i patentoobladatel TyumGNGU. no. 2008140577/22; zavayvl. 13.10.2008; opubl. 27.05.2010, Byul. no. 15.
8. Konev V.V., Rajshev D.V., Kuruch S.V.; Gidrocilindr: pat. no. 2351810 pat. Ros. Federaciya: MПК7 F15B 21/04. / zavayitel i patentoobladatel TyumGNGU. no. 2007142644/06, zavayvl. 19 noyabrya 2007 g., opubl. 10.04.2009, Byul. no. 10.
9. Konev V.V., Serebrennikov A.A., Borodin D.M., Polovnikov E.V., Saudahanov R.I. Modernizaciya gidroprivoda stroitelno-dorozhnyh mashin dlya severnyh uslovij ehkspluatcii // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015, no. 1 URL: science-education.ru/121-17422.
10. Konev V.V. Sovershenstvovanie sistemy predpuskovoj teplovoj podgotovki dvigatelya zemlerojnoj mashiny (na primere dvigatelya ehkskavatora EHO-4121A): dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tekhn. nauk: 05.05.04. Tyumen, 2002. 137 p.
11. Svod pravil po proektirovaniyu i stroitelstvu SP 12-104-2002 – «Mekhanizaciya stroitelstva. EHkspluatciya stroitelnyh mashin v zimnij period» (odobren postanovleniem Gosstroya RF ot 27 fevralya 2003 g. no. 25).
12. Slyusarenko V.V., Rusinov A.V. Puti povysheniya ispolzovaniya ehnergonasyschennyh traktorov v selskhozaystvennom proizvodstve // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 70-letiyu so dnya rozhdeniya professora Aleksandra Grigorevicha Rybalko 2006. pp. 110–113.
13. Merdanov Sh., Konev V., Sozonov S., Experimental research planning heat training hydraulic motors: Scientific enquiry in the contemporary, world: theoretical basics and innovative approach, Vol. 5. Technical Sciences. Research articles, B&M Publishing (San Francisco, California, USA) 2014. pp. 113–117.