

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОЦЕССА ЗАПУСКА ПОДОГРЕВАТЕЛЯ НА ТАНКЕ Т-72 В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

В представленной работе дано обоснование необходимости установки на объекты бронетанковой техники системы программного процесса запуска подогревателя. Сделан анализ имеющихся на сегодняшний день работ по этой тематике. Определены основные, по мнению авторов, недостатки, имеющиеся в предложенных подходах к решению проблемы. В статье предложено техническое решение, позволяющее максимально снизить участие механика-водителя в предпусковой подготовке танкового двигателя. Сделан прогноз на дальнейшее совершенствование разработанной системы, позволяющее существенно поднять уровень боеготовности воинских частей.

**Ключевые слова:** предпусковая подготовка двигателя, микроконтроллер, блок управления, исполнительный механизм, подогреватель, боевая готовность, условия низких температур.

В соответствии с положениями военной доктрины Российской Федерации [1], одной из главных основных внешних военных опасностей является наращивание силового потенциала Организации Североатлантического договора (НАТО) и наделение ее глобальными функциями, реализуемыми в нарушение норм международного права, приближение военной инфраструктуры стран — членов НАТО к границам Российской Федерации, в том числе путем дальнейшего расширения блока.

Исходя из этого, в доктрине определены основные военные угрозы, среди которых резкое обострение военно-политической обстановки (межгосударственных отношений) и создание условий для применения военной силы.

Кроме того, Военная доктрина определяет характерные черты и особенности современных военных конфликтов. Одной из них является сокращение временных параметров подготовки к ведению военных действий.

Все это накладывает на части (подразделения) Вооруженных сил РФ огромную ответственность за поддержание высокой боевой готовности, которая заключается в способности частей (подразделений) в любое время, в любых условиях обстановки организованно, в установленные сроки приступить к выполнению поставленных задач и успешно их реализовывать.

Постоянная боевая готовность достигается четким планированием и выполнением комплекса мероприятий, в том числе направленных на поддержание вооружения и военной техники в готовности к немедленному применению [2]. В первую очередь

это относится к частям постоянной боевой готовности.

Каждая воинская часть имеет определенные временные нормативы подготовки к выходу и выход техники подразделений (частей) из пунктов постоянной дислокации для выполнения задач, поставленных командованием.

Временные показатели зависят от различных факторов: климатической зоны, в которой дислоцируется воинская часть; текущего времени года; типа и технического состояния боевой техники, состоящей на вооружении, и т.д.

Несмотря на утвержденные временные показатели, каждый командир подразделения (части) должен стремиться к их сокращению с целью выполнения поставленной задачи в кратчайшие сроки.

Бронетанковая техника, состоящая на вооружении воинских частей, оснащается в основном дизельными двигателями. При всех своих преимуществах дизельные двигатели имеют один существенный недостаток — затрудненный пуск в условиях низких температур окружающего воздуха.

Принцип работы дизельного двигателя заключается в самовоспламенении топливовоздушной смеси, образующейся при смешивании в цилиндрах распыленного топлива и разогретого до 700–900 °С воздуха в конце такта сжатия. Очевидно, что чем выше начальная температура воздуха в цилиндрах двигателя, тем легче запустить дизельный двигатель [3]. Именно поэтому для облегчения запуска при низких температурах окружающего воздуха на объектах бронетанковой техники устанавливается система подогрева двигателя. Основным эле-

ментом системы является предпусковой подогреватель.

При получении сигнала о приведении воинской части в различные степени боевой готовности одними из первых в парк прибывают механики-водители для выполнения работ по подготовке техники к выходу.

По прибытии в парк они обязаны открыть ворота хранилища техники, выполнить укладку буксирных тросов на штатные места, проверить крепление имущества снаружи танка, выполнить работы в объеме контрольного осмотра танка, запустить двигатель. В условиях низких температур окружающего воздуха необходимо предварительно запустить подогреватель.

Алгоритм запуска подогревателя осуществляется в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации танка [4], включает в себя последовательное выполнение следующих действий:

- открыть крышку лючка выпуска продуктов сгорания и установить специальный козырёк, предохраняющий резиновые шины пятого и шестого опорных катков от воздействия выпускных газов;
- открыть топливный кран подогревателя;
- включить выключатель батарей;
- установить топливораспределительный кран в положение «БАКИ ВКЛЮЧЕНЫ»;
- прокачать систему питания топливом насосом РНМ-1 или включить насос БЦН;
- установить переключатель «СВЕЧА-МОТОР» в положение «СВЕЧА» и удерживать его 1–2 мин., а при температуре окружающего воздуха ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  — 3–4 мин.;
- включить и удерживать до воспламенения топлива выключатель «ПУСК МОТОРА»;
- при воспламенении топлива перевести переключатель «СВЕЧА-МОТОР» в положение «МОТОР». При устойчивой работе подогревателя отпустить выключатель «ПУСК МОТОРА».

При работающем подогревателе механик-водитель должен контролировать температуру охлаждающей жидкости двигателя.

Выполнение всех перечисленных операций отнимает у механика-водителя до 10 мин. времени, необходимого для других работ по подготовке машины к выходу из хранилища. А при более низких температурах это время увеличивается.

Необходимость использования системы подогрева двигателя очевидна. Ее главным преимуществом является гарантированный запуск двигателя в условиях низких температур окружающего воздуха. Система подогрева является основой безопасности, экономичности и долговечности двигателя.

Анализ существующих систем предпускового подогрева двигателей автомобильной техники показал, что автономные отопители являются сложными техническими устройствами. Оригинальные конструктивные решения направлены, в первую очередь, на получение автоматической работы без участия человека (водителя) и обеспечение безопасности их использования.

В автономных отопителях предусмотрено несколько способов включения. Простейший — включение кнопкой. Дистанционное включение — с помощью пульта управления, обеспечивающего передачу сигнала на расстоянии или командой по телефону в пределах зоны действия сотовой связи. Наличие таймера в системе управления отопителя позволяет запрограммировать несколько включений отопителя по установленному времени [5].

В целях сокращения времени на подготовку танкового двигателя к запуску авторским коллективом была предложена микропроцессорная система предпусковой подготовки дизельного двигателя большой мощности [6].

Предлагаемая микропроцессорная система предполагает минимизировать количество выполняемых механиком-водителем операций, осуществляемых в ручном режиме при запуске подогревателя путем частичной автоматизации процесса. Как результат: механик-водитель получает дополнительное время для подготовки машины к движению или для выполнения других работ (распоряжений) командира подразделения.

Работа системы основывается на применении микроконтроллера ATmega328p фирмы Atmel, семейства AVR, который осуществляет управление процессом запуска подогревателя. В схему системы включены два термодатчика: один для контроля температуры топлива, поступающего на форсунку, второй — для контроля температуры свечи накаливания. Исполнительные механизмы системы представлены двумя блоками: блоком управления свечами накаливания и блоком управления электродвигателем подогревателя.

Дальнейшая работа по реализации системы программного запуска подогревателя двигателя на танке Т-72 и специальных машинах на их базе показала, что система имеет ряд существенных расчетных недостатков.

Так, в процессе проектирования в алгоритм работы системы запуска подогревателя не были включены некоторые элементы, без которых работа системы просто невозможна.

1. Прежде всего, отсутствует исполнительный механизм, открывающий топливный кран подогревателя. При неработающем подогревателе топливный кран, расположенный на правом борту машины, находится в закрытом положении.

Чтобы открыть топливный кран, механик-водитель должен открыть крышку люка командира танка, перейти в боевое отделение, где установлен кран. Это отнимает еще 1–2 минуты.

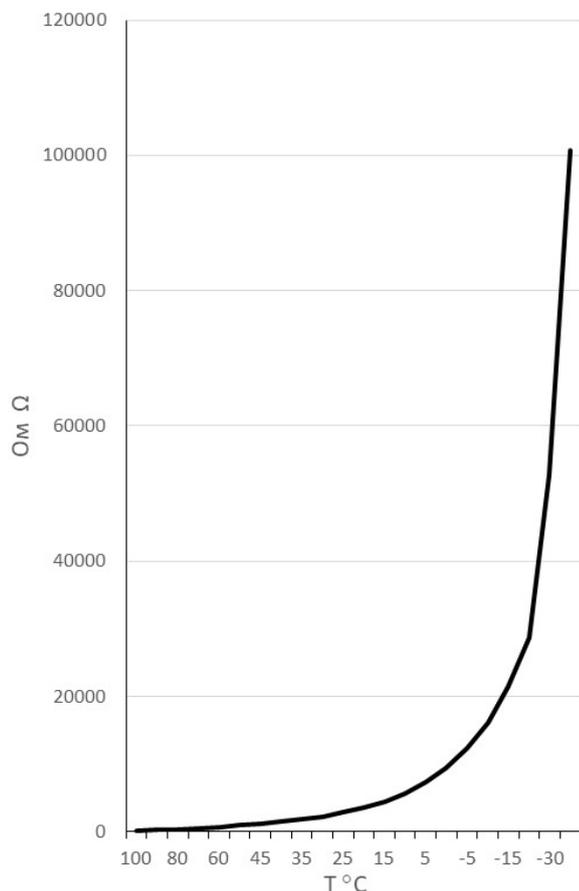
2. При длительной стоянке машины происходит «завоздушивание» системы питания двигателя топливом. Для удаления воздуха из трубопроводов системы, необходимо, нажав клавишу клапана выпуска воздуха и включив на несколько секунд насос БЦН-1, прокачать систему.

3. Установка датчика температуры в камере сгорания подогревателя на практике трудно реализуема. К тому же высокая стоимость качественного высокотемпературного термодатчика ставит под вопрос его применение.

4. Не определено, каким образом на микроконтроллер подается сигнал о воспламенении топлива в камере сгорания для переключения электродвигателя подогревателя из режима «ПУСК МОТОРА» в режим «МОТОР».

Дальнейшая работа над усовершенствованием системы велась в направлении устранения выявленных недостатков с сохранением основного конструктивного подхода. С этой целью был разработан и изготовлен действующий стенд предпускового подогревателя, на котором апробировались предлагаемые технические решения.

В первую очередь, было решено дополнить исполнительные механизмы блоком управления топливным краном подогревателя и блоком управления насосом БЦН-1.



°C	Ω ДТОЖ
100	177
90	241
80	332
70	467
60	667
50	973
45	1188
40	1459
35	1802
30	2238
25	2796
20	3520
15	4450
10	5670
5	7280
0	9420
-5	12300
-10	16180
-15	21450
-20	28680
-30	52700
-40	100700

Рис. 1. Зависимость электрического сопротивления термодатчика от температуры охлаждающей жидкости

Вследствие большой стоимости высокотемпературных датчиков и сложности монтажа, была признана нецелесообразной его установка в камеру сгорания, температура в которой при работе подогревателя достигает 1000 °C. Вместо него был установлен один термодатчик в патрубок, отводящий охлаждающую жидкость из котла подогревателя. Наиболее подходящим для этой цели оказался датчик температуры охлаждающей жидкости, применяемый в современных автомобилях, в том числе и отечественных.

Графические и табличные характеристики этих датчиков (рис. 1) подтверждают правильность выбора, так как зависимость сопротивления датчика от температуры ОЖ, особенно в зоне отрицательных температур, довольно высокая [7]. Понижение температуры ОЖ от 0 °C на каждые 10 ° повышает сопротивление в датчике от 5 до 50 кОм. При этом напряжение на контактах датчика изменяется на 0,3–0,5 В.

Пороговая чувствительность аналого-цифрового преобразователя (АЦП), встроенного в микроконтроллер ATmega328p фирмы Atmel, семейства AVR, составляет 10 мВ. Такая высокая чувствительность [8] позволяет выдавать сигналы управления на микроконтроллер МК даже при незначительном изменении сопротивления термодатчика.

Термодатчики контроля температуры топлива, поступающего на форсунку, и контроля температуры свечи накаливания из электрической схемы были вообще исключены за ненадобностью. Дополнительно в схему системы программного запуска был включен штатный датчик системы охлаждения

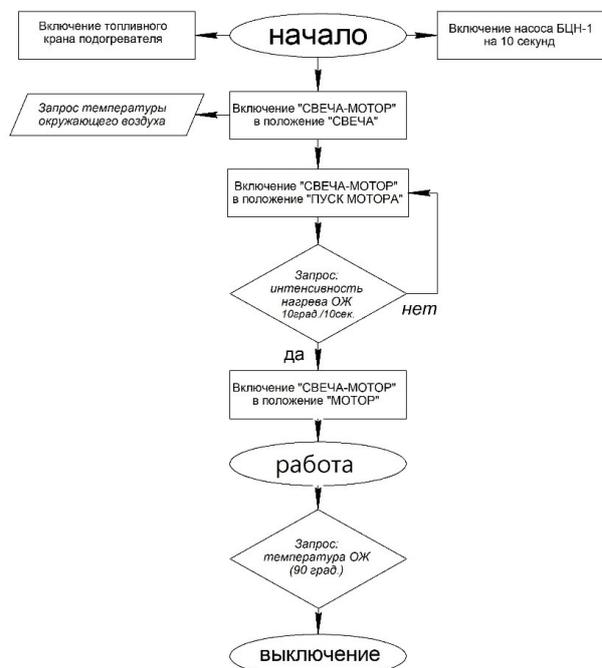


Рис. 2. Алгоритм работы автоматизированной системы пуска подогревателя танка Т-72

двигателя. Сигнал от датчика передается на микроконтроллер, который при нагреве охлаждающей жидкости до запрограммированных значений выдает команду на выключение подогревателя.

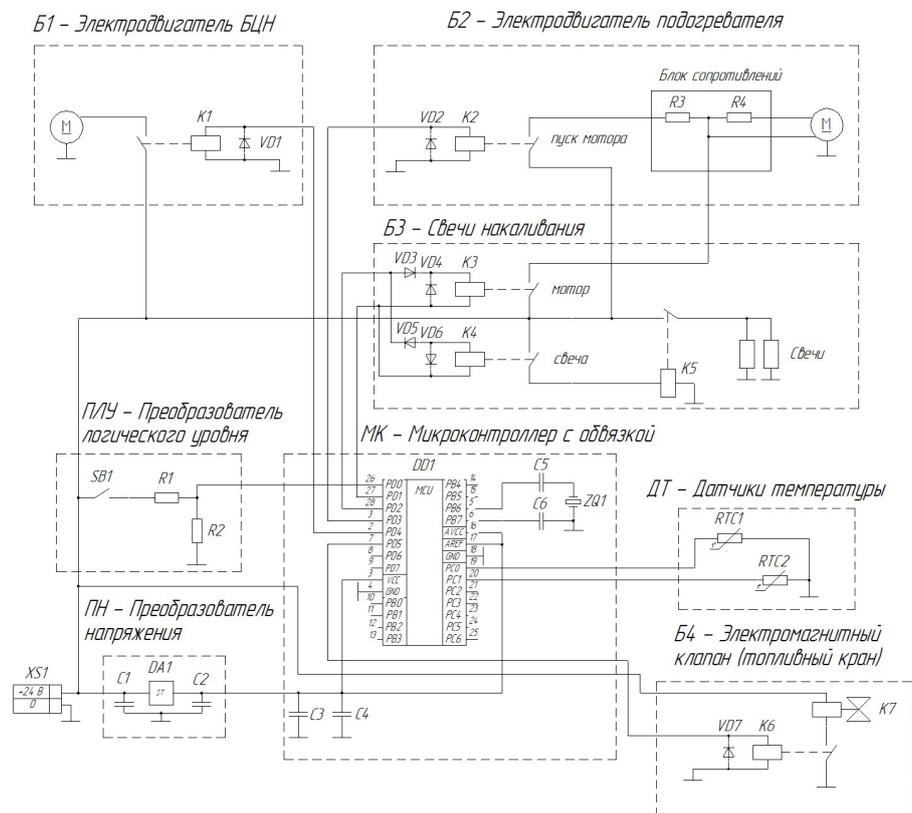


Рис. 3. Функциональная схема автоматизированной системы пуска подогревателя танка Т-72

Перечень сокращений, применяемых на схеме:

- DD1** — микроконтроллер ATmega328p фирмы Atmel, семейства AVR;  
**C1, C2, C3, C4, C5, C6** — конденсаторы; **ZQ1** — кварцевый резонатор;  
**R1, R2, R3, R4** — сопротивления;  
**RTC1** — штатный датчик температуры ОЖ;  
**RTC2** — датчик температуры на выходе из подогревателя;  
**K1, K2, K3, K4, K5, K6** — электромагнитные реле;  
**K7** — топливный кран;  
**VD1, VD2, VD3, VD4, VD5, VD6, VD7** — диоды; **SB1** — кнопка «ПУСК»

Алгоритм автоматизированного запуска подогревателя, показанный на рис. 2, полностью соответствует требованиям инструкции по эксплуатации танка [4].

На танках, находящихся на площадках хранения, крышки лючка выпуска продуктов сгорания открыты, защитные козырьки установлены. Этот пункт в автоматизации не нуждается. В зависимости от температуры окружающего воздуха механик-водитель, прибывший в парк боевых машин по тревоге, самостоятельно принимает решение о запуске подогревателя. В связи с этим отпадает необходимость в установке дополнительного термодатчика, отслеживающего температуру окружающего воздуха. Кроме того, механик водитель сам включает выключатель батарей и инициирует автоматизированный процесс запуска подогревателя нажатием кнопки «ПУСК», поэтому в схеме отсутствует механизм дистанционного управления выключателем батарей. Режим ожидания и пониженного потребления питания микроконтроллера также не задействуется.

При нажатии на кнопку «ПУСК», обозначенную на схеме **XS1** (рис. 3), электрический сигнал через преобразователь логического уровня (ПЛУ) поступает на соответствующий вывод микроконтроллера МК, который подает управляющий сигнал на реле **K6** блока управления топливным краном подогревателя **Б4**, реле **K1** блока управления насосом БЦН-1

**Б1** и реле **K4** блока свечей накаливания **Б3**. Устройство всех блоков управления, задействованных в схеме, аналогично друг другу: в их состав входят нормально разомкнутые электромагнитные реле (**K1, K2, K3, K4, K5, K6**), которые, при подаче напряжения от микроконтроллера, замыкают силовую цепь питания соответствующего исполнительного механизма. Для этой цели были использованы реле, применяемые в легковых автомобилях [7].

Микроконтроллер программируется [9] на размыкание цепи питания насоса БЦН-1 через 10–15 сек. после его включения. Этого времени вполне достаточно для «прокачки» топливной системы и выпуска воздуха.

На свечи накаливания напряжение будет подаваться в течение 1–4 минут, в зависимости от температуры окружающего воздуха, которая фиксируется штатным датчиком **RTC1** температуры охлаждающей жидкости ОЖ.

Топливный кран **K7** остается открытым до конца работы подогревателя.

После прогрева свечи микроконтроллер подает напряжение на реле **K2** блока управления **Б2** электродвигателем подогревателя **М** через дополнительное сопротивление **R3**, двигатель начинает работу в режиме пониженной мощности «ПУСК МОТОРА». Этот режим необходим для воспламенения топлива. Переключение в основной режим работы «МОТОР» производится после запуска подогре-

вателя при условии устойчивого горения топлива в камере сгорания. Определить начало устойчивого горения топлива в камере сгорания без участия механика-водителя довольно сложно, поэтому в схему был включен термодатчик *RTC2*, который установили в патрубок, отводящий охлаждающую жидкость из котла подогревателя. Для этого в патрубок был вварен штуцер с соответствующей резьбой.

Устойчивая работа подогревателя характеризуется интенсивным нагревом охлаждающей жидкости, циркулирующей в системе охлаждения. На стенде подогревателя было экспериментально подтверждено, что температура ОЖ на выходе из котла подогревателя в течение первых 10 секунд возрастает на 5 °. Учитывая это, микроконтроллер был запрограммирован на переключение электродвигателя подогревателя из режима «ПУСК МОТОРА» в режим «МОТОР» при условии:  $t_1 - t_0 \geq 5^\circ$ , где  $t_0$  — температура ОЖ перед включением режима «ПУСК МОТОРА»;  $t_1$  — температура ОЖ через 10 сек. после включения режима «ПУСК МОТОРА».

При выполнении этого условия электрический сигнал с микроконтроллера поступает на реле *K3* блока свечей накаливания *B3*, при этом напряжение подается на клеммы электродвигателя подогревателя, минуя добавочное сопротивление *R3*. Затем происходит отключение режима «ПУСК МОТОРА» и нагрева свечи накаливания, так как микроконтроллер отключает реле *K4* и *K2*.

В случае невыполнения этого условия, программа, заложенная в микроконтроллер, выдает сигналы на исполнительные механизмы:

- отключение нагрева свечи накаливания;
- закрытие топливного крана;
- выключение электромотора подогревателя через 10 сек. (режим продувки камеры сгорания).

После неудачной попытки запуск подогревателя может быть произведен повторно.

Сигнал об окончании разогрева двигателя поступает на микроконтроллер от штатного датчика температуры ОЖ. При нагреве охлаждающей жидкости до 90 °С микроконтроллер дает команду на исполнительные механизмы для перекрытия топливного крана подогревателя и выключение мотора подогревателя после продувки.

Достижение высоких качественных параметров образцов вооружения и военной техники неизбежно ведет к их значительному конструктивному усложнению [10].

Предложенная система программного процесса запуска предпускового подогревателя, при небольшой доработке, позволит включать ее дистанционно. Применение подобных систем сможет поднять боеготовность воинских частей на более высокую ступень. После получения сигнала «ТРЕВОГА» дежурный по парку, нажатием на кнопку, централизованно запускает подогреватели всей техники, хранящейся на стоянках и в боксах. К моменту прибытия экипажей двигателя машин будут прогреты на ~50 %.

Особенно это актуально для техники, находящейся на боевом дежурстве, для дежурных тягачей и пр. Небольшая доработка позволит запускать подогреватели вообще без участия водителя. Запуск может быть выполнен по времени, запрограммированному в микроконтроллере, или по температуре окружающего воздуха. Этим будет обеспечен постоянный подогрев двигателей машин при низких температурах без их запуска, что существенно повысит межремонтный ресурс двигателей.

## Библиографический список

1. Военная доктрина Российской Федерации (утв. Президентом РФ 25 декабря 2014 г. № Пр-2976). Доступ из справочно-правовой системы «Гарант».
2. Боевой устав по подготовке и ведению общевойскового боя. Часть 2 (батальон, рота). Москва: Воениздат, 2006. 701 с.
3. Белов П. М., Бурячко В. Р., Константинов Н. К. [и др.]. Двигатели армейских машин. Конструкция и расчёт. Москва: Воениздат, 1972. 566 с.
4. Танк Т-72А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. В 2 кн. / Под ред. И. М. Голощапова. Москва: Воениздат, 1989. Кн. 2, Ч. 2. 368 с.
5. Найман В. С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях. Москва: АСТ: Астрель: Хранитель, 2007. 213 с.
6. Пепеляев А. В., Шарыпов Р. З., Малий Н. Ю. Микропроцессорная система предпусковой подготовки дизельного двигателя большой мощности // Совершенствование системы эксплуатации вооружения, военной и специальной техники: материалы IV Межвуз. науч.-практ. конф. Омск, 2017. С. 254–260.
7. Литвиненко В. В., Майструк А. П. Автомобильные датчики, реле и переключатели: справ. Москва: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. 175 с.
8. Atmel ATmega328/P [DATASHEET] / Atmel Corporation 1600 Technology Drive, San Jose, CA 95110 USA. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/549/DOC001549488.pdf> (дата обращения: 09.03.2022).
9. Белов А. В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2005. 256 с. ISBN 5-94387-155-1.
10. Чурсин А. А., Сятчихин В. В. Сущность системы технического диагностирования вооружения и военной техники // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 11. С. 152–155.

**ЯДРОВ Виктор Иванович**, кандидат технических наук, доцент военного учебного центра Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск.

SPIN-код: 5500-7943

AuthorID (РИНЦ): 891137

Адрес для переписки: ja-vi@mail.ru

**ПЕПЕЛЯЕВ Алексей Вениаминович**, старший преподаватель военного учебного центра ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 8557-6789

AuthorID (РИНЦ): 676368

Адрес для переписки: ravb1@inbox.ru

**ГЕРАСИМОВ Сергей Дмитриевич**, преподаватель военного учебного центра ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 4529-1883

AuthorID (РИНЦ): 676376

Адрес для переписки: sergera5imoff@yandex.ru

**ВЕБЕР Владимир Сергеевич**, студент гр. Пр-181 радиотехнического факультета ОмГТУ, г. Омск.

Адрес для переписки: vova\_veber@bk.ru

## Для цитирования

Ядров В. И., Пепеляев А. В., Герасимов С. Д., Вебер В. С. Реализация программного процесса запуска подогревателя на танке Т-72 в зимних условиях // Омский научный вестник. 2022. № 3 (183). С. 58–62. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-183-58-62.

Статья поступила в редакцию 04.04.2022 г.

© В. И. Ядров, А. В. Пепеляев, С. Д. Герасимов, В. С. Вебер