

УДК: 656.09

DOI: 10.53816/23061456_2022_7-8_173

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАПРАВКИ ГОРЮЧИМ ПУТЁМ
ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ
И ЗАПРАВКИ КОНТЕЙНЕРНО-МОДУЛЬНОГО ТИПА**

**ORGANIZATION OF REFUELING BY USING TECHNICAL MEANS
OF TRANSPORTATION AND REFUELING OF CONTAINER-MODULAR TYPE**

Канд. техн. наук А.Г. Николаев, В.М. Иваницкий, канд. техн. наук М.А. Афонин

Ph.D. A.G. Nikolaev, V.M. Ivanitsky, Ph.D. M.A. Afonin

Вольский военный институт материального обеспечения

В данной статье раскрыты недостатки существующих способов заправки военной техники в полевых условиях и проблемные вопросы математического моделирования процесса. Представлены модели организации заправки ВВТ путём применения технических средств транспортирования и заправки контейнерно-модульного типа, заключающиеся в формировании изделия из отдельных модулей, связанных технологически между собой и выполняющих определенные функции, а также обеспечивающих при различных сочетаниях формирование нового изделия или целой системы и состоящей из контейнеров и заправочных модулей. Также представлена принципиальная схема конструкции топливного контейнера и заправочного модуля из состава технических средств транспортирования и заправки горючим контейнерно-модульного типа.

Ключевые слова: обеспечение горючим, заправка, контейнер, автотопливозаправщик, технические средства службы горючего.

This article reveals the shortcomings of existing methods of refueling military equipment in the field and problematic issues of mathematical modeling of the process. The concept of organizing the refueling of the IWT through the use of technical means of transportation and refueling of the container-modular type is presented, which consists in forming a product from separate modules that are technologically interconnected and perform certain functions, as well as providing, with various combinations, the formation of a new product or an entire system consisting of containers and refueling modules. A schematic diagram of the design of a fuel container and a refueling module from the technical means of transportation and refueling of a container-modular type is also presented.

Keywords: fuel supply, refueling, container, autofuel tanker, technical means of fuel service.

На современном этапе развития системы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации обеспечение горючим частей и подразделений Сухопутных войск при выполнении ими задач по предназначению осуществляется с использованием подвижных

средств заправки и транспортирования горючего. При этом в зависимости от выполняемых задач и условий обстановки применяются собственные или приданные силы и средства индивидуального функционирования либо относящиеся к комплексам и средствам групповой заправки.

Существующие и перспективные технические средства транспортирования и заправки горючим в ВС РФ по параметрам соотношения стоимость/вероятность боевых потерь в военное время не в полной мере соответствуют современным требованиям, в том числе этому значительно способствует широкое распространение высокоточного оружия. Обеспечение горючим в особый период нуждается в трансформации и совершенствовании.

По этой же причине математическое моделирование процесса заправки вооружения и военной техники (ВВТ) в военное время при применении автотопливозаправщиков (АТЗ) массовой выдачи сопряжено со значительными сложностями.

С использованием математического аппарата Марковских случайных процессов математическая модель будет представлять собой многоканальную (по числу АТЗ) замкнутую систему массового обслуживания (СМО) (количество заправляемых единиц ВВТ фиксировано).

В этом сценарии заправка ВВТ осуществляется АТЗ, прибывающими к ним по заявкам. Заявки поступают на диспетчерский пункт склада горючего, где в общем случае дислоцируются АТЗ и получают задание на заправку ВВТ.

Принципиальная схема организации заправки по такому варианту представлена на рис. 1.

В данном варианте обеспечения заправки горюче-смазочными материалами (ГСМ) система

может быть смоделирована как замкнутая (количество источников требований на обслуживание, т.е. на заправку ВВТ — фиксированное) многоканальная СМО, в которой количество единиц ВВТ равно m , а число АТЗ равно $n \geq 1$, при этом предполагается, что $m > n$ [1–4].

В связи с тем, что СМО замкнутая, средняя интенсивность потока заявок на обслуживание (заправку ГСМ) μ определяется из расчёта среднего времени $t_{\text{зап.}}^{\text{cp.}}$ между заправками (дозаправками) каждой единицы ВВТ:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{зап.}}^{\text{cp.}}};$$

$$t_{\text{зап.}}^{\text{cp.}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{зап.}}^i}{m},$$

где m — количество единиц ВВТ в обслуживаемой системе, шт.; $t_{\text{зап.}}^i$ — средний интервал времени между заправками i -й единицы ВВТ, ч.

Среднее время обслуживания (заправки) — $t_{\text{обс.}}$ должно рассчитываться с учётом его затрат на подачу заявки — $t_{\text{пз.}}$, движения АТЗ к ВВТ — $t_{\text{дв.}}$, и на непосредственно заправку — t_3 .

$$t_{\text{обс.}} = t_{\text{пз.}} + t_{\text{дв.}} + t_3. \quad (1)$$



Рис. 1. Принципиальная схема организации заправки ВВТ с использованием классических АТЗ

Отсюда интенсивность потока обслуживания λ будет равна:

$$\lambda = \frac{1}{t_{\text{обс.}}}$$

Значения величин, входящих в формулу (1), в общем случае определяются по статистическим данным, однако значения $t_{\text{дв.}}$ и t_3 на первом этапе могут быть определены расчётным путём: $t_{\text{дв.}}$, исходя из среднего расстояния и средней скорости движения АТЗ, а t_3 с учётом средних значений времени развёртывания и свёртывания АТЗ, объёма дозаправки, производительности насоса АТЗ при заправке и ограничений по приёмности топливных систем ВВТ.

Размеченный граф [5, 6] возможных состояний моделируемой системы заправки ВВТ с применением АТЗ представлен на рис. 2.

Состояния системы представленные на рис. 2 имеют следующий смысл:

1. 0 — все АТЗ свободны, заявок на заправку нет;

2. 1 — 1 АТЗ выполняет заявку, $m-1$ единиц ВВТ в заправке не нуждаются;

3. 2 — 2 АТЗ выполняет заявку, $m-2$ единиц ВВТ в заправке не нуждаются;

4. n — все n АТЗ заняты выполнением заявок, $(m-n)$ единиц ВВТ в заправке не нуждаются;

5. $(n+1)$ — все n АТЗ заняты выполнением заявок, 1 единица ВВТ требует заправки, $(m-n-1)$ единиц ВВТ в заправке не нуждаются;

6. $(m-1)$ — все n АТЗ заняты выполнением заявок, $(m-n-1)$ единиц ВВТ требуют заправки, 1 единица ВВТ в заправке не нуждается;

7. m — все n АТЗ заняты выполнением заявок, $(m-n)$ единиц ВВТ требуют заправки.

Система дифференциальных уравнений для вероятностей состояний системы заправки ВВТ с применением АТЗ имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -m\mu P_0 + \lambda P_1; & i = 0; \\ \frac{dP_i}{dt} = (m-i+1)\mu P_{i-1} - i\lambda P_i - (m-i) \times \\ \times \mu P_i + (i+1)\lambda P_{i+1}; & 0 < i < n; \\ \frac{dP_i}{dt} = (m-i+1)\mu P_{i-1} - n\lambda P_i - (m-i) \times \\ \times \mu P_i + n\lambda P_{i+1}; & n \leq i < m; \\ \frac{dP_m}{dt} = \mu P_{m-1} - i\lambda P_m - n\lambda P_m; & i = m. \end{cases} \quad (2)$$

В установившемся режиме (на бесконечности) при постоянных значениях потоков заявок и обслуживания система дифференциальных уравнений (2) переходит в систему обыкновенных линейных.

$$\begin{cases} 0 = -m\mu P_0 + \lambda P_1; & i = 0; \\ 0 = (m-i+1)\mu P_{i-1} - i\lambda P_i - (m-i) \times \\ \times \mu P_i + (i+1)\lambda P_{i+1}; & 0 < i < n; \\ 0 = (m-i+1)\mu P_{i-1} - n\lambda P_i - (m-i) \times \\ \times \mu P_i + n\lambda P_{i+1}; & n \leq i < m; \\ 0 = \mu P_{m-1} - i\lambda P_m - n\lambda P_m; & i = m. \end{cases} \quad (3)$$

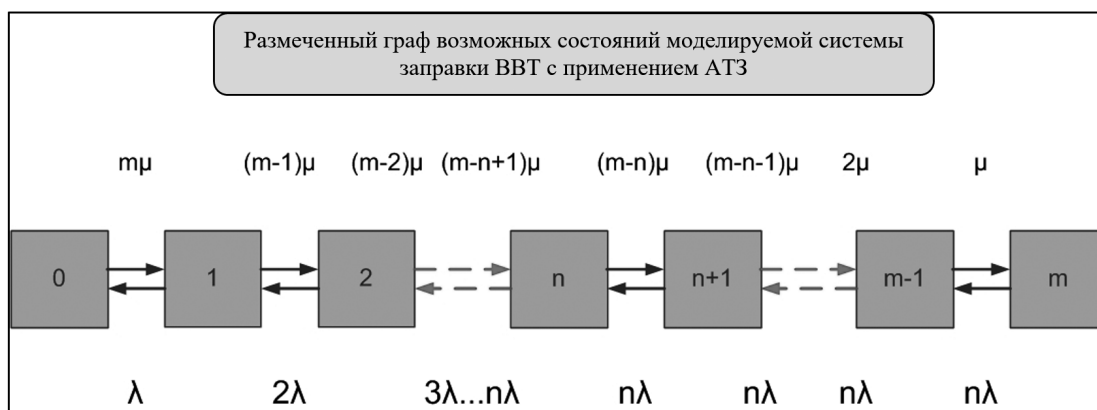


Рис. 2. Размеченный граф возможных состояний моделируемой системы заправки ВВТ с применением АТЗ

Система дифференциальных уравнений (3) в общем случае решается с определением вероятностей состояний СМО только численно на электронных вычислительных машинах (ЭВМ). Расчёт неформальных параметров функционирования системы заправки производится по известным формулам теории вероятностей [5, 6].

В общем, математическому моделированию групповой заправки горючим вооружения, военной и специальной техники при применении АТЗ массовой выдачи с использованием теории массового обслуживания (ТМО) присущи следующие недостатки:

- значительная громоздкость проводимых расчётов;

- система дифференциальных уравнений в общем случае решается с определением вероятностей состояний СМО только численно на ЭВМ;

- отсутствие в модели экономических показателей при эксплуатации автотопливозаправщиков массовой выдачи, что однозначно снижает её адекватность;

- отсутствие в модели каких-либо критериев надёжности (живучести) элементов системы обеспечения горючим;

- отсутствие в модели вариантов, при которых бы учитывался выход из строя (уничтожение) автотопливозаправщиков массовой выдачи;

- невозможность моделирования процесса заправки на ЭВМ при количестве ВВТ более 35 единиц из-за наличия факториалов в расчётных формулах и переполнения памяти машины.

Данные недостатки являются неустранимыми по причине самого применения в системе организации заправки ВВТ топливом автотопливозаправщиков массовой выдачи.

Упростить математическое моделирование и физический смысл процесса, на наш взгляд, наиболее целесообразно лишь путём пересмотра самой концепции заправки ВВТ в военное время при использовании принципиально иного оборудования и технических средств. В качестве таких технических средств транспортирования и заправки (ТСТЗ) нами предлагается рассматривать ТСТЗ контейнерно-модульного типа.

Их применение позволит увеличить оперативность заправки ВВТ горючим, снизить уязвимость средств заправки, а также повысить гибкость и боевую устойчивость самой системы обеспечения горючим войск в особый период [7].

Рассмотрим сущность концепции организации заправки ВВТ в особый период путём применения ТСТЗ контейнерно-модульного типа.

Она состоит в том, что изделие формируется из отдельных модулей, связанных технологически между собой и выполняющих определенные функции, а также обеспечивающих при различных сочетаниях формирование нового изделия или целой системы.

В этом случае под модулем понимается конструктивно, технологически и функционально завершённый элемент, унифицированный в заранее установленном параметрическом и типоразмерном ряду, выполняющий самостоятельную функцию в ТСТЗ ВВТ.

При этом создание этих модулей основывается на ряде принципов, основными из которых являются соответствие габаритных размеров, гидравлических показателей установленного типоразмерного ряда, возможность трансформирования технического средства из одного функционального предназначения в другое, а также достижения максимального эффекта технического средства при минимальных затратах на его создание, эксплуатацию и восстановление [8].

Основная идея создания технических средств состоит в том, что модуль является одновременно и контейнером для хранения и транспортирования в нем горючего к участку выдачи в заправляемые ВВТ.

Конструкцию топливного контейнера, исходя из результатов определения его рациональных геометрических размеров, можно представить в следующем виде (рис. 3).

Конструкция топливного контейнера представляет из себя резервуар из полимерных материалов кубической формы. В верхней части имеется заливная горловина, закрываемая резьбовой пластиковой крышкой, обеспечивающая заполнение топливного контейнера любым способом. В нижней части корпуса топливного контейнера монтируется устройство для подключения заправочного модуля.

Формируя эти модули по определенным технологическим схемам, можно создавать технические средства практически любого функционального предназначения.

Главным звеном в формировании технических средств на новом принципе является за-

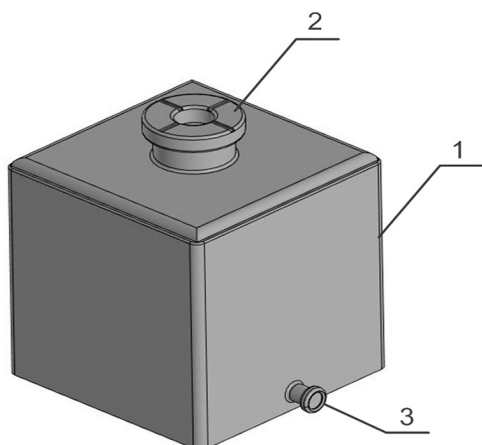


Рис. 3. Концепт конструкции топливного контейнера из состава ТСЗТ контейнерно-модульного типа: 1 — полимерный корпус топливного контейнера; 2 — заливная горловина с резьбовой крышкой; 3 — сливное отверстие с устройством подключения заправочного модуля

правочный модуль, поскольку он является основой создания большинства технических средств и определяющим в выборе транспорта для подачи ТСЗТ контейнерно-модульного типа, схема которого показана на рис. 4.

Согласно схеме, показанной на рис. 4, заправочный модуль из состава ТСЗТ контейнерно-модульного типа может включать в себя: электронасосный агрегат, состоящий из электродвигателя постоянного тока и роторного лопастного насоса с блоком подключения электропитания; ручной или автоматический раздаточный кран; 4-метровый раздаточный рукав; алюминиевый топливораздаточный кран со встроенным в корпус электронным счетчиком; 3-метровый кабель с зажимами для подключения к аккумуляторной батарее заправляемой техники.

Конструкция и тип электронасоса должны обеспечивать бесперебойную выдачу (заправку) дизельного топлива при работе его в зимних условиях, а сам насос оснащаться электродвигателем, работающим от бортовой электросети заправляемой техники или аккумуляторной батареи, напряжением 12/24 В постоянного тока, производительность электронасоса при этом составит 38/50 л/мин.

В этом случае заправочный модуль может иметь внешний вид, представленный на рис. 5.

Таким образом, состав ТСЗТ контейнерно-модульного типа можно представить в следующем виде:

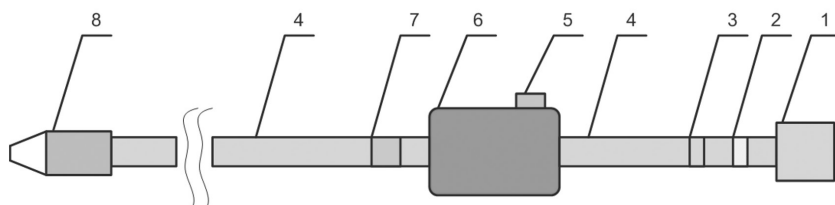


Рис. 4. Схема заправочного модуля из состава ТСЗТ контейнерно-модульного типа: 1 — узел подключения заправочного модуля к топливному контейнеру; 2 — фильтр тонкой очистки топлива; 3 — запорный клапан; 4 — заправочный рукав; 5 — блок подключения электропитания; 6 — электронасосный агрегат; 7 — счётчик; 8 — раздаточный пистолет



Рис. 5. Внешний вид заправочного модуля ТСЗТ контейнерно-модульного типа

1. Топливный контейнер из эластичного самозатягивающегося материала, при необходимости имеющий противопоульное (противоосколочное) кевларовое защитное покрытие с запорно-регулирующей арматурой и устройствами слива-налива горючего, и устройствами для его погрузки на транспорт и выгрузки на грунт;

2. Заправочный модуль, конструктивно выполненный в виде заправочного рукава со встроенным электронасосным агрегатом с питанием от бортовой электросистемы заправляемого ВВТ. Данный модуль может транспортироваться либо в составе возимого имущества ВВТ (предпочтительный вариант), либо в составе имущества топливного контейнера;

3. Автотранспортное средство для перевозки ТСТЗ контейнерно-модульного типа к участку (району) заправки ВВТ, представляющее собой бронированный защищённый от подрыва и атак из засад автомобиль (MRAP, КАМАЗ-63968, «Тайфун-К»), либо легкобронированный гусеничный транспортер для условий тяжелого бездорожья (например снежная целина или болотистая местность), оборудованные гидравлическим краном для погрузки (выгрузки на грунт) ТСТЗ контейнерно-модульного типа.

Для обоснования типоразмерного ряда топливных контейнеров, необходимо провести численный эксперимент, учитывающий вместимость и число заправочных контейнеров. Ряд вместимостей заправочных модулей необходимо задавать в виде последовательных итераций. Предпочтительным будет считаться вариант, обеспечивающий минимум затрат по выбранному критерию эффективности, при условии выполнения задачи по объему подвоза и максимума загрузки автотранспортного средства.

Компоновка модулей на шасси MRAP может быть рассмотрена в различных вариантах по их вместимости, т.е. зная оптимальную величину потребности в ТСТЗ контейнерно-модульного типа, можно скомпоновать заправочные модули в нужном объёме.

Топливные контейнеры, предназначенные для транспортирования и кратковременного хранения ГСМ, следует изготавливать из лёгких химически стойких композиционных материалов высокой прочности. Это позволит по сравнению с использованием металлических конструкций

существенно снизить массу технологического оборудования и избежать его коррозионного поражения [9].

Геометрические размеры этих топливных контейнеров должны соотноситься с универсальным контейнером экономического комплекса страны и международной системы перевозок (ГОСТ 18477), это позволит обеспечить транспортирование топливных контейнеров практически всеми видами транспорта как в порожнем, так и в заполненном состоянии. И, что особенно важно, можно устанавливать эти топливные контейнеры практически на все автомобильные шасси соответствующей грузоподъемности без их доработки.

Технологическое оборудование ТСТЗ контейнерно-модульного типа позволяет использовать их в качестве емкостей как для автоцистерн и топливозаправщиков, так и для формирования складов, средств групповой заправки техники, а также для других нужд.

Размещение ТСТЗ контейнерно-модульного типа на грунте позволит, при необходимости, обеспечить одновременную заправку рассредоточенных ВВТ в нескольких районах заправки.

Для обеспечения заправляемой ВВТ маслами, смазками и специальными жидкостями в составе ТСТЗ могут быть предусмотрены дополнительные контейнеры малой вместимости с комплектами указанных продуктов, которые при необходимости выгружаются на грунт одновременно с ТСТЗ контейнерно-модульного типа.

Конструкция топливных контейнеров должна обеспечивать как механизированную выдачу содержащегося в ней горючего заправочным модулем, так и самотёком в любую подходящую тару [10].

Таким образом, предлагаемая нами модель организации заправки ВВТ в особый период путём применения ТСТЗ контейнерно-модульного типа по сравнению с существующими, с использованием автотопливозаправщиков массовой выдачи, обладает следующими преимуществами:

1. Простота элементов конструкции ТСТЗ контейнерно-модульного типа и его технологического оборудования;

2. Высокая надежность элементов конструкции ТСТЗ контейнерно-модульного типа и его технологического оборудования;

3. Дешевизна элементов конструкции ТСТЗ контейнерно-модульного типа и его технологического оборудования;

4. Низкие затраты на обслуживание и эксплуатацию ТСТЗ контейнерно-модульного типа;

5. Отсутствие потребности в квалифицированном персонале, эксплуатирующем ТСТЗ контейнерно-модульного типа; заправка осуществляется силами экипажей ВВТ;

6. Диапазон температур позволяющий эксплуатировать ТСТЗ контейнерно-модульного типа, от +50 °С до –60 °С;

7. Высокая мобильность ТСТЗ контейнерно-модульного типа, позволяющая транспортировать их как автомобильным, так и гусеничным транспортом;

8. Возможность применения в качестве транспорта MRAP, обеспечивающих высокую боевую устойчивость при транспортировке ТСТЗ контейнерно-модульного типа к району заправки ВВТ благодаря наличию противоминной защиты и бронированию шасси;

9. Механизация погрузочно-разгрузочных работ с ТСТЗ контейнерно-модульного типа позволяет приступить к организации заправки ВВТ в кратчайшие сроки;

10. Аэромобильность ТСТЗ контейнерно-модульного типа, позволяющая десантировать топливные контейнеры парашютным способом, используя любые виды транспортной авиации, либо на внешней подвеске при использовании вертолетов в любой район заправки ВВТ;

11. Габаритные размеры ТСТЗ контейнерно-модульного типа обеспечивают высокую степень скрытности при их размещении на грунте и простоту маскировки на местности;

12. Принцип компоновки ТСТЗ контейнерно-модульного типа позволяет осуществлять рассредоточенное размещение топливных контейнеров на участке сколь угодно малой площади, что повышает скрытность и увеличивает боевую устойчивость при организации массовой заправки ВВТ;

13. Применение самозатягивающихся композитных материалов при изготовлении корпусов топливных контейнеров и (или) их бронирование кевларом позволяет повысить живучесть ТСТЗ контейнерно-модульного типа в особый период;

14. В случае уничтожения одного (нескольких) ТСТЗ контейнерно-модульного типа угроза срыва выполнения боевой задачи целым подразделением отсутствует;

15. Высокая гибкость организации заправки ВВТ при помощи ТСТЗ контейнерно-модульного типа позволяет резко упростить математическое моделирование групповой заправки горючим ВВТ.

Литература

1. Национальный аграрный каталог Сельхозтехника [Электронный ресурс] / 1-й выпуск, 1-е полугодие 2010 г. — Режим доступа: <http://techart.ru/publication/224.html>

2. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Электронный ресурс] / Рубрика Сельское, лесное хозяйство и землепользование, 2010. — Режим доступа: <http://revolution.allbest.ru/agriculture/>.html

3. РУП «Гомсельмаш» [Электронный ресурс] / Сельхозтехника. Информационный интернет портал по сельскохозяйственной технике, 2010. — Режим доступа: <http://www.gomselmash.by>

4. РУП СЗСМ «Светлогорсккорммаш» [Электронный ресурс] / Официальный сайт Республиканского унитарного предприятия «Светлогорский завод сельскохозяйственного машиностроения «Светлогорсккорммаш». 2009. — Режим доступа: <http://szsm.by/>

5. Розенберг В.Я., Прохоров А.И. Что такое теория массового обслуживания. — М.: Советское радио, 1965. 256 с.

6. Вентцель Е.С. Исследование операций. — М.: Советское радио, 1972. 552 с.

7. Варнаков Д.В. Применение методики прогнозирования надежности двигателей военной автомобильной техники в нормальном и специальном эксплуатационных режимах / Д.В. Варнаков, М.А. Афонин, Д.В. Пикулин // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2017. № 2 (42). С. 85–90.

8. Афонин М.А. Контроль экономного расхода топлива, законности его списания начальником службы горючего соединения сухопутных войск / И.Р. Габдрашитов, А.Л. Чернов // Научный вестник Вольского военного института ма-

териального обеспечения: военно-научный журнал. 2016. № 4 (40) С. 79–83.

9. Варнаков Д.В. Афонин М.А. Применение контрольных карт Шухарта в системах измерения параметров // Аграрный научный журнал. — Саратов. 2018. № 2. С. 54–58.

10. Афонин М.А. Пути повышения эффективности технического сервиса военно-автомобильной техники // Национальные приоритеты России. Серия 1: Наука и военная безопасность. — Омск. 2017. № 4 (11). С. 50–54.

References

1. National Agrarian catalog of Agricultural Machinery [Electronic resource] / 1st issue, 1st half of 2010. — Access mode: <http://techart.ru/publication/224.html>

2. Agricultural and reclamation machines [Electronic resource] / Category Agriculture, forestry and land use. 2010. — Access mode: <http://revolution.allbest.ru/agriculture/.html>

3. RUE «Gomselmash» [Electronic resource] / Agricultural machinery. Information Internet portal on agricultural machinery. 2010. — Access mode: <http://www.gomselmash.by>

4. RUE SZCM «Svetlogorskormmash» [Electronic resource] / Official website of the Republican Unitary Enterprise «Svetlogorsk Plant

of agricultural machinery «Svetlogorskormmash». 2009. — Access mode: <http://szsm.by>

5. Rosenberg V.Ya., Prokhorov A.I. What is the theory of queuing. — M.: Publishing house «Soviet Radio», 1965. 256 p.

6. Wentzel E.S. Operations Research. — M.: Publishing house «Soviet Radio», 1972. 552 p.

7. Varnakov D.V. Application of the method for predicting the reliability of engines of military vehicles in normal and special operational modes / D.V. Varnakov, M.A. Afonin, D.V. Pikulin // Scientific Herald of the Volsky Military Institute of Material Support: a military scientific journal. 2017. № 2 (42). P. 85–90.

8. Afonin M.A. Control of economical consumption of fuel, lawfulness of his write-off of the chief of the fuel service of ground troops / I.R. Gabdrashitov, A.L. Chernov // Scientific Herald Volsky military Institute of material security: the military-scientific journal. 2016. № 4 (40). P. 79–83.

9. Varnakov D.V., Afonin M.A. Application of the Shewhart charts in measurement systems // Agricultural research magazine. — Saratov. 2018. № 2. P. 54–58.

10. Afonin M.A. Ways of increase of efficiency of maintenance of military vehicles // National priorities of Russia. Series 1: the Science and military security. — Омск. 2017. № 4 (11). P. 50–54.