

Научная статья

УДК 338.001.36; DOI: 10.61260/2307-7476-2023-4-37-44

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ ВОИНСКИХ ЧАСТЕЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

✉ **Никитин Юрий Александрович.**

**Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулева, Санкт-Петербург, Россия.**

Кузнецова Виктория Николаевна.

**Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-
технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации) Военной академии
материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева,
Санкт-Петербург, Россия**

✉ *nikitin_gpa@mail.ru*

Аннотация. Надежное энергообеспечение военных потребителей напрямую влияет на безопасность страны. Именно поэтому необходимо развивать энергосистему, которая бы отвечала требованиям новых реалий.

Одной из основных задач, стоящих перед Вооруженными Силами Российской Федерации, является защита государственного суверенитета и сохранение безопасности в Арктической зоне. Для сохранения боеспособности и боеготовности военного объекта необходимо своевременно обеспечивать его топливно-энергетическими ресурсами. Вопрос оптимизации работы котельных на сегодняшний день является актуальным и требует поиска новых решений. В данной методике учитываются критерии разного типа: периодические (циклические) и случайные. Все факторы в разной степени оказывают влияние на выбор оптимальной стратегии оптимизации функционирования энергообъекта. В качестве оптимизационных мероприятий в методике рассматривается целесообразность перевода котельных с дизельного топлива на газообразное.

Ключевые слова: Вооруженные силы Российской Федерации, военный объект, энергообеспечение, энергосистема, сжиженный природный газ, оптимизация работы котельной

Для цитирования: Никитин Ю.А., Кузнецова В.Н. Методика оптимизации работы энергообъектов воинских частей в Арктической зоне Российской Федерации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 4 (48). С. 37–44. DOI: 10.61260/2307-7476-2023-4-37-44.

Scientific article

METHODOLOGY FOR OPTIMIZING THE WORK OF MILITARY UNITS ENERGY FACILITIES IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

✉ **Nikitin Yuri A.**

Military academy of logistics named after army general A.V. Khrulev, Saint-Petersburg, Russia.

Kuznetsova Victoria N.

**Scientific research institute (military system research of logistics of the Armed forces
of the Russian Federation) Military academy of logistics named after army general
A.V. Khrulev, Saint-Petersburg, Russia**

✉ *nikitin_gpa@mail.ru*

Abstract. Reliable energy supply to military consumers directly affects the security of the country. That is why it is necessary to develop an energy system that would meet the requirements of new realities.

One of the main tasks facing the Armed Forces of the Russian Federation is the protection of State sovereignty and the preservation of security in the Arctic zone. In order to maintain the combat capability and combat readiness of a military facility, it is necessary to provide it with fuel and energy resources in a timely manner. The issue of optimizing the operation of boilers is relevant today and requires the search for new solutions. This methodology takes into account criteria of different types: periodic (cyclic)

and random. All factors have varying degrees of influence on the choice of the optimal strategy for optimizing the operation of an energy facility. As optimization measures, the methodology considers the expediency of converting boiler houses from diesel fuel to gaseous fuel.

Keywords: Armed forces of the Russian Federation, military facility, energy supply, power system, liquefied natural gas, optimization of boiler room operation

For citation: Nikitin Yu.A., Kuznetsova V.N. Methodology for optimizing the work of military units energy facilities in the Arctic zone of the Russian Federation // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects)*. 2023. № 4 (48). P. 37–44. DOI: 10.61260/2307-7476-2023-4-37-44.

Развитие территорий Арктической зоны Российской Федерации всегда являлось стратегической государственной задачей на долгосрочную перспективу. Именно она определена в качестве приоритетной в Морской доктрине Российской Федерации как совокупность частных задач по защите континентального шельфа, биологических и других ресурсов в экономической зоне, освоение Арктических морей [1]. Анализ задач четко указывает на необходимость участия военной компоненты, основу которой составляют стационарные военные объекты, способные выполнять функции как по защите территорий, так и по обеспечению экологической безопасности, гидрометеорологическому контролю и др.

Военная организация государства, включающая, в том числе, и Вооруженные силы Российской Федерации (ВС РФ), представлена в Арктике различными формированиями, основная задача которых состоит в обеспечении безопасности страны от различных угроз в этом регионе, а также в освоении и строительстве инфраструктуры в российской Арктике. «Особое значение для надлежащего функционирования объектов оборонной инфраструктуры имеет состояние и качество энергетической системы, так как энергообеспечение напрямую влияет на успех выполнения задач. Немаловажными задачами Минобороны России остаются: совершенствование жизнеобеспечения военных городков и боевой подготовки; улучшение качества военной службы и быта военнослужащих; готовность обеспечения безопасности государства воинскими частями и соединениями. Таким образом, состояние энергосистемы напрямую влияет на боеспособность и боеготовность воинских формирований» [2].



Рис. 1. Факторы, влияющие на выбор рациональной стратегии оптимизации объекта энергообеспечения

Исследованием ряда вопросов, посвященных решению проблем энергообеспечения в интересах ВС РФ, занимались такие ученые, как: В.К. Аверьянов, А.М. Карасевич, В.О. Сайданов, Н.А. Бирюков и др. На сегодняшний день вопрос совершенствования процесса энергообеспечения остается актуальным и требует поиска новых решений, которые будут отвечать реалиям времени [1–10].

Так, в условиях сурового климата и территориальной удаленности необходимо максимально рационально подходить к процессу энергоснабжения, а также оптимизировать работу энергосистемы в целом.

Конкретный выбор наиболее рациональной стратегии оптимизации объекта энергообеспечения должен осуществляться на основе анализа факторов, приведенных на рис. 1.

Для того чтобы выбрать стратегию, необходимо рассчитать затраты на оптимизационные мероприятия. Одним из составляющих при принятии решения является соотношение финансовых издержек к единице энергоресурса [11, 12].

Так, первоочередной задачей является определение фактического среднесуточного расхода энергоресурса. Среднесуточный расход теплоты (среднесуточная тепловая нагрузка) в военном городке определяется по формуле:

$$Q_{hw} = \frac{1,2 \text{ ма}(55 - t_{cw})c X_n}{86400 \frac{\text{сек.}}{\text{сут.}}} [\text{Вт}],$$

где X_n – коэффициент суточной неравномерности расхода теплоты.

Удельные потери тепла в теплосетях λ_i [Гкал/км·сут.] для каждой котельной считаются известными, рассчитанными на основе разницы температур теплоносителя на подающем теплопроводе, на системе внутреннего теплоснабжения и обратном теплопроводе [2, 3, 8, 9]. Известны также основные характеристики котельных: установленная, рабочая и резервная тепловые мощности; годовой отпуск тепловой энергии; топливная характеристика котельной; годовой расход условного топлива; удельный расход условного топлива на выработку тепловой энергии [5–9].

Применительно к военному городку общая тепловая мощность будет сформулирована следующим образом:

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n Q_{oj} + \sum_{i=1}^m Q_{oi} + \sum_{i=1}^m Q_{vi} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{zvi j},$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{oj}$ – суммарная тепловая мощность систем отопления зданий казарменно-жилищного

фонда; $\sum_{i=1}^m Q_{oi}$ – суммарная тепловая мощность инженерно-технических сооружений;

$\sum_{i=1}^m Q_{vi}$ – суммарная тепловая мощность систем вентиляции зданий; $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{zvi j}$ – суммарная

тепловая мощность систем горячего водоснабжения зданий казарменного фонда; $i = \overline{1, n}$ – порядковый номер зданий казарменного фонда; $j = \overline{1, m}$ – суммарная тепловая мощность инженерно-технических сооружений.

Главным условием является выполнение неравенства:

$$Q_{um} = Q_o + Q_v + Q_{zv} + Q_{cn} + \Delta Q.$$

Одним из способов достижения требуемых показателей оптимизации работы котельных в случае возможности технического перевооружения, реконструкции, модернизации или капитального строительства будет определение оптимального вида топлива по минимуму приведенных затрат в процесс энергообеспечения.

Эффективность принимаемого решения по оптимизации функционирования котельных воинских частей, которая представлена совокупностью различных факторов и выражается суммой экономического, социального, экологического, военного и научного эффектов, можно представить в виде формулы:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{эк}} + \mathcal{E}_{\text{соц}} + \mathcal{E}_{\text{экол}} + \mathcal{E}_{\text{воен}} + \mathcal{E}_{\text{научн}} ,$$

где $\mathcal{E}_{\text{эк}}$ – экономический эффект; $\mathcal{E}_{\text{соц}}$ – социальный эффект; $\mathcal{E}_{\text{экол}}$ – экологический эффект; $\mathcal{E}_{\text{воен}}$ – военный эффект; $\mathcal{E}_{\text{научн}}$ – научный эффект.

Социальный эффект выражен в повышении надежности бесперебойного обеспечения воинских частей энергией.

Военный эффект выражен в повышении боевой готовности подразделений и воинских частей, поддержании объектов боевой подготовки и специальных объектов в готовности интенсивного использования и снижении затрат на их эксплуатационное содержание.

Экономический фактор является доминирующим и при выборе нового оборудования, вида топливно-энергетических ресурсов, способа транспортировки и организации хранения.

Современные котельные на сжиженном природном газе (СПГ) максимально автоматизированы, и для их обслуживания требуется меньшее количество обслуживающего персонала с высокой квалификацией. Они высокоэффективны и экономически выгодны в применении [4, 6, 11].

Ниже разработана укрупненная блок-схема алгоритма перевода объекта энергообеспечения воинских частей в Арктической зоне Российской Федерации на альтернативный вид топлива (рис. 2).

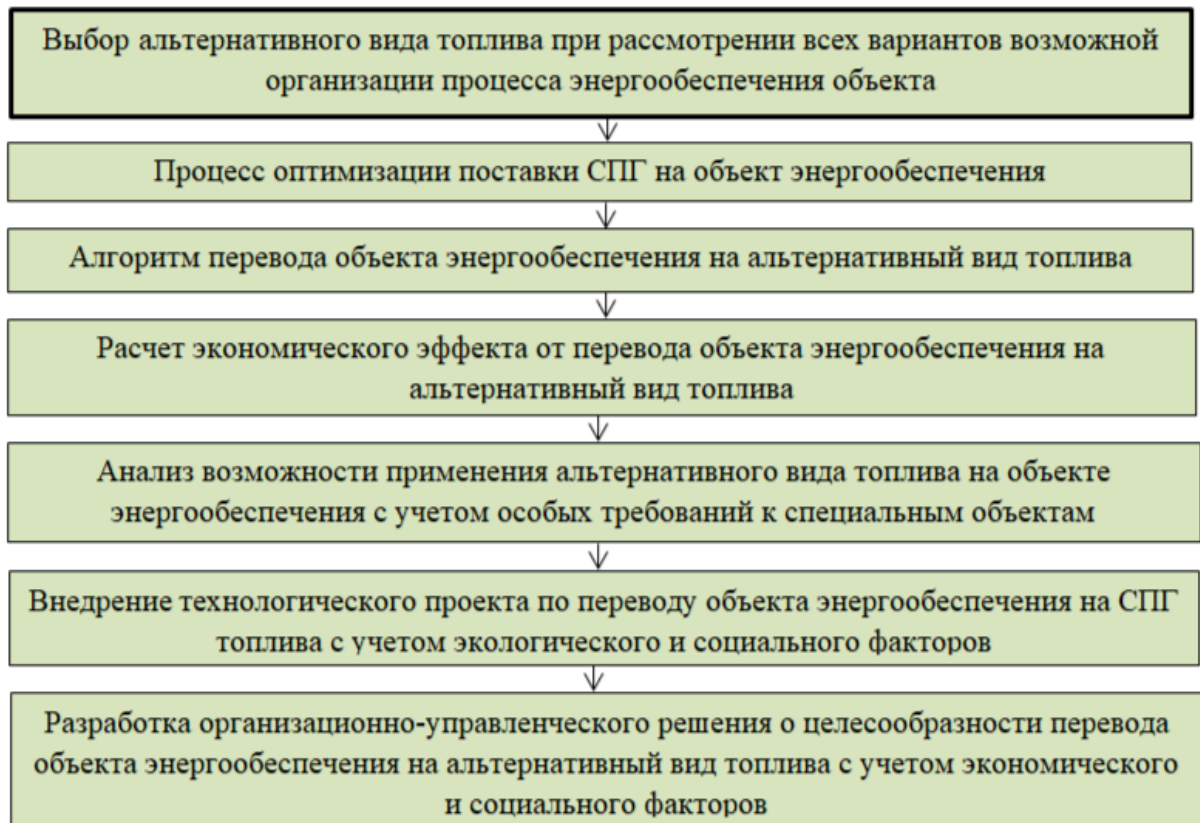


Рис. 2. Укрупненная блок-схема алгоритма обоснования вида топливно-энергетических ресурсов для воинских частей в Арктической зоне Российской Федерации [6, 7]

При выборе альтернативного вида топлива необходимо произвести сравнение экономических показателей принимаемых технических решений [12, 13].

Необходимая оценка будущих стоимостных затрат и результатов при определении эффективности технических решений осуществляется в пределах расчетного периода (горизонта расчета) [10]. При рассмотрении эффективности от внедрения конкретного технического решения в комплексе шагом расчета будет весь цикл инвестиционно-строительного проекта. При необходимости рассмотрения эффективности по периодам инвестиционного проекта шагом расчета может приниматься один год, как замыкающий цикл процесса теплоснабжения.

Общие суммарные приведенные затраты в систему $\sum Z$ (руб./т) определяются по формуле:

$$\sum Z = Z_1^i + Z_2^i + Z_3^i \rightarrow \min ,$$

где Z_1^i – приведенные затраты на оборудование (руб./т); i – вид потребляемого энергоресурса (топлива) ($i \in I, I = (1,2,3,\dots,n)$); j – рассматриваемый вариант технического решения по организации энергообеспечения воинской части в Арктической зоне на ($j \in J, J = (1,2,3,\dots, m)$); Z_2^i – приведенные затраты на топливо (руб./т); Z_3^i – приведенные затраты на строительство, техническое перевооружение или реконструкцию объекта энергообеспечения (руб./т).

$$Z_1^i = \frac{(Z_{кот}^i + Z_{авт}^i + Z_{экол}^i)}{V_{год}} ,$$

где $Z_{кот}^i$ – затраты на топливоиспользующее оборудование (котлоагрегаты, соответствующие потребляемому виду топлива); $Z_{авт}^i$ – затраты на оборудование систем автоматики контроля процессов энергообразования; $Z_{экол}^i$ – затраты на оборудование по защите окружающей среды от вредных выбросов в атмосферу и почву.

$$Z_2^i = \frac{(Z_{зак}^i + Z_{тр}^i + Z_{регаз}^i)}{V_{год}} ,$$

где $Z_{зак}^i$ – затраты на закупку вида топлива; $Z_{тр}^i$ – затраты на транспортировку вида топлива по схеме франко-склад потребителя. Издержки по перевозкам представляют собой часть полной транспортной составляющей в стоимости топлива при их доставке или готовой продукции при отправке ее потребителю; $Z_{регаз}^i$ – затраты на подготовку к использованию вида топлива.

$$Z_3^i = \frac{Z_{coop}^i}{V_{год}} ,$$

где $V_{год}$ – годовое потребление топлива, т.

Стоимостная составляющая вида топлива определяется через критериальный показатель, который учитывает как капитальные вложения в котельную, эксплуатационные расходы, так и стоимость топлива. S_m отражает долю стоимости топлива к годовой потребности в теплоэнергии:

$$S_m = \frac{Z_{зам}^i}{U_{год}}$$

где $Z_{зам}^i$ – замыкающие затраты на топливо.

$$Z_{зам}^i = (Z_{зак}^i + Z_{тр}^i + Z_{хр}^i + Z_{регаз}^i),$$

где $U_{год}$ – годовая потребность в тепле.

Затраты, связанные с закупкой вида топлива и подготовкой его к использованию, будут зависеть только от количества и вида топлива. Затраты же на транспортировку будут также зависеть от логистической цепочки транспортирования этого топлива к объекту его потребления.

Затраты на транспортировку топлива состоят из текущих затрат на транспортировку и капитальных вложений в технологическое присоединение к объекту потребителю и внутренние сети транспортировки:

$$Z_{тр}^i = (Z_{тр} + E_n \times KB_{тр});$$

$$KB_{тр} = KB_{тр}^{1км} \times l.$$

Конечной составляющей результата деятельности объекта энергообеспечения является себестоимость одной единицы энергоресурса $CC_{Гкал}$ вырабатываемой тепловой энергии [5, 11], которая отпускается потребителям. Она задает направление стратегии оптимизационных мероприятий и технических решений, которую можно рассчитать по формуле:

$$K_э = CC_{Гкал} = \sum Z \times \beta_{ij},$$

отсюда

$$\beta_{ij} = \frac{V_{год}}{U_{год}},$$

где $\sum Z$ – общие суммарные приведенные затраты в систему, (руб./т); β_{ij} – удельный расход топлива в установке, отнесенный к единице полезно произведенного тепла на топливоиспользующей установке (т/Гкал); i – вид потребляемого энергоресурса (топлива) ($i \in I, I = (1, 2, 3, \dots, n)$); j – рассматриваемый вариант технического решения по организации энергообеспечения на объекте. ($j \in J, J = (1, 2, 3, \dots, m)$); $V_{год}$ – годовое потребление топлива, т; $U_{год}$ – годовая выработка тепловой энергии, Гкал.

Выбор вида альтернативного топлива при рассмотрении различных вариантов возможной организации процесса энергообеспечения объекта выполняется по критерию минимума приведенных затрат в систему.

Если же в качестве энергоносителя используется газ, то затраты на подготовку к использованию природного газа будут выражаться в затратах на эксплуатацию и создание (вложение капитальных средств) системы автоматического управления процессами горения и понижения давления, которые значительно ниже затрат на подготовку к использованию других видов топлива.

Список источников

1. Морская доктрина Российской Федерации (утв. Президентом Рос. Федерации 31 июля 2022 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. М.: Мир, 1978. С. 72–73.

3. Бьядовский Д.А., Руденко А.Е. Методические подходы к оценке экономической эффективности применения сжиженного природного газа на объектах Арктического региона // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2019. № 4 (24). С. 21–30.
4. Иванченко А.С. Перспективы использования сжиженного газа. Современные технологии управления в социально-экономических системах и адаптационные возможности российской экономики. М.: Изд. дом Междунар. ун-та в Москве, 2006. С. 67–73.
5. Инновационный метод обоснования выбора проектировщика на основе оценивания рискоустойчивости при архитектурно-строительном проектировании / А.Н. Асташенко [и др.] // Вестник Российского нового университета. Сер.: Человек и общество. 2023. № 1. С. 66–76.
6. Зубова Л.В. Оценка эффективности в предпринимательской деятельности // Модернизация экономики и управления: сб. науч. ст. / под общ. ред. В.И. Бережного. 2013. С. 18–20.
7. Клепач А.В. Оценка эффективности нефтегазовых инвестиционных проектов // Газовая промышленность. 2000. № 11. С. 84.
8. Лачуга Ю.Ф. Рецензия на монографию «Приоритеты энергетической эффективности в АПК» // Вестник Екатеринбургского института. 2020. № 3 (51). С. 57–65.
9. Методические указания по расчету регулируемых цен (тарифов) в сфере теплоснабжения (с изм. и доп. от 24 июня 2022 г.): приказ Федер. службы по тарифам от 13 июня 2013 г. № 760-э. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения (утв. Госстроем Рос. Федерации 12 авг. 2003 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Методика составления топливно-энергетического баланса (ТЭБ) Российской Федерации: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 6 мая 2008 г. № 671-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Никитин Ю.А., Сафонов Д.А. Определение стоимости логистических операционно-складских работ при формировании первоначальной цены контракта на поставку топлива в интересах войск национальной гвардии Российской Федерации // Наука Красноярья. 2021. Т. 10. № 2. С. 7–24. DOI: 10.12731/2070-7568-2021-10-2-7-24. EDN VFVUGV.
13. Никитин Ю.А., Викулов С.Ф., Зубов А.О. Понятие, показатели и критерии рискоустойчивости системы материально-технического обеспечения боевой готовности Вооруженных сил Российской Федерации // Финансы и кредит. 2022. Т. 28. № 4 (820). С. 732–747.

References:

1. Morskaya doktrina Rossijskoj Federacii (utv. Prezidentom Ros. Federacii 31 iyulya 2022 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Boltyanskij V.G. Matematicheskie metody optimal'nogo upravleniya. M.: Mir, 1978. S. 72–73.
3. B'yadovskij D.A., Rudenko A.E. Metodicheskie podhody k ocenke ekonomicheskoy effektivnosti primeneniya szhizhennogo prirodno go gaza na ob"ektah Arkticheskogo regiona // Aktual'nye problemy ekonomiki i menedzhmenta. 2019. № 4 (24). S. 21–30.
4. Ivanchenko A.S. Perspektivy ispol'zovaniya szhizhennogo gaza. Sovremennye tekhnologii upravleniya v social'no-ekonomicheskikh sistemah i adaptacionnye vozmozhnosti rossijskoj ekonomiki. M.: Izd. dom Mezhdunar. un-ta v Moskve, 2006. S. 67–73.
5. Innovacionnyj metod obosnovaniya vybora proektirovshchika na osnove ocenivaniya riskoustojchivosti pri arhitekturno-stroitel'nom proektirovanii / A.N. Astashenko [i dr.] // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Ser.: Chelovek i obshchestvo. 2023. № 1. S. 66–76.
6. Zubova L.V. Ocenka effektivnosti v predprinimatel'skoj deyatel'nosti // Modernizaciya ekonomiki i upravleniya: sb. nauch. st. / pod obshch. red. V.I. Berezhnogo. 2013. S. 18–20.

7. Klepach A.V. Ocenka effektivnosti neftegazovykh investicionnykh proektov // *Gazovaya promyshlennost'*. 2000. № 11. S. 84.
8. Lachuga Yu.F. Recenziya na monografiyu «Prioritety energeticheskoy effektivnosti v APK» // *Vestnik Ekaterininskogo instituta*. 2020. № 3 (51). S. 57–65.
9. Metodicheskie ukazaniya po raschetu reguliruemym cen (tarifov) v sfere teplosnabzheniya (s izm. i dop. ot 24 iyunya 2022 g.): prikaz Feder. sluzhby po tarifam ot 13 iyunya 2013 g. № 760-e. Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
10. Metodika opredeleniya potrebnosti v toplive, elektricheskoy energii i vode pri proizvodstve i peredache teplovoj energii i teplonositelej v sistemah kommunal'nogo teplosnabzheniya (utv. Gosstroem Ros. Federacii 12 avg. 2003 g.). Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
11. Metodika sostavleniya toplivno-energeticheskogo balansa (TEB) Rossijskoj Federacii: rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 6 maya 2008 g. № 671-r. Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
12. Nikitin Yu.A., Safonov D.A. Opredelenie stoimosti logisticheskikh operacionno-skladskih rabot pri formirovanii pervonachal'noj ceny kontrakta na postavku topliva v interesah vojsk nacional'noj gvardii Rossijskoj Federacii // *Nauka Krasnoyar'ya*. 2021. T. 10. № 2. S. 7–24. DOI: 10.12731/2070-7568-2021-10-2-7-24. EDN VVVUGV.
13. Nikitin Yu.A., Vikulov S.F., Zubov A.O. Ponyatie, pokazateli i kriterii riskoustojchivosti sistemy material'no-tehnicheskogo obespecheniya boevoy gotovnosti Vooruzhennykh sil Rossijskoj Federacii // *Finansy i kredit*. 2022. T. 28. № 4 (820). S. 732–747.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 24.07.2023

Принята к публикации: 16.10.2023

The information about article:

Article was received by the editorial office: 24.07.2023

Accepted for publication: 16.10.2023

Информация об авторах:

Никитин Юрий Александрович, заведующий кафедрой военно-политической работы в войсках (силах) Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), доктор экономических наук, профессор, e-mail: nikitin_gpa@mail.ru, SPIN-код 2029-6020

Кузнецова Виктория Николаевна, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева (191123, Санкт-Петербург, Вознесенская наб., д. 10 а), e-mail: lady.kvn-48@yandex.ru, SPIN-код: 9248-9171

Information about the authors:

Nikitin Yuri A., head of the department of military and political work in the military (forces) Military Academy of logistics named after army general A.V. Khrulev (199034, Saint-Petersburg, nab. Makarova, d. 8), doctor of economics, professor, e-mail: nikitin_gpa@mail.ru, SPIN: 2029-6020

Kuznetsova Victoria N., junior researcher at the Scientific research institute (military systems research of logistics of the Armed forces of the Russian Federation) Military academy of logistics named after army general A.V. Khrulev (191123, Saint-Petersburg, Voznesenskaya nab., 10 a), e-mail: lady.kvn-48@yandex.ru, SPIN: 9248-9171