

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДГОТОВКОЙ И ПУСКОМ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ НА ВОЕННЫХ МАШИНАХ С ДИЗЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ СЕМЕЙСТВА ЗТД

1. Введение. Необходимость контроля большого количества параметров при выполнении пуска дизельного двигателя (ДД), правильность выбора способа пуска при соответствующих климатических условиях и имеющемся запасе энергии в системе пуска, а также сложность выполнения операций предпусковой подготовки и пуска ведут к появлению ошибок в процессе выполнения пуска двигателя, особенно у неопытных водителей. Данные ошибки приводят к увеличению длительности времени пуска, уменьшению ресурса работы ДД и пусковых устройств (ПУ). Поэтому научно-технические работы, направленные на совершенствование конструкций систем предпусковой подготовки, пуска и входящих в них устройств, а также выполнение автоматизации этих систем и устройств не теряют своей актуальности. В результате проведения данных работ на транспортных машинах разного назначения появились системы автоматического и дистанционного пуска двигателя, системы интеллектуального доступа в машину и пуска двигателя без ключа, СТОП-СТАРТ системы.

2. Анализ последних достижений и публикаций.

На силовых установках с двухтактным ДД семейства ЗТД установлены две подсистемы пуска: электрическая и сжатым воздухом [1]. Каждая из этих подсистем может применяться независимо одна от другой или одновременно при выполнении комбинированного пуска. Источником энергии в подсистеме электрического пуска являются аккумуляторные батареи, а в подсистеме пуска сжатым воздухом – воздушные баллоны. Запас электрической энергии в аккумуляторных батареях гораздо больше в сравнении с запасом пневматической энергии в воздушных баллонах. По этой причине подсистема электрического пуска является основной, а подсистема пуска сжатым воздухом вспомогательной и применяется в случаях, когда аккумуляторные батареи разряжены выше нормы. Также комбинированный пуск двигателя применяется как основной при низких или отрицательных температурах окружающей среды.

ДД семейства ЗТД начинают работать устойчиво при высокой частоте вращения коленчатых валов в диапазоне от 900 до 1000 об/мин [2]. ПУ должно обеспечить вращение коленчатых валов с частотой, достаточной для начала, развития процессов образования, воспламенения, сгорания топливовоздушной смеси, и способствовать выходу двигателя на устойчивый режим самостоятельной работы. Эта частота должна достигать величин 270...350 об/мин, в зависимости от теплового состояния деталей силовой установки и температуры окружающей среды. При пусковых частотах вращения коленчатых валов ниже указанных значений становится более продолжительным процесс сжатия. В результате этого увеличивается теплопередача в холодные стенки цилиндров, давление и температура в конце сжатия в этом случае меньше чем в случае с более высокими частотами вращения, что ухудшает условия воспламенения смеси и распространения пламени.

Ухудшение условий смесеобразования при пуске ДД приводит к необходимости увеличения пусковых оборотов коленчатых валов. При этом ПУ преодолевает моменты сил трения поршней в цилиндрах, в подшипниках коленчатых валов, в кинематических парах деталей приводов всех навесных агрегатов на двигателе, момент, создаваемый при сжатии воздуха в цилиндрах, момент тангенциальных сил инерции вращающихся масс [3].

Момент сил трения зависит от вязкости моторного масла, которая уменьшается с увеличением температуры, и конструктивных особенностей силовой установки. Момент сопротивления сжатию воздуха обусловлен разностью работ сжатия и расширения в цилиндрах двигателя, и учитывается только в течение первых оборотов коленчатых валов. Момент тангенциальных сил инерции вращающихся масс зависит от размеров вращающихся деталей и уменьшается по мере их разгона. Поэтому для уменьшения суммарного момента сопротивления вращению коленчатых валов при низких и отрицательных температурах окружающей среды и увеличения температуры заряда топливовоздушной смеси на ДД семейства ЗТД применяют следующие устройства облегчения пуска: подогреватель, свечи накаливания, а также систему автономного факельного подогрева [2]. Все эти устройства и системы облегчения пуска работают независимо друг от друга и функционально взаимно дополняются.

Подогреватель нагревает охлаждающую жидкость (ОЖ) перед пуском и на стоянках при низких и отрицательных температурах, а также разогревает масло в баке системы смазки двигателя.

Свечи накаливания устанавливаются в каждом цилиндре двигателя и применяются для подогрева воздуха на такте впуска рабочей смеси при выполнении пуска.

Система автономного факельного подогрева применяется при каждом пуске двигателя для повышения температуры воздушного заряда в конце такта сжатия за счет подогрева воздуха в верхнем воздушном ресивере двигателя.

Таким образом, только синхронная и согласованная работа всех устройств и системы облегчения пуска, а также систем электрического пуска и пуска сжатым воздухом обеспечивают быстрый и надежный пуск ДД семейства ЗТД и регламентированный ресурс их работы.

3. Цель и постановка задачи. Целью настоящей работы является проведение анализа протекания процессов предпусковой подготовки и пуска двигателей семейства ЗТД. Определение возможности внедрения автоматической системы управления предпусковой подготовкой и пуском силовой установки на военных машинах с двухтактным ДД семейства ЗТД и обоснование необходимости ее применения.

4. Основная часть. Система предпусковой подготовки и пуска силовой установки на колесных и гусеничных военных машинах с двухтактным ДД семейства ЗТД состоит из устройств облегчения пуска, системы автономного факельного подогрева и двух подсистем пуска. Ее структурная схема представлена на рис.1. Она имеет четыре режима работы:

- подготовка двигателя к пуску при температуре ОЖ более 5°C;
- подготовка двигателя к пуску при температуре ОЖ менее 5°C;
- выполнение электрического пуска двигателя;
- выполнение комбинированного пуска двигателя.

Рассмотрим особенности каждого из режимов работы системы предпусковой подготовки и пуска и проанализируем сложность выполнения операций в них.

При выполнении подготовки двигателя к пуску при температуре ОЖ более 5°C водитель включает выключатель аккумуляторных батарей, открывает кран системы автономного факельного подогрева, удаляет воздух из топливной системы с помощью ручного подкачивающего насоса и обеспечивает подачу топлива к топливным насосам высокого давления включением топливного центробежного насоса (ТЦН).

Далее водитель обеспечивает повышение давления масла в системе смазки двигателя не менее чем до 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) с помощью маслозакачивающего насоса (включается при нажатой кнопке МЗН) и обеспечивает заполнение сервомотора всережимного регулятора двигателя маслом путем нажатия-отпускания педали подачи топлива до упора и обратно с выдержкой 3...5 секунд в крайних положениях.

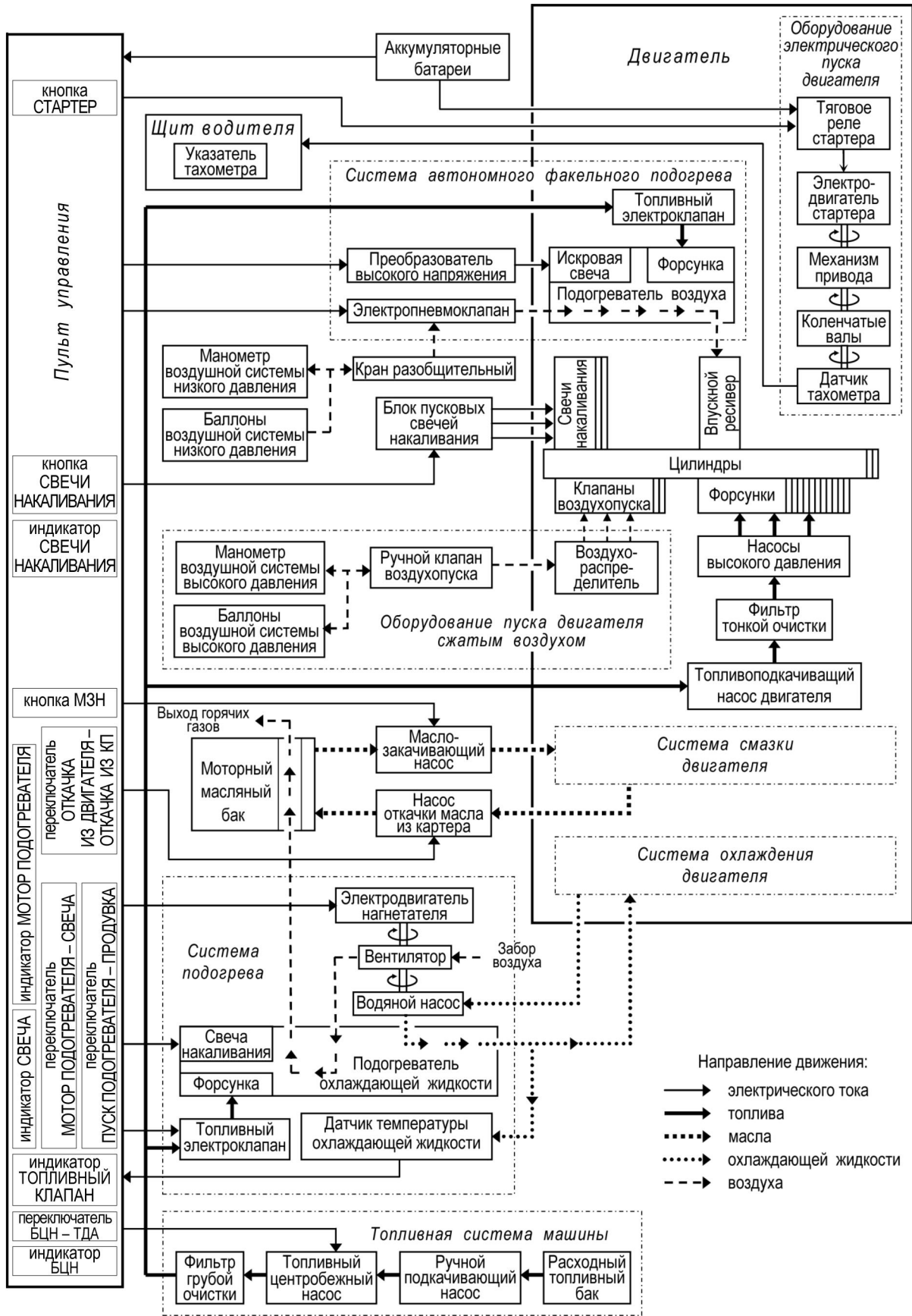


Рис. 1. Структурная схема системы предпусковой подготовки и пуска для дизельного двигателя семейства 3ТД

За 20...30 секунд до пуску двигателя водитель должен включить свечи накаливания для их разогрева. В результате двигатель подготовлен к пуску.

В случае выполнения подготовки двигателя к пуску при температуре ОЖ менее 5°C, перед тем как включать маслозакачивающий насос для повышения давления в системе смазки двигателя, водитель должен выполнить пуск подогревателя и прогреть ОЖ и масло. Для этого необходимо вывернуть пробку на трубе выпускных газов подогревателя, включить свечу накаливания подогревателя, установив переключатель МОТОР ПОДОГРЕВАТЕЛЯ – СВЕЧА в положение СВЕЧА. Через 2...3 минуты, после ее включения, необходимо включить БЦН, перевести переключатель ПУСК ПОДОГРЕВАТЕЛЯ – ПРОДУВКА в положение ПУСК ПОДОГРЕВАТЕЛЯ, в результате чего откроется электромагнитный клапан подачи топлива в подогреватель, ТЦН переключится в форсированный режим и включится на пониженной частоте вращения мотор подогревателя.

После начала устойчивого горения в камере сгорания подогревателя водителю необходимо выключить свечу, переведя переключатель МОТОР ПОДОГРЕВАТЕЛЯ – СВЕЧА из положения СВЕЧА в положение МОТОР ПОДОГРЕВАТЕЛЯ.

Затем необходимо переключатель ПУСК ПОДОГРЕВАТЕЛЯ – ПРОДУВКА перевести в нейтральное положение, в результате чего ТЦН переключается в нормальный режим работы, а мотор подогревателя – на повышенную частоту вращения.

Работа подогревателя должна длиться до достижения температуры ОЖ значения 75°C. Для прекращения работы подогревателя для удаления остатков продуктов горения водителю необходимо кратковременно перевести переключатель ПУСК ПОДОГРЕВАТЕЛЯ – ПРОДУВКА в положение ПРОДУВКА, при этом закроется электромагнитный клапан подачи топлива в подогреватель. Для прекращения продувки (через 60 с) необходимо выключить мотор подогревателя, переведя в нейтральное положение переключатель МОТОР ПОДОГРЕВАТЕЛЯ – СВЕЧА.

При достижении температуры ОЖ значений 110...115°C срабатывает датчик отключения подогревателя, при этом подогреватель автоматически переходит в режим продувки.

Для контроля состояния переключателей предусмотрены четыре светодиодных индикатора.

При температурах окружающего воздуха ниже минус 30°C выполняют двойной разогрев узлов и деталей двигателя. При этом после выполнения первого разогрева делают выдержку до 5 минут с целью отдачи тепла узлам и деталям двигателя и вторично выполняют разогрев ОЖ до температуры 75°C.

Для выполнения электрического пуска двигателя после его подготовки к пуску водителю необходимо нажать и удерживать кнопку СТАРТЕР (при этом включается также маслозакачивающий насос). При этом водитель должен следить за временем работы стартера. Это связано с тем, что режим работы стартера кратковременный. В случае продолжительной его работы при тяжелых пусках двигателя стартер может перегреться и выйти из строя из-за протекания через его обмотки большого тока.

Допускаются следующие режимы включения стартера на двигателях семейства ЗТД:

- продолжительность одного включения не более 7 секунд, при этом включать стартер не более трех раз подряд с интервалом между включениями не менее 15 секунд;
- продолжительность одного включения до 15 секунд, при этом включать стартер не более двух раз подряд с интервалом между включениями не менее 15 секунд;

– продолжительность одного включения не более 30 секунд при температуре ОЖ не выше 20°C.

Если двигатель не пустился, то повторный его пуск выполняют через 5 минут. При этом перед повторной попыткой пуска двигателя водителю необходимо выполнить откачку масла из картера двигателя в течение 30...40 секунд включением насоса откачки масла из картера двигателя. Это делают для того, чтобы предотвратить выброс масла через ресивер системы выпуска отработавших газов в момент повторного пуска двигателя и догорание масла в газоходе при работающем двигателе, а также прогорание поршневых колец из-за избытка масла в двигателе.

После двух неудачных попыток пуска двигателя водителю необходимо установить причину неисправности и устранить ее. В противном случае последующие попытки пуска двигателя приводят к повышению износа, как ПУ, так и деталей двигателя.

При выполнении комбинированного пуска двигателя после его подготовки к пуску водитель должен открыть вентили баллонов воздушной системы высокого давления. Величина давления воздуха в баллонах должна быть не менее 7,0 МПа (70 кгс/см²) при температуре окружающего воздуха более 5°C и не менее 9,0 МПа (90 кгс/см²) при температуре окружающего воздуха ниже 5°C. После этого необходимо нажать кнопку СТАРТЕР и через 1...2 секунды нажать рычаг на клапане воздухопуска воздушной системы высокого давления. При этом в процессе работы стартера рычаг воздухопуска необходимо нажимать 1...4 раза по 2 секунды с интервалом между нажатиями 7 секунд. В этом случае заряда воздуха в баллонах хватает на выполнение 6...8 пусков двигателя.

Неправильное или несвоевременное применение подсистемы пуска сжатым воздухом приводит к неэффективному спусканию заряда воздуха. В результате этого для выполнения повторной попытки пуска двигателя необходимо предварительно зарядить воздушные баллоны от компрессора высокого давления внешнего устройства.

Как только двигатель начал работать, т.е. вышел на устойчивый режим самостоятельной работы, водитель должен отпустить кнопку СТАРТЕР и не нажимать рычаг воздухопуска. После этого установить частоту вращения коленчатых валов двигателя в диапазоне 1200...1400 мин⁻¹ для его прогрева до температуры ОЖ и масла 15...20°C и закрыть вентили баллонов воздушной системы высокого давления и выключить ТЦН (при работе на дизельном топливе). Затем повысить частоту вращения коленчатых валов до 2000 мин⁻¹ для выполнения быстрого прогрева двигателя до температуры ОЖ и масла до 50°C. При этой температуре разрешается движение машины на низших передачах. При достижении температуры ОЖ и масла двигателя значения 75°C и более частоту вращения коленчатых валов устанавливают в диапазоне 900...1000 мин⁻¹, который соответствует минимальной устойчивой частоте вращения коленчатых валов при работе на холостом ходу [2]. В этом случае движение машины разрешается на всех передачах. Контроль работы двигателя водитель выполняет по контрольно-измерительным приборам и мнемоническим сигнализаторам на щите водителя.

Также следует отметить, что перед выполнением пуска двигателя и в процессе его работы водителю необходимо постоянно следить за сигнализаторами потери ОЖ, превышения ее максимальной температуры и исправности системы смазки двигателя, которые находятся на щите водителя. В случае снижения уровня ОЖ или масла двигателя меньше минимально допустимого значения, достижения или превышения максимальной температуры ОЖ, а также выхода из строя нагнетающего масляного насоса

соответствующие сигнализаторы подсвечиваются красным светом. При этом пуск двигателя или дальнейшая его работа запрещены.

В результате выше сказанного видно что, автоматизация процессов выполнения предпусковой подготовки, пуска двигателя семейства ЗТД и его прогрева позволит обеспечить надежный пуск двигателя и уменьшить вероятность выхода из строя устройств облегчения пуска, стартера, а также узлов и деталей двигателя.

Анализ структурной схемы системы предпусковой подготовки и пуска ДД семейства ЗТД (см. рис. 1) показал, что имеющиеся исполнительные устройства в данной системе электромеханического типа, датчики выдают электрические информационные сигналы. Поэтому автоматизацию данной системы целесообразно выполнить путем разработки и внедрения в неё электронного блока управления, построенного на основе микроконтроллера. Единственным существенным препятствием для выполнения разработки электронной системы автоматического управления предпусковой подготовкой и пуском силовой установки с ДД семейства ЗТД является наличие механического привода педали подачи топлива. Поэтому для обеспечения заполнения сервомотора всережимного регулятора маслом перед пуском двигателя и автоматического задания требуемых частот вращения коленчатых валов после выполнения пуска двигателя необходима разработка и внедрение для двигателей семейства ЗТД электромеханического привода педали подачи топлива, управляемого от электронного блока управления или электронного всережимного регулятора с электронной педалью подачи топлива.

Еще одним преимуществом применения электронной системы автоматического управления предпусковой подготовкой и пуском силовой установки с ДД семейства ЗТД является уменьшение времени, затрачиваемого экипажем военной машины на приведение её в боевую готовность при включении данной системы дистанционно по радиоканалу. В этом случае время, которое будет затрачено экипажем машины на личные сборы, преодоление расстояния до места расположения машины и посадку в неё будет уже использоваться электронной автоматической системой на выполнение операций по подготовке, пуску и прогреву двигателя силовой установки. Также в холодное время года в дежурном режиме данная система сможет автоматически поддерживать минимально допустимую рабочую температуру узлов и деталей двигателя посредством управления работой подогревателя для обеспечения быстрого и надежного пуска двигателя силовой установки.

Выводы.

Проведенный анализ протекания процессов предпусковой подготовки, пуска и прогрева двигателей семейства ЗТД, а также конструкции системы предпусковой подготовки и пуска, и взаимодействия входящих в неё устройств и подсистем показал:

1. Внедрение на военных машинах электронной системы автоматического управления предпусковой подготовкой и пуском силовой установки с ДД ЗТД позволит упростить водителю выполнение операций по пуску двигателя, обеспечить быстрый и надежный его пуск, регламентированный ресурс работы исполнительных устройств системы предпусковой подготовки и пуска, а также узлов и деталей двигателя.

2. Для выполнения разработки данной системы необходимо выполнить разработку и внедрение для двигателей семейства ЗТД электромеханического привода педали подачи топлива, управляемого от электронного блока управления или электронного всережимного регулятора с электронной педалью подачи топлива.

Литература: 1. Бобер А.В. Сравнительная оценка силовых установок БТР-4 с различными двигателями / А.В. Бобер, В.А. Зарянов, С.Г. Крот, В.А. Кузьминский, Федянин А.В. // *Механика та машинобудування*. – 2014. – №1. – С. 58–67. 2. Алехин С.А. Двигатель 3ТД Техническое описание / С.А. Алехин, Е.Н. Овчаров – Харьков: ХКБД, 2008. – 144с. 3. Рязанцев Н.К. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин. Учебное пособие. Часть 2. – Харьков: ИСДО, 1999. – 388с.

Bibliography (transliterated) 1. Bober A.V. Sravnitel'naya ocenka silovyh ustanovok BTR-4 s razlichnymi dvigatelyami / A.V. Bober, V.A. Zaryanov, S.G. Krot, V.A. Kuz'minskij, Fedyanin A.V. // *Mekhanika ta mashinobuduvannya*. – 2014. – №1. – S. 58–67. 2. Alekhin S.A. Dvigatel' 3TD Tekhnicheskoe opisanie / S.A. Alekhin, E.N. Ovcharov – Har'kov: HKBD, 2008. – 144s. 3. Ryzancev N.K. Konstrukciya forsirovannyh dvigatelej nazemnyh transportnyh mashin. Uchebnoe posobie. CHast' 2. – Har'kov: ISDO, 1999. – 388s.

Гужва Ю.М., Стрїмовський С.В., канд. тех. наук; Безлепкін О.А., Бадекін О.А., Рудчук Ю.В.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕДПУСКОВОЮ ПІДГОТОВКОЮ І ПУСКОМ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ НА ВІЙСЬКОВИХ МАШИНАХ З ДИЗЕЛЬНИМ ДВИГУНОМ СІМЕЙСТВА 3ТД

У статті виконано аналіз протікання процесів передпускової підготовки, пуску і прогріву двигуна сімейства 3ТД, а також конструкції системи передпускової підготовки і пуску. Визначено можливості впровадження на військових машинах електронної системи автоматичного керування передпусковою підготовкою і пуском силової установки з дизельним двигуном сімейства 3ТД та обґрунтовано необхідність її застосування.

Гужва Ю.М., Стрїмовский С.В., канд. тех. наук; Безлепкин А.А., Бадекин А.А., Рудчук Ю.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДГОТОВКОЙ И ПУСКОМ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ НА ВОЕННЫХ МАШИНАХ С ДИЗЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ СЕМЕЙСТВА 3ТД

В статье выполнен анализ протекания процессов предпусковой подготовки, пуска и прогрева двигателя семейства 3ТД, а также конструкции системы предпусковой подготовки и пуска. Определены возможности внедрения на военных машинах электронной системы автоматического управления предпусковой подготовкой и пуском силовой установки с дизельным двигателем семейства 3ТД и обоснована необходимость ее применения.

Guzhva U.M., Strimovskiy S.V., cand. tech. sci.; Bezlepkin A.A., Badekin A.A., Rudchuk U.V.

PROSPECTS OF INTRODUCTION THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM ON PRESTARTING PREPARATION AND START-UP OF A POWER-PLANT BY MILITARY VEHICLES WITH THE DIESEL ENGINE OF MODEL 3TD

In article the analysis of processes flow the prestarting preparation, start-up and warming-up the engine of model 3TD, and also designs of system the prestarting preparation and start-up is executed. Opportunities of introduction by military vehicles the electronic automatic control system by prestarting preparation and start-up of a power-plant with the diesel engine of model 3TD are determined and necessity of its application is proved.