

УДК 623.9: 623.4.01

DOI: 10.22213/2413-1172-2020-4-22-28

Методика процесса формирования тактико-технических требований к бронетанковому вооружению и технике при организации производства

А. Л. Ахтулов, доктор технических наук, профессор, Омский бронетанковый инженерный институт, Омск, Россия

Д. С. Агафонов, адъюнкт, Омский автобронетанковый инженерный институт, Омск, Россия

С. Ю. Шелпаков, адъюнкт, Омский автобронетанковый инженерный институт, Омск, Россия

На современном этапе развития государства сохраняется и даже усиливается вероятность столкновения интересов государств, политических сил общества в связи с обострением различных политических, экономических и социальных противоречий. Приоритет в обеспечении оборонного потенциала России в настоящее время переориентирован в сферу уточнения взглядов на вопросы совершенствования военной техники, следовательно, повышения тактико-технических требований к ней.

Для решения актуальной задачи формирования тактико-технических требований к образцам бронетанкового вооружения и техники, планируемых к реализации в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию научно-технического задела в области развития бронетанкового вооружения и техники, необходимо разработать методику процесса формирования требований к бронетанковому вооружению и технике.

В статье представлена методика процесса формирования требований к бронетанковому вооружению и технике, которая включает в себя структурную декомпозицию сложной технической системы «объект» на подсистемы и составляющие ее элементы. Каждый иерархический уровень характеризуется набором показателей. В результате подробного анализа объект представляется многомерным массивом показателей. Определение взаимосвязи между этими показателями и взаимовлияния их друг на друга открывает возможность дальнейшей структурной формализации показателей тактико-технических характеристик на всех уровнях декомпозиции и их обоснование.

По результатам исследования предложена модель устройства управления турбокомпрессора, позволяющая увеличить приемистость дизельного двигателя. Работоспособность разработанной модели подтверждена машинным экспериментом, проведенным посредством программного комплекса для ЭВМ.

Ключевые слова: сложная техническая система, тактико-технические требования, формирование требований.

Введение

Укрепление боевой мощи Вооруженных Сил России, рост возможностей вооружения неразрывно связаны с повышением тактико-технических показателей военной техники. Задача улучшения показателей военной техники вызывает необходимость кардинального изменения эксплуатационно-технических качеств силовых установок бронетанковой техники.

Из анализа развития мирового танкостроения следует, что основные усилия в этой области направлены на изыскание путей увеличения средних и максимальных скоростей движения и запаса хода объекта по топливу в различных дорожных условиях (при прочих равных условиях) только за счет совершенствования силовых установок объектов [1, 2].

Особенности объекта как боевой машины, исходя из различных условий его применения, определяют специфику силовых установок объ-

ектов [3, 4]. Дальнейшее развитие военной науки в области применения бронетанкового вооружения и техники значительно повышает требования к одному из основных боевых свойств объекта – подвижности, следовательно, и к его силовой установке [5]. Поэтому разработка и обоснование требований к силовым установкам перспективных объектов является актуальной задачей, определяющей основные направления развития двигателестроения.

Постановка задачи

Разработка новых силовых установок для бронетанкового вооружения и техники, так же как и любой военной техники, требует значительных материальных затрат [6]. Поэтому их оценка на стадии проектирования и разработки на ее базе конструктивно-технологических мероприятий как на данном этапе, так и при доводке двигателей значительно снижает вероятность неудачных технических решений и материальных затрат.

Изменение способов и средств ведения боя, применение новейших материалов, постоянный рост научно-технического потенциала требует пересмотра существующих методик формирования требований. Существующие методики формирования требований не имеют единого научного подхода в определении наиболее рациональных значений основных показателей объектов бронетанкового вооружения в общем и их силовых установок в частности, в состав которых входят дизельные двигатели.

Следовательно, разработка методик для расчета энергетических, экономических и динамических характеристик как основных показателей двигателей объектов различных структурно-компоновочных схем и математических моделей этих расчетов является также важной и актуальной задачей современного этапа двигателестроения.

Анализ состояния вопроса

Создание новых образцов бронетанкового вооружения и техники, как правило, связано с обоснованной необходимостью достижения максимально возможных показателей тактико-технических характеристик, отражающих приоритетные свойства вновь создаваемых образцов бронетанкового вооружения и техники при условии как минимум сохранения других показателей. Эта задача решается в условиях массогабаритных и стоимостных ограничений [7]. С учетом того, что объект является сложной технической системой, простое наращивание какого-либо свойства будет неизбежно приводить к ухудшению по крайней мере одного другого. Поэтому решение задачи разработки нового образца бронетанкового вооружения и техники представляется не как прямое наращивание его основных свойств, а как результат многовариантного поиска наиболее рациональных показателей огневой мощи, подвижности и защищенности.

Имеются работы [8–10], решающие узкоспециализированные задачи по обоснованию требований к отдельным системам образцов бронетанкового вооружения и техники, но задача обоснования всех требований с учетом неухудшаемых показателей в этих работах не рассматривается.

Так, для объекта основными ограничениями являются массогабаритные, к которым относятся: полная масса, высота по крышу башни и длина броневых корпусов, ширина по гусеницам, среднее давление на грунт, а также дополнительные условия по авиатранспортабельности.

С учетом расширяющихся возможностей применения различного вооружения на образец бронетанкового вооружения и техники увеличивается и объем боевых задач по поражению противника. Увеличение объема этих задач в перспективе также будет вызвано тем, что номенклатура используемых противником вооружений и техники также изменяется и увеличивается.

Таким образом, требования к объектам должны учитывать особенности, обеспечивающие успешное выполнение любых боевых задач.

При рассмотрении силовых установок стоит отметить, что ведущие производственные и научно-исследовательские организации постоянно ведут работы по улучшению показателей характеристик силовых установок. В результате этих исследовательских работ, а также совершенствования различных физических и химических процессов в силовых установках накоплен огромный объем теоретических знаний и большое количество технических решений, каждое из которых гарантирует увеличение отдельных показателей силовых установок, а имеющиеся методики предполагают одномоментное упрощение сложных расчетов с повышением их точности. В то же время одновременное использование всех необходимых технических решений приведет, скорее, к снижению основных показателей и усложнению конструкции, чем к улучшению всех показателей [11].

Таким образом, возникает потребность в методическом аппарате для наиболее рационального расчета и обоснования внедрения новых технических решений в проектируемые силовые установки.

Цель исследования – разработка подхода к формированию требований к перспективным и модернизируемым образцам бронетанкового вооружения и техники и к их силовым установкам с учетом выполнения ими боевых задач.

Решение поставленной задачи

Для обоснования перспективных требований к характеристикам основных боевых свойств образца бронетанкового вооружения и техники на первом этапе необходимо выполнить анализ этого образца как сложной технической системы, разработать структурированный иерархический набор параметров, характеристик и его комплексных показателей [12].

Следующим этапом разработки требований является формирование рациональных параметров и характеристик основных боевых свойств образца бронетанкового вооружения и техники. Для этого используется метод экспертных оце-

нок, математическое моделирование, натурный эксперимент, испытания, ретроспективный анализ. На заключительном этапе формируются собственно требования к характеристикам основных боевых свойств перспективного образца бронетанкового вооружения и техники, которые зависят от параметрического облика его компоновки и вооружения [13, 14].

Формирование требований является итерационным процессом. После отработки заключительного этапа разработки требований оценива-

ется возможность их осуществления в результате проведения опытно-конструкторской работы, и в случае необходимости вносятся коррективы.

Рассмотрим образец бронетанкового вооружения и техники как сложную техническую систему. Иерархическая структура сложной технической системы «объект» представляется в виде подсистем исходя из специфики и сложности физических процессов, протекающих при использовании образца бронетанковой техники по назначению (рис. 1).

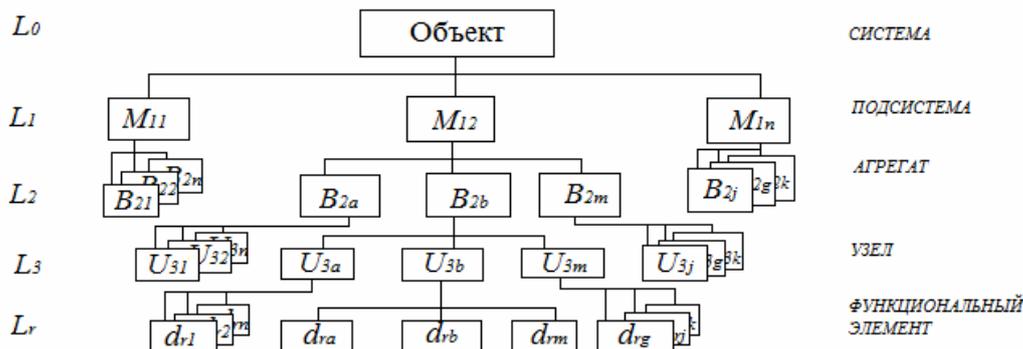


Рис. 1. Блок-схема иерархии объектов бронетанкового вооружения и техники: L_0 – уровень, характеризуемый общими показателями; L_1 – уровень, характеризуемый комплексными показателями; L_2 – уровень, характеризуемый удельными показателями; L_3 – уровень, характеризуемый единичными показателями; L_r – уровень, характеризуемый отдельными показателями; M – подсистемы, принадлежащие к 1-му рангу входимости; B – агрегаты, принадлежащие ко 2-му рангу входимости; U – узлы, принадлежащие к 3-му рангу входимости; d – деталь, условно приписанная к одному из узлов r -го ранга входимости

Fig. 1. Block diagram of the hierarchy of objects of armored weapons and equipment: L_0 - a level characterized by general indicators; L_1 - a level characterized by complex indicators; L_2 - a level characterized by specific indicators; L_3 - a level characterized by single indicators; L_r - level that are characterized by individual indicators; M - subsystems that belong to the 1st rank of occurrence; B - aggregates that belong to the second rank of entry; U - nodes that belong to the 3rd rank of entry; d - part conditionally assigned to one of the nodes r th rank of occurrence

Рассмотрим образец бронетанкового вооружения и техники с точки зрения его проектирования (рис. 2), производства и подготовки к эксплуатации как многоуровневую, иерархическую структуру, которая может быть проиллюстрирована широко используемым на практике общим подходом к моделированию сложных технических систем [15, 16]. Формализуя описание «объекта» как сложной технической системы, целесообразно разделить его на основные составляющие, а именно: совокупность систем вооружения, система защиты, шасси.

В свою очередь, каждая из этих трех составляющих состоит из систем, которые делятся на подсистемы и могут быть доведены до элементарного уровня, при этом глубина анализа системы определяется наличием одного или нескольких показателей, характеризующих систему (см. рис. 1): единичных показателей L_3 , удельных показателей L_2 , комплексных показателей L_1 и общих показателей L_0 . Эти показате-

ли могут иметь незначительные различия в зависимости от условий применения, что выражается соответствующими зависимостями (например, зависимость мощности силовой установки от температуры окружающего воздуха при заданном числе оборотов).

Таким образом, в результате подобного анализа объект может быть представлен некоторым многомерным массивом показателей $a_{i,g,\dots,k,n}$:

$$\begin{cases} a_{i/g/\dots/k/n} \neq 0, \\ i \geq 0; g \geq 0; \dots; k \geq 0; n \geq 0, \\ i + g + \dots + k + n = S, \end{cases} \quad (1)$$

где i, g, \dots, k, n – количество подсистем или элементов на соответствующем иерархическом уровне; S – общее число параметров, характеризующих сложную техническую систему, и набором функций

$$\Phi_m(a_{i,g,\dots,k,n}; \Phi_1; \Phi_2; \dots; \Phi_B), \quad (2)$$

где φ_a – внешние воздействующие факторы (параметры окружающей среды, условия эксплуатации и другие); m – число характеристик.

Таким образом, из (1) и (2) видно, что объем набора показателей a и число функций Φ зависит от глубины анализа общего числа параметров S и количества иерархических уровней, рассматриваемых при анализе.

Общепринятые подходы теории исчисления по анализу сложных технических систем основывались на условиях вида «элемент x обладает свойством T ». Такой теоретический подход развит до высказывания вида «элемент x характеризуется свойством T , которое имеет количественный показатель a , а взаимосвязь этого элемента с окружающей средой и с элементами системы описывается функцией Φ ».

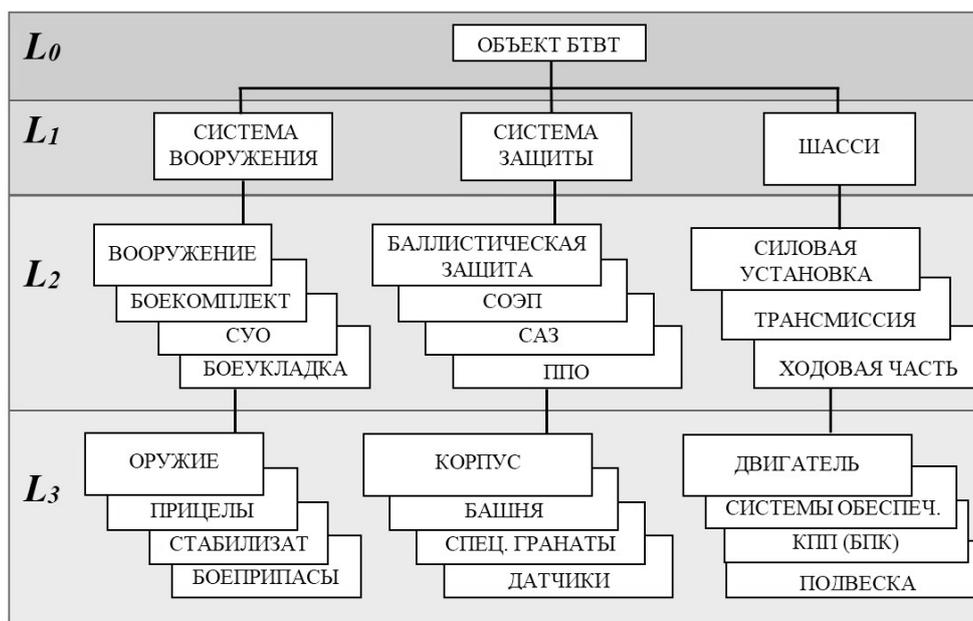


Рис. 2. Блок-схема иерархии объектов бронетанкового вооружения и техники: L_0 – уровень, характеризуемый общими показателями; L_1 – уровень, характеризуемый комплексными показателями; L_2 – уровень, характеризуемый удельными показателями; L_3 – уровень, характеризуемый единичными показателями; СУО – система управления огнем; СОЭП – станция оптико-электронных помех; САЗ – система активной защиты; ППО – противопожарное оборудование

Fig. 2. Block diagram of the hierarchy of objects of armored weapons and equipment: L_0 - the level, which is characterized by general indicators; L_1 - a level characterized by complex indicators; L_2 - the level characterized by specific indicators; L_3 - a level that is characterized by single indicators; СУО - fire control system; СОЭП - optoelectronic jamming station; САЗ - active protection system; ППО - fire-fighting equipment

Стоит отметить, что постоянное усложнение конструкций, систем и комплексов, используемого вооружения приводит практику проектирования образцов бронетанкового вооружения и техники к явно выраженным следующим тенденциям: с одной стороны, усложнению структуры, улучшению огневой мощи, защищенности и увеличению мощности силовой установки, а с другой стороны – значительно возрастают требования к объектам в целом. Наличие совокупности выполняемых образцом бронетанкового вооружения и техники задач, случайных и неопределенных параметров отдельных элементов в реальном процессе проектирования, многоэлементность систем, а также внешних воздействий на технические характеристики и облик создаваемого образца бронетанкового вооружения и техники приводит к необходимо-

сти их учета в математических моделях проектирования. В дальнейшем для оценки технического уровня необходимо провести формализацию структуры сложной технической системы «объект», в результате чего появится формализованная модель, представляющая собой многомерный набор показателей и функций, отражающих основные свойства подсистем и системы в целом.

С использованием описанной выше методики была проведена структурная декомпозиция силовой установки современного танка и выявлены основные причины снижения мощностных и экономических показателей дизельного двигателя на переходных режимах работы при приеме нагрузки или при увеличении цикловой подачи топлива. По результатам проведенного исследования был разработан дизельный дви-

тельность выполнения задач в зависимости от изменяющихся внешних условий.

4. Внедрение устройства управления турбонаддува в конструкцию дизельного двигателя позволит значительно увеличить приемистость дизельного двигателя и, как следствие, улучшить основные показатели образца бронетанкового вооружения и техники по подвижности.

Библиографические ссылки

1. *Зубов Е. А.* Двигатели танков (из истории танкостроения). Послевоенный период / под ред. Н. И. Троицкого. М. : Информтехника, 1995. 144 с.

2. *Степанов В. В.* Рейтинги мировых танковых парков: применение методов сравнительного анализа для оценки военного уровня и конкурентоспособности танков на мировом рынке // Известия РАН. 2012. № 72. С. 24–34.

3. Бронетанковая техника. Конструкция и расчет танков и боевых машин пехоты / В. А. Чобиток [и др.]. М. : Военное издательство, 1984, 376 с.

4. *Андреев Р. Н., Фискевич А. С., Буянов М. С.* Состояние и перспективы развития бронетанкового вооружения и техники в Российской Федерации // Научно-технический сборник. Вып. № 35 (41) / ВА МТО им. генерала армии А. В. Хрулева, 2018. 84 с.

5. Анализ тенденций развития силовых установок в целях улучшения показателей подвижности отечественных образцов бронетанкового вооружения и техники / М. Г. Гранкин [и др.] // Наука и военная безопасность. 2018. № 4 (15). С. 13–19.

6. *Барятянский М. Б.* Все современные танки: Большой военный справочник. М. : Эксмо, 2019. 480 с.

7. *Анипко О. Б., Борисюк М. Д., Бусяк Ю. М.* Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники : монография. Харьков : ХПИ, 2008. 196 с.

8. *Колучкин В. Я., Нгуен К. М.* Методика обоснования требований к системам технического зрения промышленных робототехнических комплексов // Наука и образование. 2015. № 7. С. 198–205.

9. *Егоров И. В., Лачугин Д. В.* Оптимизация параметров системы технического зрения на базе трех камер // Вестник СГТУ. 2012. № 1 (64). С. 393–397.

10. *Чиров Д. С., Чертова О. Г., Потапчук Т. Н.* Методика обоснования требований к системе технического зрения робототехнического комплекса // Труды СПИИРАН. 2017. № 2 (51). С. 152–176.

11. Формирование и использование синергетических эффектов в процессе проектирования силовых установок / А. Л. Ахтулов, Д. С. Агафонов, С. Ю. Шелпаков, А. В. Чупин // Наука и военная безопасность. 2020. № 3 (22). С. 18–22.

12. *Буров С. С.* Конструкция и расчет танков. М. : Академия, 1973. 602 с.

13. *Вентцель Е. С.* Исследование операций: задачи, принципы, методология. М. : Устита, 2015. 192 с.

14. *Akhtulov A.L.* The construction of the system of automation of designing of load-lifting cranes of bridge type. European Science and Technology: materials of the

XVII international research and practice conference, Munich, June 7th - 8th, 2017. Publ. office Vela Verlag Waldkraiburg, Munich, Germany, 2017, pp. 29-35.

15. Формирование требований к силовым установкам с дизельными двигателями образцов БТВТ / Д. С. Агафонов [и др.] // Наука и военная безопасность. 2019. № 4 (19). С. 5–9.

16. *Akhtulov A.L.* The algorithm of numerical calculation of constraints reactions in a dynamic system of transport machine. J. of Physics: Conference Series, 2018, 944, pp. 1-12. DOI: 10/1088/1742-6596/944/1/012002; EID: 2-s2.0-85042282003.

References

1. Zubov E.A., Teeth E.A., Troitsky N.I. *Dvigateli tankov (iz istorii tankostroeniya). Poslevoenniy period* [Tank engines (from the history of tank building). Post-war period]. Moscow, Informtechnika Publ., 1995, 144 p. (in Russ.).

2. Stepanov V.V. [Ratings of world tank parks: application of comparative analysis methods for assessing the military level and competitiveness of tanks on the world market]. *Izvestiya RARAN*, 2012, no. 72, pp. 24-34 (in Russ.).

3. Chobitok V.A. *Bronetankovaya tekhnika. Konstruktsiya i raschet tankov i boevykh mashin pekhoty* [Armored vehicles. Design and calculation of tanks and infantry fighting vehicles]. Moscow, Military Publ., 1984, 376 p. (in Russ.).

4. Andreev R.N., Fiskevich A.S., Buyanov M.S. [State and prospects for the development of armored weapons and equipment in the Russian Federation]. *Nauchno-tekhnicheskii sbornik*, 2018, no. 35, 84 p. (in Russ.).

5. Grankin M.G. [Analysis of trends in the development of power plants in order to improve the mobility indicators of domestic models of armored weapons and equipment]. *Nauka i voennaya bezopasnost'*, 2018, no. 4, pp. 13-19 (in Russ.).

6. Baratyansky M.B. *Vse sovremennye tanki: Bol'shoi voennyi spravochnik* [All Modern Tanks: The Great Military Guide]. Moscow, Eksmo Publ., 2019, 480 p. (in Russ.).

7. Anipko O.B., Borisyuk M.D., Busyak Yu.M. *Kontseptual'noe proektirovanie ob'ektov bronetankovoi tekhniki* [Conceptual design of armored vehicles]. Kharkov, KhPI Publ., 2008, 196 p. (in Russ.).

8. Koluchkin V.Y., Ngyien K.M. [Methodic of formation of requirements for vision system for industrial robotic systems]. *Nauka i obrazovanie*, 2015, no. 7, pp. 198-205 (in Russ.).

9. Egorov I.V., Lachugin D.V. [Optimization of the parameters of the technical vision system based on three cameras]. *Vestnik SGTU*, 2012, no. 1, pp. 393-397 (in Russ.).

10. Chirov D.S., Chertova O.G., Potapchuk T.N. [Methodology for substantiating the requirements for the system of technical vision of a robotic complex]. *Trudy SPIIRAN*, 2017, no. 2, pp. 152-176 (in Russ.).

11. Akhtulov A.L., Agafonov D.S., Shelpakov S.Yu., Chupin A.V. [Formation and use of synergistic effects in

the design of power plants]. *Nauka i voennaya bezopasnost'*, 2020, no. 3, pp. 18-22 (in Russ.).

12. Burov S.S. *Konstruktsiya i raschet tankov* [Design and calculation of tanks]. Moscow, Akademiya Publ., 1973, 602 p. (in Russ.).

13. Wentzel E.S. *Issledovanie operatsii: zadachi, printsipy, metodologiya* [Operations Research: Objectives, Principles, Methodology]. Moscow, Ustitia Publ., 2015, 192 p. (in Russ.).

14. Akhtulov A.L. The construction of the system of automation of designing of load-lifting cranes of bridge type. *European Science and Technology: materials of the*

XVII international research and practice conference, Munich, June 7th - 8th, 2017. Publ. office Vela Verlag Waldkraiburg, Munich, Germany, 2017, pp. 29-35.

15. Agafonov D.S. I. [Formation of requirements for power plants with diesel engines of BTVT samples]. *Nauka i voennaya bezopasnost'*, 2019, no. 4, pp. 5-9 (in Russ.).

16. Akhtulov A.L. The algorithm of numerical calculation of constraints reactions in a dynamic system of transport machine. *J. of Physics: Conference Series*, 2018, 944, pp. 1-12. DOI: 10/1088/1742-6596/944/1/012002; EID: 2-s2.0-85042282003.

Method for Generating the Tactical and Technical Requirements for Armored Armament and Equipment at Production Organization

A.L. Akhtulov, DSc in Engineering, Professor, Omsk Automobile and Armored Engineering Institute, Omsk, Russia

D.S. Agafonov, Adjunct, Omsk Automobile and Armored Engineering Institute, Omsk, Russia

S.Yu. Shelpakov, Adjunct, Omsk Automobile and Armored Engineering Institute, Omsk, Russia

At the present stage of state development, the likelihood of a collision of interest of society's state and political forces still remains and even increases due to the aggravation of various political, economic, and social contradictions. The priority in ensuring Russia's defense potential is currently reoriented to the sphere of clarifying views on its tactical and technical requirements.

To solve the urgent problem of the formation of tactical and technical requirements for samples of armored weapons and equipment planned for implementation in the framework of research and development of armored weapons and equipment, a methodology is proposed for the process of forming requirements for armored vehicles, weapons, and equipment.

The method includes the structural decomposition of a complex technical system "object" into a subsystem and its constituent elements. Each hierarchical level is characterized by a set of indicators. As a result of the detailed analysis, the object is represented by a multidimensional array of indicators. Determining the relationship between these indicators and their mutual influence on each other opens up the possibility of further structural formalization of indicators of tactical and technical characteristics at all levels of decomposition and their justification.

Based on the study results, a model of the turbocharger control device is proposed, which allows increasing the throttle response of a diesel engine. The developed model's efficiency is confirmed by a computer experiment carried out by means of a computer software package.

Keywords: complex technical system, complex, specific and individual indicators, requirements formation.

Получено 01.09.2020

Образец цитирования

Ахтулов А. Л., Агафонов Д. С., Шелпаков С. Ю. Методика процесса формирования тактико-технических требований к бронетанковому вооружению и технике при организации производства // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 4. С. 22–28. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-4-22-28.

For Citation

Akhtulov A.L., Agafonov D.S., Shelpakov S.Yu. [Method for Generating the Tactical and Technical Requirements for Armored Armament and Equipment at Production Organization]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 22-28 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2020-4-22-28.