

К оцениванию технического уровня разведывательно-ударных и ударных беспилотных летательных аппаратов на стадии эксплуатации

On assessing the technical level of scout/attack unmanned aerial vehicles at the operational stage

Микони С.В.^{1*}, Семенов С.С.²
Mikoni S.V.^{1*}, Semionov S.S.²

¹ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский Центр РАН», Санкт-Петербург, Российская Федерация, ²АО «Государственное научно-производственное предприятие «Регион», Москва, Российская Федерация

¹St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russian Federation, ²Region Public Research and Development Enterprise, Moscow, Russian Federation

*smikoni@mail.ru



Микони С.В.



Семенов С.С.

Резюме. Цель. Целью данной статьи является: показать актуальность оценивания технического уровня БЛА в целом, выявить и отразить особенности проблемы оценивания технического уровня (ТУ) на этапе эксплуатации. **Методы.** При формировании материалов статьи используется метод системного анализа. **Результаты.** Показана роль оценки ТУ разведывательно-ударных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) как индикатора их технического совершенства, представлены состояние, методология и результаты оценивания ТУ БЛА на всех этапах жизненного цикла, основные направления развития БЛА, выявлены особенности оценивания ТУ БЛА на этапе проектирования с целью поддержания требуемого уровня на этапе эксплуатации. **Выводы.** Предложены рекомендации по структурированию показателей, отражающих стабильность и развитие БЛА. Подбор модулей под требования, предъявляемые к показателям развития, позволит поддерживать надлежащий технический уровень БЛА на этапе эксплуатации.

Abstract. Aim. The paper aims to show the relevance of assessing the technical level of UAVs in general, to identify and set forth the specificity of technical level (TL) assessment at the operational stage. **Methods.** The paper uses the method of systems analysis. **Results.** The paper shows the role of TL assessment of scout/attack unmanned aerial vehicles (UAVs) as an indicator of their technological excellence, presents the state of the art, methodology and results of UAV TL assessment at all life cycle stages, key trends in UAV development, identifies the specificity of UAV TL assessment at the design stage for the purpose of maintaining the required level at the operational stage. **Conclusions.** The paper provides recommendations for structuring indicators that reflect the stability and development of UAVs. If modules are selected according to the required development indicators, the proper technical level of the UAV will be maintained at the operational stage.

Ключевые слова: разведывательно-ударные и ударные беспилотные летательные аппараты, жизненный цикл, технический уровень, оценочные показатели, эксплуатация.

Keywords: scout/attack and attack unmanned aerial vehicles, life cycle, technical level, estimated indicators, operation.

Для цитирования: Микони С.В., Семенов С.С. К оцениванию технического уровня разведывательно-ударных и ударных беспилотных летательных аппаратов на стадии эксплуатации // Надежность. 2024. №2. С. 52-60. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2024-24-2-52-60>

For citation: Mikoni S.V., Semionov S.S. On assessing the technical level of scout/attack unmanned aerial vehicles at the operational stage. Dependability 2024;2:52-60. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2024-24-2-52-60>

Поступила: 18.10.2023 г. / **После доработки:** 08.04.2024 / **К печати:** 10.06.2024

Received on: 18.10.2023 / **Revised on:** 08.04.2024 / **For printing:** 10.06.2024

Введение

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом большое внимание уделяется развитию беспилотных робототехнических комплексов различного назначения, которые воплощают в себе последние достижения в области микроэлектроники, информационных технологий, программного обеспечения, материалов и др. Одним из основных направлений развития таких комплексов является создание перспективных беспилотных авиационных систем (БАС) военного и гражданского назначения. 12 сентября 2023 г. было проведено заседание во главе с Председателем правительства РФ М. Мишустинским по развитию БАС, на котором были подробно рассмотрены задачи – от формирования промышленной базы, программного обеспечения, инфраструктуры, оказания услуг по использованию беспилотной авиации до развития научных и технологических компетенций, конструкторской и инженерной школы [1]. Предполагается создание сети научно-производственных центров, в которых сосредоточатся работы по апробированию и практической реализации передовых решений в отрасли, а также инфраструктуры для обеспечения полетов на территории страны в едином воздушном пространстве. При этом первостепенное значение в целях повышения обороноспособности страны приобретает разработка разведывательно-ударных и ударных комплексов беспилотных летательных аппаратов (КБЛА). Созданием беспилотных летательных аппаратов (БЛА) такого класса в мире занимаются более 20-ти стран. Передовые позиции в мире в этой области беспилотной авиации занимают такие страны как США, Китай, Израиль, Иран, Турция, Великобритания, Франция. Классическим прототипом в этом классе стал разведывательно-ударный БЛА Reaper MQ-9 (США), который принят многими странами за образец при создании и оснащении собственных ВС таким БЛА.

При проектировании КБЛА разработчики сталкиваются с необходимостью определить технический облик системы в целом и, в первую очередь, с решением задач выбора рационального конструктивно-компоновочного облика и технологических схем БЛА и их основных параметров. Технология разработки сложных технических систем (СТС) как КБЛА хорошо отработана. Вместе с тем, возникают предложения по повышению эффективности создания СТС авиационного направления. На основе анализа основных проблем, связанных с разработкой особо сложных образцов авиационной техники (АТ) военного назначения, недостатков существующего порядка создания, а также зарубежного опыта приобретения военной техники в работе [2] предлагается пересмотреть процесс создания сложных образцов АТ и осуществить переход на модель разработки, состоящую из трех основных стадий: внешнее проектирование; эскизно-техническое проектирование с разработкой демонстратора и проведением его испытаний; полномасштабная ОКР.

Быстрая смена инновационных технологий заставляет ведущие страны мира пересмотреть концепции ведения будущих воздушных операций и сформировать новые планы развития беспилотной авиации до 2035-40 гг. По мнению ведущих специалистов рабочей группы Института Митчелла (США), с целью поддержания боеготовности авиапарка на высоком уровне следует выводить из эксплуатации все авиационные средства быстрее, чем это происходило в течение последних нескольких десятилетий. И в этой связи этап эксплуатации АТ может стать важным звеном в жизненном цикле, в котором проявляется достигнутый уровень разработки. Оценивание технического уровня (ТУ) КБЛА на всем жизненном цикле системы может послужить инструментом (индикатором) для определения уровня разработки (проекта). Цель данной статьи – показать актуальность оценивания ТУ БЛА в целом, выявить и отразить особенности проблемы оценки ТУ на этапе эксплуатации.

1. Технический уровень как индикатор конкурентоспособности БЛА

Проблема формирования ожидаемых основных тактико-технических характеристик (ТТХ) при разработке БЛА является крайне актуальной, так как затрагивает финансовые, временные, кадровые и другие ресурсы. В конечном итоге нерешенность проблемы может негативно отразиться на эффективности и качестве будущего прототипа, которому изначально предполагается достаточно высокие значения ТТХ. Получение компонентов основных показателей из множества характеристик комплекса БЛА (КБЛА) происходит в процессе формирования задач, стоящих перед комплексом.

Когда говорят о конкурентоспособности создаваемой продукции, то под этим подразумевается успешность ее продажи в определенных сегментах рынка, в том числе на внешних рынках. В современной экономической науке конкурентоспособность принято оценивать соотношением «цена/качество». Сформировалось новое направление в проектировании новой техники – «управление жизненным циклом изделия» или CALS-технологии, которые с помощью автоматизированных систем управления обеспечивают выполнение технологических процессов или проведение проектных работ. Назначение CALS-технологий – обеспечивать представление необходимой информации в нужное время в нужном виде и в конкретном месте любому пользователю на всех этапах жизненного цикла.

Накопленный опыт в области разработки методического базиса и практического решения некоторых задач интегрированной логистической поддержки представлен в монографии [3]. В данной работе отмечается, что если речь идет о оценке конкурентоспособности вновь создаваемого изделия преимущественно оборонного назначения и понятие конкурентоспособности изделий

напрямую связано с обеспечением обороноспособности государства, то при формировании требований к создаваемому изделию необходимо учитывать мировой уровень. Иными словами, индикатором прогрессивности технических решений может стать ТУ разработки. Оценка ТУ создаваемого объекта техники по отношению к лучшим мировым образцам является одним из инструментов выбора наилучших проектных решений из числа альтернативных.

Процесс разработки комплекса БЛА начинается с постановки задач исследования его характеристик и выбора проекта. Для их решения обычно применяются методы исследования операций. В условиях недостаточности информации для принятия решений используются эвристические методы, методы теории игр и комбинированные методы с сочетанием имитационного моделирования [4].

Выбор модели многофункционального БЛА предполагает, исходя из заданных требований, определение наилучшего образца БЛА из определенного набора существующих альтернативных вариантов. Фактически существующие варианты отражают текущий уровень научно-технологического развития беспилотной авиации. Рассматривая задачу в подобной постановке, мы пытаемся определить такой вариант перспективного многоцелевого БЛА, который может быть реализован на существующем уровне научно-технологического развития. Она относится к задачам многокритериального проектного выбора, что согласуется с рецензией [5] д-ра техн. наук, проф. В.Н. Евдокименкова и канд. техн. наук И.В. Захарова на монографию по робототехническим комплексам [6].

Прорывные технологии, обеспечивающие конкурентоспособность отечественных разработок, традиционно генерируются в авиастроении. Отраслевые НИР, как показывает опыт, ориентируют на образцы, превосходящие по ТУ лучших предшественников на 10...15% [(7, стр. 15), 8].

Результаты научно-теоретических исследований по оцениванию ТУ корректируемых и управляемых авиационных бомб (УАБ) как одной из разновидностей БЛА подтверждают такую оценку [9]. Итогом анализа тенденций развития зарубежных УАБ является предлагаемая для УАБ аттестационная шкала для оценки перспективности разработок (табл. 1). Образцы УАБ, получившие коэффициент ТУ ($K_{ТУ}$) равный 1,135...1,265, считаются перспективными.

Табл. 1. Аттестационная шкала перспективности УАБ

Пределы изменения $K_{ТУ}$	Прогнозная оценка изделия в целом
1,05...1,065	Не перспективная УАБ
1,07...1,13	Малоперспективная УАБ
1,135...1,265	Перспективная УАБ
1,27 и выше	Весьма перспективная УАБ

2. Динамика технического уровня в течение жизненного цикла образца техники

Темпы технологических изменений, которые происходят сегодня, имели место в 1950-х и 1960-х гг., что привело к появлению истребителей реактивной авиации [10]. Каждые пять-семь лет США поставляли на вооружение новый военный самолет, который мог летать выше, быстрее и дальше. Также необходимо отметить, что в годы бурного развития авиации (1930-е годы), стремительного роста ее влияния как на военный, так и на гражданский сектор, в ней, как ни в какой другой области техники быстро устаревали еще недавно, казалось бы, совершенные образцы. Если срок от начала проектирования самолета до внедрения его в серию растягивался примерно на пять лет, то такой самолет морально устаревал, не успев даже дойти до армии [11].

На основе имеющегося опыта проведения НИОКР установлено, что поиск и внедрение технических усовершенствований в среднем на 33% эффективнее научных исследований и разработок [12]. При этом число оригинальных деталей, узлов и приборов при изготовлении нового сложного изделия не должно превышать 25...30% от общего числа деталей, узлов и пр. [13].

Основная цель оценивания ТУ вновь создаваемого образца техники состоит в том, чтобы убедиться, что к моменту промышленного выпуска образец не будет уступать лучшим аналогичным отечественным и зарубежным моделям, которые к тому времени появятся на рынке, т.е. предотвратить отставание создаваемого отечественного изделия от передовых достижений отечественной и мировой науки и техники в данной области. ТУ дает представление о том, соответствует ли технико-экономические показатели продукции современным отечественным и зарубежным образцам аналогичной техники.

Необходимость оценивания ТУ образцов сложной техники подтверждается в работе [14]. Здесь рассмотрен процесс старения военной техники на примере таких сложных систем как танки. При этом отмечается, что военно-технический уровень образцов танков, состоящих на вооружении, в 1,5–2,5 раза ниже, чем на момент их выпуска и поставки в войска.

Взаимосвязь понятий «качество» и «технический уровень» имеют различные трактовки. В работах 60-80-х годов XX в. [15, 16] утверждалось, что ТУ является важнейшей характеристикой качества новых разработок СТС, поскольку он представляет собой обобщенную характеристику физических свойств, возможностей и степени технической новизны рассматриваемой СТС. Требование новизны можно считать отличительной особенностью технического уровня по отношению к качественным характеристикам СТС.

ТУ, как интегральный показатель качества СТС, каковой является БЛА, в течение производственного и эксплуатационного этапов жизненного цикла имеет трапециевидный характер [17], что показано на рис. 1.

Медленное улучшение качества происходит в начальный период по мере выполнения заданных технических параметров (кривая 1). Затем следует стабилизация (кривая 2), а за ней – постоянное ухудшение качества вследствие морального и физического износа системы без ее модернизации (кривая 3). Ухудшение технического уровня системы на этапе ее эксплуатации можно предотвратить путем модернизации ее составляющих (кривая 4).

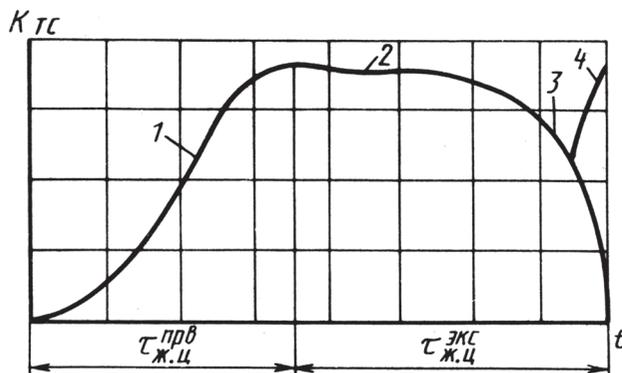


Рис. 1. Зависимость показателя качества СТС в течение жизненного цикла для усредненных условий его применения: $\tau_{ж.ц}^{прв}$ – продолжительность производственного этапа жизненного цикла, $\tau_{ж.ц}^{экс}$ – продолжительность эксплуатационного этапа жизненного цикла

3. Системный подход к формированию технического облика БЛА. Методология оценивания технического уровня БЛА

Как правило, проектирование КБЛА, и в частности БЛА, осуществляется с учетом системного подхода к формированию технического облика образца [6, 18-20]. При этом оценивание ТУ КБЛА (БЛА) рассматривается как важный инструмент для создания новой конкурентоспособной техники [21, 22]. Методология исследования летательного аппарата хорошо рассмотрена в работе [23]. Считается, что оценка ТУ летательного аппарата – это комплексная задача, включающая в себя:

1) выбор номенклатуры и определение численных значений показателей ТУ;

2) получение обобщающей характеристики системы на основе сравнения действительных значений показателей ТУ с соответствующими базовыми значениями.

В качестве основных оценочных показателей при разработке БЛА выбираются: целевые (боевые, тактические), экономические, весовые (массовые), временные показатели [24]. В период 2013-2020 гг. были разработаны методологические вопросы оценивания ТУ БЛА, содержащие обоснование и выбор оценочных показателей с определением степени их важности (значимости) [25-32], характеризующие в целом все этапы жизненного цикла. Разработке методики сравнительной

оценки уровня БЛА с привлечением современных программных средств посвящена статья [33].

4. Результаты оценивания ТУ разведывательно-ударных и ударных БЛА

На основе разработанного методического подхода по оцениванию ТУ БЛА, который учитывает интегральные показатели (боевой, тактический, выживаемость, эксплуатационно-технический, экономический, надежность, технологический) с их единичными показателями были определены ТУ и рейтинги разведывательно-ударных и ударных БЛА самолетного типа с взлетной массой от 300 кг и выше в классах 0,3-2, 2-6, 6-13, 13-25 т [34-37].

5. Особенности оценивания ТУ БЛА на стадии эксплуатации

Как отмечено в работе [38], использование рассмотренного подхода позволяет установить степень соответствия создаваемых БЛА мировому уровню на момент оценивания ТУ. Чтобы определить эффективную продолжительность производства образца и экономически целесообразные сроки его обновления и модернизации необходимо учитывать динамику развития техники, что требует применения принципа временной относительности получаемых оценок.

Действительно, статистические данные показывают, что сроки морального старения образцов, вследствие широкого внедрения новых технологий и технических решений, касающихся узлов и приборов, значительно меньше сроков их физического износа. По существу, процесс морального старения образца начинается на стадии окончания его разработки и передачи в производство. Постоянное обновление и завышение требований технического задания может привести к увеличению сроков разработки. Так, изменение требований при разработке институтом NCSIST с 2007 г. ударного БЛА Teng Yun с максимальным взлетным весом в 4,5 т и размахом крыльев около 20 м на Тайване привели к тому, что он до сих пор не принят на вооружение, хотя первый прототип его был представлен в 2015 г. [39]. Высказывается мысль, что оценку морального старения образца военной техники целесообразно проводить применительно к конкретным временному периоду и к реальным боевым задачам с учетом изменения оперативно-тактического фона и целей за время эксплуатации и в целом за жизненный цикл образца.

Следует отметить, что для поддержания ТУ БЛА на стадии эксплуатации необходимы ремонт и модернизация. Факторами, определяющими моральное старение, являются [40]: создание и начало производства нового образца с более высокими ТТХ и ТУ; принятие на вооружение в других странах новых образцов с повышенными ТТХ и ТУ по сравнению с отечественными образцами;

удешевление производства аналогичного образца с теми же ТТХ за счет применения новых физических принципов действия комплексуемых систем и узлов, новых перспективных конструкторских и технических решений и более дешевых технологий и материалов.

К основным направлениям развития разведывательно-ударных и ударных БЛА следует отнести:

- увеличение высоты, скорости, дальности и продолжительности полета;
- обеспечение малой заметности;
- увеличение массы полезной нагрузки;
- обеспечение модульности конструкции;
- обеспечение защиты каналов боевого управления;
- обеспечение автономности;
- повышение маневренности;
- защиты аппарата от средств огневого и электронного поражения противника.

Разведывательно-ударные и ударные БЛА должны решать две основные задачи: ведение наблюдения и разведки и нанесение ударов по наземным/надводным целям. Для выполнения этих задач БЛА должен обладать современными средствами восприятия внешней среды за счет увеличения числа датчиков с определением местоположения целей. При этом, как отмечено в работе рабочей группы Института Митчелла [10], посвященной анализу модели будущей боевой обстановки, большое значение придается дальности действия, объему полезной нагрузки, маневренности и скорости полета.

Достижение превосходства в противоборстве двух сторон в цикле НОРД (наблюдение-ориентация-решение-действие) может быть обеспечено путем опережения противника в движении по циклу НОРД (быстрее обнаружить, оценить ситуацию, выработать решение и противодействовать продвижению противника (затруднение обнаружения за счет снижения заметности или осуществления радиоэлектронной борьбы, осуществление маневра и др.) [41].

В рамках одного борта невозможно объединить все лучшие характеристики. Чрезмерный рост мощности боевой нагрузки приведет к увеличению его массогабаритных параметров, ограничивающих маневрирование аппарата. Только оптимизация всех основных составляющих боевого БЛА дает возможность выполнить заданные требования технического задания. Следует отметить, что дальнейшее развитие БЛА будет связано с повышением уровня автономности за счет внедрения систем управления с элементами искусственного интеллекта.

Научно-исследовательская лаборатория AFRL (Air Force Research Laboratory) ВВС США разработала классификацию уровней автономности, которая содержит 10 уровней [41]. Уровень автономности современных БЛА соответствует 2 уровню (0 – дистанционно пилотируемый аппарат; 1 – выполнение заложенной программы; 2 – возможность изменения заложенной программы; 3 – реакция на события и отказы; 4 – адаптация к событиям и отказам).

Технический уровень существующих БЛА при эксплуатации может снижаться за счет появления новых систем БЛА с более совершенными летно-тактико-техническими характеристиками, подсистемами и конструктивными решениями. Примером модульного построения БЛА может служить концепция модульного БЛА, разработанного компанией Kratos Defence & Security Solutions [42], что дает возможность создания на единой основе нескольких вариантов, предназначенных для выполнения различных групп задач, но и возможность поддерживать ТУ БЛА, заменяя критически важные модули более совершенными модулями с новыми техническими решениями. Кроме того, все разрабатываемые БЛА данного класса должны быть защищены от воздействия молнии и обледенения, а также оборудованы системой предотвращения от столкновений с летательными аппаратами.

При определении ТУ на стадии эксплуатации необходимо отдельно оценивать свойства стабильности и развития БЛА, что должно быть отражено в структуре оценочных показателей. Показатели стабильности такие, как характеристики планера и энергетической установки, должны поддерживаться на уровне технического задания на проектирование БЛА. Показатели развития, характеризующие задачи, решаемые БЛА, следует нацеливать на текущий уровень достижений науки и техники. Решению этой задачи способствует модульный принцип проектирования БЛА. Условием его реализации является обеспечение взаимодействия (интероперабельности) всех подсистем БЛА на стадии проектирования. Такой подход позволит поддерживать надлежащий технический уровень БЛА на этапе эксплуатации с наименьшими затратами.

Заключение

1. При планировании технического уровня БЛА на этапе разработки следует учитывать функциональную разнородность его компонентов. В рамках одной системы она реализуется с применением модульного принципа оформления различных подсистем БЛА. Их исследование ведется в разных предметных областях, а разработка осуществляется разными изготовителями.

2. Технический прогресс в разных предметных областях продвигается с разной скоростью. Это определяет различные сроки морального старения модулей БЛА.

3. Модули БЛА разных изготовителей различаются разной функциональностью, энергетическими и информационными характеристиками и конструктивным исполнением. Это создает проблему замены модулей на более совершенные.

4. Поддержание современного технического уровня БЛА на этапе эксплуатации требует разработки принципов и средств унификации взаимодействия модулей различного назначения на конструктивном, энергетическом и информационном уровне.

5. Наилучшее выполнение цели, поставленной перед конкретным БЛА, требует решения задачи оптимизации состава и технического уровня включаемых в него модулей. Эта задача решается с применением методов многомерного оценивания БЛА по показателям развития путем сопоставления различных вариантов БЛА, либо отнесением варианта БЛА к одному из классов, характеризующих общий технический уровень системы.

Благодарности

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились в рамках бюджетной темы FFZF–2022–0004.

Библиографический список

1. Стратегическая сессия по развитию беспилотных авиационных систем. Михаил Мишустин провел стратегическую сессию по развитию беспилотных авиационных систем. URL: <http://government.ru/news/49492> (дата обращения 01.04.2024).
2. Горчица Г.И., Никитин Н.Ф., Слюсарь Ю.Б. и др. Проблема разработки перспективных особо сложных образцов авиационной техники военного назначения и совершенствования порядка их создания // Полет. 2022. № 3. С. 43-50.
3. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В. и др. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро», 2006. 232 с.
4. Семенов С.С. Системные исследования беспилотных летательных аппаратов // Боеприпасы. 2021. № 3. С. 107-109.
5. Рецензия Евдокименкова В.Н. и Захарова И.В. на монографию // Боеприпасы. 2021. № 3. С. 114-117.
6. Полтавский А.В., Семенов С.С., Бурба А.А., Нгуен Зуи Фьонг. Информационные процессы в технике: моделирование систем и объектов многофункциональных робототехнических комплексов беспилотной авиации / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Вишневого, ИПУ им. В. А. Трапезникова РАН. Королев: Изд. центр АО «ПСТМ», 2019. 408 с.
7. Семенов С.С. Оценка возможности и пути создания сложных технических систем опережающего уровня в области военных технологий / Выбор наилучших решений при создании сложных технических систем на основе экспертных оценок (отзывы и рецензии на научные издания, посвященные проблемам теории принятия решений) // Боеприпасы. 2020. № 1. С. 11-63.
8. Фаличев О. Перебор технологий. Главная проблема прикладной науки – разобщенность исследователей // Военно-промышленный курьер. 2017. № 21 (685). С. 1, 8.
9. Семенов С.С., Харчев В.Н., Иоффин А.И. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники. М.: Радио и связь, 2004. 552 с.
10. Чабанов В.А., Яковлева Н.К. Воздушное доминирование как комплексная проблема для ВВС США // Авиационные системы. 2023. № 7. С. 2-18.
11. Петров И.Ф. Авиация и жизнь. М.: ЦАГИ, 1993. 96 с.
12. Кохно П., Костин Д. Модель будущего. М.: Алгоритм, 2013. 752 с.
13. Битунов В.В., Жолков А.С., Пилипчук В.А. Оптимизация уровня унификации новой техники в машиностроении. М.: Машиностроение, 1981. 88 с.
14. Соколов В., Степанов В. Оценка морального старения и военно-технического уровня военной техники // Защита и безопасность. 2007. № 4 (43). С. 18-20.
15. Консон А.С. Технический уровень, надежность и качество продукции: методическое пособие. Л.: ЛИЭИ им. П. Тольятти, 1966. 43 с.
16. Консон А.С. Методы определения технического уровня разработки новых приборов и систем // Экономика приборостроения. М.: Высш. шк., 1980. 572 с.
17. Автономов В.Н. Основы современной техники. М.: Машиностроение, 1991. 304 с.
18. Полтавский А.В., Маклаков В.В., Аверкин А.Е. и др. Системные принципы создания и применения многоцелевых комплексов беспилотных летательных аппаратов. М.: ИПУ РАН, 2010. 102 с.
19. Семенов С.С., Полтавский А.В. Системный подход к формированию облика ударного беспилотного летательного аппарата / Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки: Сб. науч. ст. по материалам докл. V Международной НПК «АВИАТОР» (14-15 февраля 2019 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. 434 с.
20. Семенов С.С., Полтавский А.В. Системные исследования в формировании технического облика беспилотных летательных аппаратов / Материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского»: сборник докладов. Гл. ред. С.П. Халютин. М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2019. 364 с.
21. Семенов С.С., Полтавский А.В. Оценка технического уровня как концептуальный подход к созданию новой конкурентоспособной техники / Материалы XIV Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского»: сборник докладов. М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2017. 592 с.
22. Семенов С.С., Полтавский А.В. Оценка технического уровня – важный инструмент анализа при создании высокотехнологичных систем опережающего уровня на примере оборонно-промышленного комплекса / Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2018). Труды XVIII-й Международной молодеж. конфер. 16-18 окт. 2018 г., г. Москва. Под ред. А.В. Толока. М.: ИПУ РАН, 2018. 400 с.
23. Голубев И.С. Соизмерение технического уровня и эффективности при проектировании конструкций летательных аппаратов. М.: МАИ, 1986. 90 с.

24. Дракин И.И. Основы проектирования беспилотных летательных аппаратов с учетом экономической эффективности. М.: Машиностроение, 1973. 224 с.

25. Семенов С.С., Полтавский А.В., Щербинин В.В. К определению функций ценности единичных оценочных показателей при оценке технического уровня ударных комплексов беспилотных летательных аппаратов // Вопросы оборонной техники. Серия 9. Специальные системы управления, следящие приводы и их элементы. 2012. № 5 (257). С. 56-63.

26. Семенов С.С., Коваленко И.Л., Полтавский А.В. Структура и системы интегральных и единичных оценочных показателей при оценке технического уровня многофункциональных беспилотных летательных аппаратов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 2. С. 22-27.

27. Семенов С.С., Полтавский А.В., Крянев А.В. Оценка технического уровня многоуровневых сложных технических систем на примере создания многофункциональных комплексов беспилотных летательных аппаратов (МФКБЛА) // Труды международной научно-технической конференции «Научно-технические проблемы построения систем и комплексов землеобзора, дозора и управления и комплексов с беспилотными летательными аппаратами» (23 мая 2013 года): В 2 т. М.: ОАО «Концерн «Вега», 2013. Т. 2. 180 с. С. 148-166.

28. Воронов Е.М., Крянев А.В., Полтавский А.В., Семенов С.С. Особенности оценки технического уровня комплексов беспилотных летательных аппаратов как иерархических систем // Вторая Всероссийская научно-техническая конференция «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами» (22-23 сентября 2015 г.). Тезисы докладов. Москва–Раменское: ООО «Научмехиздат», 2015. 308 с. С. 108-113.

29. Микони С.В., Полтавский А.В., Семенов С.С. Системный анализ показателей беспилотных летательных аппаратов / XII мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2019): материалы XII мультиконференции (Дивноморское, Геленджик, 23–28 сентября 2019 г.): в 4 т. // Материалы докладов локальной научно-технической конференции «Управление аэрокосмическими системами» (УАКС-2019): Т. 4. Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. 164 с.

30. Полтавский А.В., Семенов С.С., Бурба А.А. Информационное моделирование оценки технического уровня сложных технических систем // Двойные технологии. 2019. № 4 (89). С. 68-75.

31. Крянев А.В., Семенов С.С., Калдаева А.Э. Методический подход к определению показателей приоритета разведывательно-ударных и ударных беспилотных летательных аппаратов // Надежность. 2020. Т. 20. № 4. С. 50-60.

32. Крянев А.В., Климанов С.Г., Полтавский А.В. и др. Характеристика многофункциональных беспилотных летательных аппаратов по методу Варда // Полет. 2020. № 12. С. 7-25.

33. Свистун И.С. Разработка программного обеспечения к методике сравнительной оценки беспилотных летательных аппаратов / Совершенствование обеспечения полетов авиации. Тезисы докладов XI военно-научной конференции курсантов и молодых ученых БГАА (30.04.2021 г.). Минск: Белорусская государственная академия авиации, 2021. 225 с.

34. Семенов С.С., Полтавский А.В. Оценка технического уровня комплексов беспилотных летательных аппаратов // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского». Сборник докладов. М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2013. 568 с.

35. Микони С.В., Семенов С.С. Оценивание рейтинга разведывательно-ударных и ударных беспилотных летательных аппаратов // Полет. 2021. № 6. С. 28-40.

36. Микони С.В., Семенов С.С. Оценивание рейтинга разведывательно-ударных и ударных беспилотных летательных аппаратов в классах массой 0,3-2, 2-6, 6-13, 13-25 т / Материалы XVIII Научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского». Сборник докладов под ред. С.П. Халютин. М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2022. 420 с.

37. Микони С.В., Семенов С.С. Системное оценивание технического совершенства БЛА // Радиоэлектронные технологии. 2023. № 1. С. 66-72.

38. Рецензия Дубовского В.А. на монографию // Боестрипы. 2021. № 3. С. 117-120.

39. Кошкин Р. О подходах военно-политического руководства Тайваня к разработке БПЛА национального производства // Аэрокосмическое обозрение. № 3. 2023. С. 42-47.

40. Семенов С.С. Вопросы оценки технического уровня сложных технических систем для создания образцов вооружения и военной техники опережающего уровня // Авиационные системы. 2021. № 12. С. 4-10.

41. Самойлов Д.В. Беспилотные комплексы с технологиями искусственного интеллекта как приоритетное направление развития вооружения и военной техники в ведущих зарубежных странах // Авиационные системы. 2022. № 8. С. 2-29.

42. Самойлов Д.В. Беспилотные комплексы с технологиями искусственного интеллекта как приоритетное направление развития вооружения и военной техники в ведущих зарубежных странах // Авиационные системы. 2022. № 9. С. 35-56.

References

1. [Strategic session on the development of unmanned aircraft systems. Mikhail Mishustin held a strategic session on the development of unmanned aircraft systems]. (accessed 01.04.2024). Available at: <http://government.ru/news/49492>. (in Russ.)

2. Gorchitsa G.I., Nikitin N.F., Slyusar Yu.B., Stepanov V.D. On the problem of developing promising especially complex samples of military aviation equipment and enhancement the procedure of their development. *Polyot* 2022;3:43-50. (in Russ.)
3. Sudov E.V., Levin A.I., Petrov A.V. et al. [Technologies of integrated logistics support for mechanical engineering products]. Moscow: Izdatelsky dom "InformBuro"; 2006. (in Russ.)
4. Semionov S.S. [System research of unmanned aerial vehicles]. *Boepripasy* 2021;3:107-109. (in Russ.)
5. [Monograph review by Evdokimenkov V.N. and Zakharova I.V.]. *Boepripasy* 2021;3:114-117. (in Russ.)
6. Poltavsky A.V., Semionov S.S., Burba A.A., Nguyen Zui Phuong, Vishnevsky V.M., Doctor of Engineering, Professor, editor. [Information processes in technology: simulating systems and devices as part of multifunctional robotic unmanned aviation systems]. V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences. Korolyov: Izd. tsentr AO "PSTM"; 2019. (in Russ.)
7. Semionov S.S. [Assessing the feasibility and roadmap for the development of complex, highly advanced military technological systems / Selecting the best solutions as part of complex technological systems development using expert assessments (reviews of research papers in decision-making theory)]. *Boepripasy* 2020;1:11-63. (in Russ.)
8. Falichev O. [Too much technology. The main problem of applied science is the disunity of researchers]. *Voennopromyshlennyi kurier* 2017;21(685):1, 8. (in Russ.)
9. Semionov S.S., Kharchev V.N., Ioffin A.I. [Performance evaluation of weapon systems and hardware]. Moscow: Radio i sviaz; 2004. (in Russ.)
10. Chabanov V.A., Yakovleva N.K. [Air dominance as a multi-pronged problem for the US Air Force]. *Aviatsionnye sistemy* 2023;7:2-18. (in Russ.)
11. Petrov I.F. [Aviation and life]. Moscow: TsAGI; 1993. (in Russ.)
12. Kokhno P., Kostin D. [A model of the future]. Moscow: Algoritm; 2013. (in Russ.)
13. Bitunov V.V., Zholkov A.S., Pilipchuk V.A. [Optimising the degree of component commonality of new technology in mechanical engineering]. Moscow: Mashinostroenie; 1981. (in Russ.)
14. Sokolov V., Stepanov V. [Assessing the obsolescence of the technological level of military equipment]. *Zashchita i bezopasnost* 2007;4(43):18-20. (in Russ.)
15. Konson A.S. [Technological level, reliability and quality of products: a guidance manual]. Leningrad: LIEI im. P. Togliatti; 1966. (in Russ.)
16. Konson A.S. [Methods for identifying the technological level of development of new devices and systems]. Moscow: Vysh. shk.; 1980. (in Russ.)
17. Avtonomov V.N. [Fundamentals of modern technology]. Moscow: Mashinostroyeniye; 1991. (in Russ.)
18. Poltavsky A.V., Maklakov V.V., Averkin A.E., et al. [System principles of the development and application of multipurpose unmanned aerial systems]. Moscow: IPU RAS; 2010. (in Russ.)
19. Semionov S.S., Poltavsky A.V. [A systematic approach to defining the concept of an attack unmanned aerial vehicle]. In: [Topical matters of avionics research; theory, maintenance, developments: Collected papers of the V AVIATOR International Research and Practice Conference]. Voronezh: VUNTS VVS "VVA"; 2019. (in Russ.)
20. Semionov S.S., Poltavsky A.V. [System research as part of defining the technical concept of unmanned aerial vehicles]. In: Khalyutin S.P., editor-in-chief. Proceedings the XVI All-Russian Research and Engineering Conference Scientific Readings on Aviation in memory of N.E. Zhukovsky. Moscow: Zhukovsky Air Force Engineering Academy Publishing; 2019. (in Russ.)
21. Semionov S.S., Poltavsky A.V. [Assessing the technological level as a conceptual approach to the creation of new, competitive engineering products]. In: Proceedings the XIV All-Russian Research and Engineering Conference Scientific Readings on Aviation in memory of N.E. Zhukovsky. Moscow: Zhukovsky Air Force Engineering Academy Publishing; 2017. (in Russ.)
22. Semionov S.S., Poltavsky A.V. [The assessment of the technological level is an important analysis tool as part of advanced high-technology systems development. Case study of the military industrial complex]. In: Tolok A.V., editor. Systems for designing, manufacturing preparation and managing the life cycle of an industrial product (CAD/CAM/PDM – 2018). Proceedings of the XVIII International Youth Conference. Moscow: IPU RAS; 2018. (in Russ.)
23. Golubev S.I. [Commensuration of the technological level and efficiency as part of aircraft structural design]. Moscow: MAI Publishing; 1986. (in Russ.)
24. Drakin I.I. [Fundamentals of the design of unmanned aerial vehicles taking into account the economic efficiency]. Moscow: Mashinostroenie; 1973. (in Russ.)
25. Semionov S.S., Poltavsky A.V., Shcherbinin V.V. [On the definition of individual estimators in assessing the technological level of attack unmanned aerial systems]. In: [Matters of defense technology. Series 9. Special control systems, tracking drives and their components] 2012;5(257):56-63. (in Russ.)
26. Semionov S.S., Kovalenko I.L., Poltavskiy A.V. Estimated figures of the technical level of multi-unmanned aerial vehicles. *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii* 2013;2:22-27. (in Russ.)
27. Semionov S.S., Poltavsky A.V., Kryanev A.V. [Assessing the technological level of multilevel complex technical systems. Case study of the development of multifunctional unmanned aerial systems (MFUAS)]. In: [Proceedings of the International Science and Engineering Conference Scientific and Technological Problems of the Design of Earth Remote Sensing, Surveillance and Control and Unmanned Aerial Systems: In 2 volumes]. Moscow: JSC Concern Vega. 2013; 2. Pp. 148-166. (in Russ.)
28. Voronov E.M., Kryanev A.V., Poltavsky A.V., Semionov S.S. [The specificity of the evaluation of the technological level of unmanned aerial systems as hierarchical systems]. In: Abstracts of the Second All-Russian Science and Engineering Conference Aircraft Navigation, Guidance

and Control. Moscow-Ramenskoye: Nauchmekhizdat; 2015. Pp. 108-113. (in Russ.)

29. Mikoni S.V., Poltavsky A.V., Semionov S.S. [System analysis of unmanned aerial vehicle performance indicators]. In: proceedings of the XII Multiconference on Management (MCM-2019): materials of the XII Multiconference (Divnomorskoye, Gelendzhik, September 23-28, 2019): in 4 volumes. Local Science and Engineering Conference Aerospace Systems Control (ASC-2019): Vol. 4. Southern Federal University. Rostov-on-Don; Taganrog: Southern Federal University Press; 2019. (in Russ.)

30. Poltavsky A.V., Semionov S.S., Burba A.A. [Information modeling of the assessment of the technological level of complex technical systems]. *Dvoynye tekhnologii* 2019;4(89):68-75. (in Russ.)

31. Kryanev A.V., Semionov S.S., Kaldaeva A.E. A methodological approach to identifying the priority of scout/attack and attack unmanned aerial vehicles. *Dependability* 2020;4:50-60.

32. Kryanev A.V., Klimanov S.G., Poltavsky A.V., Semionov S.S. Characteristics of multifunctional unmanned aircraft by the Ward's method. *Polyot* 2020;12:7-25. (in Russ.)

33. Svistun I.S. [Development of the software for unmanned aerial vehicles benchmarking methodology]. In: [Improving flight operations support. Abstracts of the XI Military Research Conference of Cadets and Young Scientists of the BGAA]. Minsk: Belarusian State Aviation Academy; 2021. (in Russ.)

34. Semionov S.S., Poltavsky A.V. [Assessing the technological level of unmanned aerial systems]. In: [Proceedings of the All-Russian Science and Engineering Conference Scientific Readings on Aviation in Memory of N.E. Zhukovsky]. Moscow: Zhukovsky Air Force Engineering Academy Publishing; 2013. (in Russ.)

35. Mikoni S.V., Semyonov S.S. Rating Assessment of Reconnaissance-Strike and Strike Unmanned Aerial Vehicles. *Polyot* 2021;6:28-40. (in Russ.)

36. Mikoni S.V., Semionov S.S. [Rating of scout and attack unmanned aerial vehicles in the 0.3-2, 2-6, 6-13, and 13-25-ton weight classes]. In: [Khaliutin S.P., editor. Proceedings of the XVIII Science and Engineering Conference Scientific Readings on Aviation in Memory of N.E. Zhukovsky]. Moscow: Zhukovsky Air Force Engineering Academy Publishing; 2022. (in Russ.)

37. Mikoni S.V., Semionov S.S. [System assessment of the technological performance of UAVs]. *Radioelektronnyye tekhnologii* 2023;1:66-72. (in Russ.)

38. [Monograph review by Dubovsky V.A.]. *Boepripasy* 2021;3:117-120. (in Russ.)

39. Koshkin R. [On the approaches of the political and military leadership of Taiwan to the development of domestically-designed UAVs]. *Aerokosmicheskoye obozreniye* 2023;3:42-47. (in Russ.)

40. Semionov S.S. [Matters of assessment of the technological level of complex technical systems for creating

advanced weapons and military equipment]. *Aviatsionnyye sistemy* 2021;12:4-10. (in Russ.)

41. Samoilov D.V. [AI-enabled unmanned aerial systems as a priority direction for the development of weapons and military equipment in the leading foreign countries]. *Aviatsionnyye sistemy* 2022;8:2-29. (in Russ.)

42. Samoilov D.V. [AI-enabled unmanned aerial systems as a priority direction for the development of weapons and military equipment in the leading foreign countries]. *Aviatsionnyye sistemy* 2022;9:35-56. (in Russ.)

Сведения об авторах

Микони Станислав Витальевич – доктор технических наук, профессор, член Российской ассоциации искусственного интеллекта, ведущий научный сотрудник, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук (СПб ФИЦ РАН). Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской Академии Наук (СПИИ-РАН). Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: smikoni@mail.ru

Семенов Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, руководитель группы анализа и перспективного проектирования, АО «Государственное научно-производственное предприятие «Регион», Москва, Российская Федерация, e-mail: gnppregion@sovintel.ru

About the authors

Stanislav V. Mikoni, Doctor of Engineering, Professor, Member of the Russian Association of Artificial Intelligence, Lead Researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences. Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: smikoni@mail.ru.

Sergey S. Semionov, Candidate of Engineering, Head of Group for Analysis and Advanced Engineering, Region Public Research and Development Company, Moscow, Federation Moscow, e-mail: gnppregion@sovintel.ru.

Вклад авторов в статью

Микони С.В. Постановка задачи, разработка методологии и результаты оценивания ТУ, рассмотрение особенностей ТУ БЛА на этапе эксплуатации, заключение.

Семенов С.С. Постановка задачи, ретроспективный анализ исследований по оцениванию и динамике ТУ на жизненном цикле БЛА, разработка методологии оценивания ТУ и рассмотрение особенностей ТУ БЛА на этапе эксплуатации, библиографический список литературы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.