

С. Ф. Сергеев, д-р психол. наук, проф., sspost@mail.ru,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Человеческий фактор в самолетах 6-го поколения: проблемы техносимбиоза¹

Проводится анализ проблемы техносимбиоза в самолетах 6-го поколения. Рассматриваются актуальные инженерно-психологические проблемы, возникающие в процессе тематической разработки авиационной техники высокой степени автоматизации. Анализируются базовые концепции тематического и инженерно-психологического проектирования, реализующие принцип парциального включения человека в искусственные интерфейсы и среды. Предложены концепция "умножения возможностей" и симбиотический подход к интеграции летчика и самолета, в соответствии с которыми интеграция летчика (экипажа) с самолетом носит симбиотический характер, и в результате которых возникает новое технобиотическое самоорганизующееся единство, ведущее себя как боевая единица, ориентированная на достижение решающего превосходства над противником.

Показано, что проблема техносимбиоза тесно связана с решением задачи проектирования интерфейсов. Дальнейшее повышение степени интеграции пилота с интерфейсной средой предполагает выход за пределы классических телесных и физико-алгоритмических взаимодействий.

Рассматриваются проблемы средоориентированных тренажерных технологий, используемых для подготовки экипажей и повышения интеграции с системами управления самолета. Показано, что общим недостатком всех средоориентированных систем обучения является их пассивность и отсутствие механизмов обобщения и фиксации положительного учебного опыта. Создание систем обучения для подготовки летчиков для самолетов 6-го поколения требует новой, постнеклассической средоориентированной эргономики тренажеростроения. При обучении в среде делается акцент на внутреннюю активность обучаемого, формирование механизмов самоорганизации ментальных структур профессионала, действующего в виртуальном мире среды обучения.

Показаны направления и технологии техноинтеграции, связанные с возможностью реализации методологии "умножение возможностей" при проектировании авиационных систем повышенной степени автоматизации, реализующих тактическое и стратегическое преимущество в условиях активного противодействия.

Ключевые слова: инженерно-психологическое проектирование, интеллектуальные симбиотические объединения, интерфейс, концепция "умножение возможностей", самолеты 6-го поколения, тематическое проектирование, техносимбиоз, тренажеры, эргономика

Интенсивное развитие технологий компьютерной обработки информации и управления в режиме реального времени, наряду с прогрессом в области аэродинамики, повышения тяговооруженности двигателей, обеспечения режимов сверхманевренности, невидимости в радиолокационном диапазоне и многого другого, предоставляют разработчикам авиационной техники серьезные технологические возможности, позволяющие повысить эффективность боевого применения самолета и гармонизировать отношения человека и техники. Использование возможностей пилота как системы, интегрирующей возможности автоматических и автоматизированных подсистем самолета, является решающим условием для достижения превосходства над противником.

Проблема учета человеческого фактора в системах с высокой степенью автоматизации и роботизации управления по настоящее время

не решена, что связано с недостаточным вниманием со стороны разработчиков авиационной техники к инженерной психологии и эргономике, которые рассматриваются только как средства улучшения эргономических свойств рабочего места, органов управления и индикации. Более серьезные в научном плане проблемы техносимбиоза пилота с системами управления самолетом возложены на профотбор и обучение. Возникающие в процессе решения целевой задачи интеллектуальные симбионты (объединения интеллекта машины и пилота), определяющие эффективность авиационной системы в целом, практически не рассматриваются. Это новая задача инженерно-психологического проектирования.

Проблемы проектирования эффективных авиационных систем

Создание новой авиационно-технической системы представляет собой сложную проектную задачу. Создание с нуля совершенно

¹Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ № 25.8444.2017/БЧ и поддержана грантом РФФИ (проект 16-08-00313).

нового самолета, к сожалению, невозможно. Считается, что каждый следующий вариант системы вооружения должен содержать не более 25 % новых компонентов, узлов и агрегатов, иначе он не пройдет по экономическим и технологическим критериям. Среди разработчиков боевой авиации существует весьма жесткая конкуренция, и любые попытки обогнать противника дорого обходятся налогоплательщикам. Свежий пример — создание истребителя F-35 Lightning II, который считается самым дорогим проектом за всю историю существования авиации. На него уже потрачено более 1,5 трлн долл. США. Первая попытка применения F-35 в реальном бою в Афганистане состоялась в сентябре 2018 года и не показала ожидаемой эффективности. Результатом боевой деятельности стало поражение “кучи АК-47 и РПГ”. При этом самолет стоимостью 115 млн долл., по сообщению портала The National Interest, преодолел “тысячу миль в одну сторону” и применил дорогостоящее вооружение: авиационные бомбы GBU-12 и GBU-32 JDAM, которые стоят более 19 тыс. и 22 тыс. долларов соответственно [1].

Совершенствование пилотируемой боевой авиации за счет только технологической эволюции недостаточно для создания эффективных военных систем.

Классическое инженерно-психологическое проектирование

История боевой авиации насчитывает шесть поколений самолетов, каждое из которых представляет собой комплекс единых тематических решений, направленных на получение боевых преимуществ [2, 3]. Центральным действующим лицом в каждом из них является человек, выполняющий функции управления самолетом и принятия основных решений по ключевым аспектам и элементам боя. Авиация 6-го поколения, по прогнозам специалистов, будет частично действовать в режимах без физического участия человека на борту [4, 5]. Правда, это не умаляет роли человека, а лишь переводит его деятельность в сферу принятия решений.

Формы и степень включенности пилота в процессы взаимодействий с бортовой аппаратурой и органами управления самолетом определяются принятой в проектной коллективе концепцией автоматизации. Это традиционная

тема инженерной психологии и эргономики (В. А. Бодров, В. Ф. Венда, А. И. Губинский, Ю. Я. Голиков, В. Г. Денисов, М. А. Дмитриева, В. Я. Дубровский, В. Г. Евграфов, В. П. Зинченко, А. Н. Костин, А. А. Крылов, Б. Ф. Ломов, А. Н. Леонтьев, А. И. Нафтульев, А. А. Обознов, П. И. Падерно, В. В. Павлов, В. А. Пономаренко, Г. П. Щедровицкий, G. Johannsen, N. Moray, J. Rasmussen, T. B. Sheridan, M. A. Sinclair, E. L. Wiener и др.).

Сформулированы и практически реализованы концепции: включения [7], активного оператора [8], совмещенной деятельности [9], алгоритмических структур [10–12], идеализированных структур [13], многомерного кодирования [14], полисенсорного взаимодействия, многоуровневой взаимной адаптации человека и машины, трансформационной теории обучения [15], применявшиеся в процессе инженерно-психологического проектирования объектов управляемой техники. На их базе создан широкий класс авиационно-технических систем, реализующих принцип *парциального включения* человека в искусственные интерфейсы. В соответствии с данным принципом оператор имеет дело с отдельными, локально изменяемыми с помощью органов управления, параметрами технической системы, информация о которых выводится на экраны средств отображения и индикации. Возникает “информационная модель”, работа с которой осуществляется посредством сформированного в процессе подготовки “оперативного образа” [16]. Свойства образа определяют качество и эффективность деятельности оператора.

Технологиям парциального включения присущ ряд серьезных ограничений. Основные из них связаны с нерешенностью проблемы формирования оптимальной информационной модели. Рост сложности технических систем ведет к соответствующему усложнению систем отображения информации и пультовой аппаратуры, что ставит оператора и его перцептивные системы на границу психофизиологических возможностей.

Базовые и перспективные концепции и стратегии интеграции человека и самолета в авиации 6-го поколения

Наиболее часто используются следующие инженерно-психологические концепции,

определяющие тактику и стратегию интеграции человека и машины в процессе инженерно-психологического и тематического проектирования самолета:

- *машиноцентрический подход* — человек как элемент технической системы, звено, управляющее и реализующее заданные функции (Б. Ф. Ломов). Человек описывается и исследуется методами, разработанными для анализа технических систем (теории автоматического управления, теории передачи информации, надежности и т. д.) [17];
- *антропоцентрический подход* — оператор рассматривается как субъект труда, осуществляющий сознательную целенаправленную деятельность, использующий технику как средство, орудие достижения целей (А. Н. Леонтьев, Б. Ф. Ломов) [8];
- *антропоморфная концепция* — человек рассматривается как рефлексивный элемент системы, отображающий управляемую систему в сознании человека (В. Я. Дубровский, Г. П. Щедровицкий) [18];
- *принцип преимущественных возможностей* — функции человеку и автоматике назначаются в зависимости от того, чьи преимущества будут лучше использоваться при выполнении задачи управления [19];
- *концепция взаимного резервирования оператора и автоматики* — гибкое изменение степени автоматизации, при котором в зависимости от адекватности и субъективной сложности деятельности машина берет на себя функции оператора, а оператор — автоматической системы (А. Н. Костин) [20].

Рассмотренные выше концепции интеграции используют произвольно создаваемые проектировщиками системные объединения пилота с функциональными системами автоматики самолета, игнорируя самоорганизующийся характер психического регулирования человека. Это ведет к столь же произвольному поведению пилота, вынужденного компенсировать разрушаемые внешним информационным воздействием циклы самоорганизации личности, связанные с целеполаганием и разумным поведением. Выходом из сложившегося положения может стать использование концепции *умножения возможностей*, в которой машина служит усилению и расширению психофизиологических и личностных возможностей летчика, является продолжением его тела, органов чувств и интеллекта (С. Ф. Сергеев) [21].

В данном случае стратегия проектирования не нарушает базисные механизмы самоорганизации психической деятельности. Вместо классических принципов распределения функций в машине и принципа взаимодополняемости человека и машины для сложных авиационных систем целесообразно использовать принципы аутопоэтической самоорганизации [22].

При создании самолетов 6-го поколения целесообразен *симбиотический подход*, заключающийся во взаимной тотальной интеграции летчика (экипажа) с самолетом, когда их взаимодействие приобретает характер симбиоза, в результате которого возникает новое технобиотическое самоорганизующееся единство, ведущее себя как боевая единица, имеющая решающее превосходство над противником.

Проблемы интерфейса в системах с высокой степенью интеграции

Исторически первой проблемой техноинтеграции является проблема интерфейса, в которой впервые рассмотрены вопросы взаимодействия человека с техникой и технологией [23]. Она решается методами инженерной психологии, эргономики, юзабилити и инженерного проектирования. Можно выделить несколько этапов развития интерфейсных форм связи человека и техники. Первый этап связан с созданием механических интерфейсов, обеспечивающих физические взаимодействия человека с управляемой системой. На втором этапе взаимодействие осуществляется через информационную модель, отражающую свойства управляемого объекта. Дальнейшее усиление степени интеграции человека с интерфейсной средой предполагает выход за пределы классических телесных и физико-алгоритмических взаимодействий. Именно здесь, на этапе интеграции с человеком на биофизическом и нейропсихологическом уровнях (нейрокомпьютерные интерфейсы), начинаются проблемы, свидетельствующие об ограниченности нашего знания. Популярными в авиации 5-го поколения нашлемные системы интеграции, реализующие принцип "стеклянной кабины", рассматриваются как технологии, обеспечивающие процессы инфокоммуникации пилота и погружения его в индуцированную среду деятельности. Например, в самолете F-35 применен шлем дополненной реальности "Божий

глаз" (Eye of God Helmet), интегрирующий визуальное представление окружающей среды в различных каналах видения и систему управления вооружением. Вместе с тем по-прежнему не решена проблема конфликта между синтезированной искусственным интеллектом самолета реальностью и перцептивными образами субъективной реальности, создаваемой естественными сенсорными системами человека.

Разработка биоморфных нейроадаптивных интерфейсов является актуальным и перспективным научно-техническим и инженерно-психологическим направлением в создании интерфейсных форм, расширяющих перцептивные возможности человека при работе в сложных техногенных средах. Появляются новые возможности по формированию у человека более эффективных форм человеческого опыта. Интеграция новых биоморфных форм интерфейса человека с эргатическими системами и средами позволяет получить новые свойства у возникающих гибридных человеко-машинных систем и сред.

Обучение в искусственных средах обучения

Обеспечение техносимбиоза пилота, искусственного интеллекта самолета и средств автоматизации деятельности в настоящее время осуществляется за счет профессиональной подготовки, формирующей профессиональные навыки и умения. Используются методология и технологии средоориентированного обучения, в частности его классического варианта, постулирующего особую роль подобию моделей деятельности, формируемых в тренажере реальной деятельности (Г. Л. Коротеев, В. М. Лискин, А. И. Нафтульев, Г. Г. Себряков, С. Ф. Сергеев, В. Н. Соколов, В. Е. Шукшунов). С точки зрения педагогики и психологии обучение в среде является вариантом метода проб и ошибок, перенесенного в сложные виды деятельности. Классический вариант средового обучения преувеличивает значение внешних средств деятельности, оставляя в тени внутренние психологические детерминанты и особенности формирования профессионала. В результате страдает качество обучения, появляются внутренне неэффективные структуры знания.

Общим недостатком всех средоориентированных систем обучения является их пассивность и отсутствие механизмов обобщения и фиксации

положительного учебного опыта. Выходом из сложившегося положения может стать сетевой подход к созданию среды обучения, позволяющий объединять имеющиеся и возникающие при обучении в среде учебные ресурсы.

Создание систем обучения для подготовки летчиков для самолетов 6-го поколения потребовало новой, постнеклассической средоориентированной эргономики тренажеростроения. Меняются ориентиры при обучении в среде, делается акцент на внутреннюю активность обучаемого, формирование механизмов самоорганизации ментальных структур профессионала, действующего в виртуальном мире среды обучения [24].

Список литературы

1. Szoldra P. The F-35 'Combat Debut': A Big Waste of Time for Such a Deadly Stealth Fighter? URL: <https://nationalinterest.org/blog/buzz/f-35-%E2%80%99big-waste-time-such-deadly-stealth-fighter-32392>.
2. Бойкова М. В., Гаврилов С. Д., Гавриличева Н. А. *Авиация будущего* // Форсайт. 2009. № 1 (9). С. 5–15.
3. Чельцов Б. Ф. Ответы угрозам будущего // *Воздушно-космическая оборона*. 2007. № 3 (34). С. 13–18.
4. Белкин В., Мельник П. Беспилотные боевые самолеты и боевая авиация 6-го поколения // *Авиационная панорама*. 2008. № 6. С. 43–47; 2009, № 1–3.
5. Скотников А. П., Якубов В. И., Шиховцев С. В. Роль и место беспилотных комплексов в системе вооружения Российской армии // *Военная мысль*. 2007. № 4. С. 62–68.
5. Голиков Ю. Я. Методология психологических проблем проектирования техники. М.: ПЕРСЭ, 2003.
7. Крылов А. А. *Человек в автоматизированных системах управления*. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972.
8. Завалова Н. Д., Ломов Б. Ф., Пономаренко В. А. Принцип активного оператора и распределение функций между человеком и автоматом // *Вопросы психологии*. 1971. № 3. С. 3–12.
9. Демьяненко Ю. К. Количественные и качественные показатели переработки информации в условиях совмещенной деятельности // *Психофизиологические проблемы летного труда и медицинского обеспечения длительности полетов*. 1968.
10. Суходольский Г. В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности. Л.: ЛГУ, 1976.
11. Заракровский Г. М. Эргономическое обеспечение разработки и эксплуатации авиационной техники // *Авиационная медицина: руководство* / Под ред. Н. М. Рудного, П. В. Васильева, С. А. Гозулова. М.: Медицина, 1986. С. 503–522.
12. Евграфов В. Г., Падерно П. И. Эргономическое обеспечение создания автоматизированных систем обработки информации и управления: учеб. пособие. СПб.: СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 1999.
13. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: справ. / А. Н. Адаменко и др.; Под общ. ред. А. И. Губинского и В. Г. Евграфова. М.: Машиностроение, 1993.
14. Зинченко Т. П. *Опознавание и кодирование*. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
15. Вейда В. Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990.

16. Ломов Б. Ф., Завалова Н. Д., Пономаренко В. А. Образ в системе психической регуляции деятельности. М.: Наука, 1986.

17. Ломов Б. Ф. Человек и техника. М.: Советское радио, 1966.

18. Дубровский В. Я., Щедровицкий Л. П. Проблемы системного инженерно-психологического проектирования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971.

19. Fitts P. M. (Ed.) Human Engineering. Washington, D. C.: National Research Council, 1951.

20. Костин А. Н. Принцип взаимного резервирования при распределении функций между человеком и автоматикой: автореферат дис. доктора психологических наук: 19.00.03. РАН Ин-т психологии. М., 2000. 43 с.

21. Сергеев С. Ф. Методология эргономического проектирования систем искусственного интеллекта для самолетов 5-го поколения // Мир Авионики. 2007. № 4. С. 48—53.

22. Матурана У. Р., Варела Ф. Х. Дерево познания. Биологические корни человеческого понимания. М.: Прогресс-Традиция, 2001. 224 с.

23. Сергеев С. Ф. Психологические аспекты проблемы интерфейса в техногенном мире // Психологический журнал. 2014. Т. 35, № 5. С. 88—98.

24. Сергеев С. Ф. Виртуальные тренажеры: проблемы теории и методологии проектирования // Биотехносфера. 2010. № 2 (8). С. 15—20.

The Human Factor in the Aircraft of the 6th Generation: Problems Technosymbiosis

S. F. Sergeev, sspost@mail.ru,

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, 195251, Russian Federation,

Corresponding author: **Sergeev Sergei F.**, Dr. of Psychology Sciences, Professor, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, e-mail: sspost@mail.ru

Accepted on September 20, 2018

Abstract

The article is devoted to the problem of technosymbiosis in the aircraft of the 6th generation. We discussed the actual engineering and psychological problems arising in the process of thematic development of aviation equipment of high degree of automation. We explain and criticize the basic concepts of thematic and engineering-psychological design that implement the principle of human inclusion to artificial interfaces and environments. The concept of "multiplication of possibilities" and a symbiotic approach to the integration of the pilot and the aircraft, according to which the integration of the pilot (crew) with the aircraft is of a symbiotic nature, which results in a new techno-biotic self-organizing unity, behaving as a combat unit, focused on achieving decisive superiority over the enemy. We have shown that the problem of technosymbiosis closely connected with the solution of the problem of design of interfaces. Further increase in the degree of integration of the pilot with the interface environment involves going beyond the classical physical and physical-algorithmic interactions. We discuss the problems of trainings system used for pilots training and increasing integration with the control systems of the aircraft. The directions and technologies of technological integration associated with the possibility of implementing the methodology of "multiplication of opportunities" in the design of aviation systems of high degree of automation.

Keywords: engineering-psychological design, intelligent symbiotic Association, the interface, the concept of "multiplication of possibilities", the aircraft of the 6th generation, case design, technosymbiosis, trainers, ergonomics

Acknowledgements: Work is performed within the state task of Russian Ministry of education No. 25.8444.2017/БЧ "Engineering-psychological design of simulators and training systems based on symbiotic multimodal technological environments" and is supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 16-08-00313).

For citation:

Sergeev S. F. The human factor in the aircraft of the 6th generation: Problems technosymbiosis, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2018, vol. 19, no. 12, pp. 806—811.

DOI: 10.17587/mau.19.806-811

Reference

1. Szoldra P. The F-35 'Combat Debut': A Big Waste of Time for Such a Deadly Stealth Fighter? Available at: <https://nationalinterest.org/blog/buzz/f-35-%E2%80%9998combat-debut%E2%80%9999-big-waste-time-such-deadly-stealth-fighter-32392>.

2. Bojkova M. V., Gavrilov S. D., Gavrilicheva N. A. *Aviatsiya budushhego* (Aviation of the future), *Forsajt*, 2009, no. 1 (9), pp. 5—15 (in Russian).

3. Chel'cov B. F. *Otveti ugrozam budushhego* (Responding to threats of the future), *Vozdushno-Kosmicheskaja Oborona*, 2007, no. 3 (34), pp. 13—18 (in Russian).

4. Belkin V., Mel'nik P. *Bespilotnye boevye samolety i boevaja aviatsiya 6-go pokolenija* (Unmanned combat aircraft and 6th generation combat aircraft), *Aviapanorama*, 2008, no. 6, pp. 43—47; 2009, no. 1—3 (in Russian).

5. Skotnikov A. P., Jakubov V. I., Shihovcev S. V. *Rol' i mesto bespilotnyh kompleksov v sisteme vo-oruzhenija Rossijskoj armii* (The role and place of unmanned systems in the Russian army armament system), *Voennaja Mysl'*, 2007, no. 4, pp. 62—68 (in Russian).

6. Golikov Ju. Ja. *Metodologija psihologicheskikh problem proektirovanija tehniki* (Methodology of psychological problems of engineering design), Moscow, PERSJe, 2003 (in Russian).

7. Krylov A. A. *Chelovek v avtomatizirovannyh sistemah upravlenija* (Man in automated control systems), Leningrad, Publishing house of LGU, 1972 (in Russian).

8. Zavalova N. D., Lomov B. F., Ponomarenko V. A. *Princip aktivnogo operatora i raspredelenie funkcij mezhdru chelovekom i avtomatom* (The principle of the active operator and the distribution of functions between man and machine), *Voprosy Psihologii*, 1971, no. 3, pp. 3—12 (in Russian).

9. Dem'janenko Ju. K. *Kolichestvennye i kachestvennye pokazateli perera-botki informacii v uslovijah sovmeshhennoj*