

---

УДК 621.45.02.024

В.В. Логинов

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО УЧЕБНО-БОЕВОГО САМОЛЕТА**

*В статье проведена сравнительная оценка эксплуатационных характеристик двигателей силовой установки для перспективного учебно-боевого или легкого боевого самолета. В качестве прототипа для проведения расчета аэродинамических характеристик принят современный учебно-боевой самолет L-15LIFT. Приведены результаты определения летно-технических и технико-экономических характеристик учебно-боевого самолета с разными двигателями в составе силовой установки для разных полетных заданий. Показаны результаты расчета эксплуатационных характеристик перспективного двигателя и самолета - стоимость жизненного цикла двигателя силовой установки, стоимость летного часа силовой установки и самолета, а также затраты на их техническое обслуживание и ремонт.*

**Ключевые слова:** концепция самолета, учебно-тренировочный самолет, перспективный учебно-боевой самолет, параметрический облик, газотурбинный двигатель, силовая установка, эксплуатационные характеристики, летно-технические характеристики.

### **Введение**

В современной авиационной отрасли Украины на первый план выходят проблемы, которые связаны с технической эксплуатацией самолетов и вертолетов военного назначения. Для разработки и реализации долгосрочных планов по созданию летательных аппаратов (ЛА) военного назначения ощущается острый дефицит специалистов в области прогнозирования, стратегического и индикативного планирования [1].

Анализ статистических данных по созданию ЛА военного назначения показывает, что создание новых высокоэффективных ЛА требует значительных сроков и финансовых расходов даже при наличии многолетнего опыта выполнения таких работ, развитой экспериментальной базы, имеющегося

программного и математического обеспечения, отработанной системы кооперации [2 – 4]. Принятие решения о разработке в Украине того или другого класса ЛА требует тщательного анализа его необходимости, технической осуществимости и экономических возможностей, а также выработки рациональной последовательности выполнения работ по созданию комплекса ЛА, необходимого для обеспечения обороноспособности государства.

**Постановка задачи.** Актуальным становится вопрос технико-экономического обоснования реализации отмеченных требований, которые должны включать исследование аэродинамических и летно-технических характеристик (ЛТХ) ЛА, а также технико-экономических характеристик его силовой установки, например, стоимость жизненного цикла (СЖЦ) двигателя [5, 6].

**Целью статьи** является проведение предварительной сравнительной оценки эксплуатационных характеристик двигателей для перспективного учебно-боевого или легкого боевого самолета.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В условиях изменения международной обстановки вокруг Украины, пересматриваются некоторые задачи по развитию авиации, что заставляет по-новому определять пути формирования парка боевых самолетов. Существующий парк учебных и боевых самолетов требует глубокой модернизации для существенного улучшения ЛТХ и боевых возможностей. Однако процесс модернизации ЛА не может быть бесконечным. Наступает время, когда необходимо создавать или покупать новый образец ЛА, который будет удовлетворять современным техническим требованиям и иметь соответствующие пути модифицируемости на ближайшую перспективу.

Процесс проектирования перспективных самолетов включает в себя анализ технико-экономических и ЛТХ ЛА на основе оптимизации его основных параметров [7]. Сложность рассматриваемой задачи обусловлена необходимостью учета множества факторов, влияющих на процесс проектирования подсистем ЛА военного назначения. Поэтому существует объективная потребность в углубленном исследовании указанных характеристик с привлечением комплексных методов [7-9]. Детальное изучение существующих задач позволяет отыскать некоторые дополнительные резервы в повышении эффективности боевого ЛА.

Как известно, создание или модификация ЛА предполагает использование авиационных двигателей новых поколений [10]. В связи с этим, большое внимание уделяется методам и средствам математического моделирования эксплуатационных характеристик двигателя в системе “силовая установка – ЛА” [6].

### Основная часть исследований

Как известно, одним из главных принципов интеграции силовой установки и планера учебно-боевого самолета (УБС) стала дальнейшая возможность его модификации. Наиболее общим подходом к оценке возможности модифицируемости изделия является расчет технико-экономического совершенства ЛА с новыми подсистемами. При формировании параметрического облика двигателя силовой установки в системе учебно-боевого или легкого боевого самолета рассмотрены конструктивно-технические и массо-габаритные характеристики двигателя, тягово-расходные, удельные и экономические характеристики двигателя, массо-габаритные данные самолета, аэродинамические и летно-технические характеристики ЛА, полетные и экономические характеристики двигателя и самолета в

целом [11, 12]. Для анализа основными технико-экономическими характеристиками принимаются: стоимость летного часа силовой установки ЛА, стоимость летного часа ЛА, СЖЦ двигателя силовой установки одного ЛА, СЖЦ одного ЛА.

С целью определения путей модификации самолетов учебно-тренировочного назначения в учебно-боевой вариант проведено исследование эксплуатационных характеристик самолета Л-39 с новыми двигателями и бортовыми системами вооружения [13]. Применение нового двигателя в составе самолета значительно повышает скорость полета, скороподъемность, увеличивается перегрузка при выполнении пилотажа, сокращается длина и время разгона. При этом увеличивается расход топлива при выполнении типовых полетных заданий. Повышение ЛТХ самолета может значительно повысить боевые возможности самолета типа Л-39, но для этого необходимо значительно изменить конструкцию планера и увеличить запас топлива.

Существенная новизна конструкции самолетов нового поколения и их бортовых систем не позволяет использовать данные об эксплуатационных свойствах самолетов-прототипов и вынуждает проводить расчетные исследования новых ЛА. В связи с этим, проведено исследование нового УБС в отличие от схемы самолета типа Л-39. В качестве прототипа для проведения исследования аэродинамических характеристик принят современный УБС типа L-15LIFT [14]. Проведены расчетные исследования ЛТХ самолета с разными вариантами двигателей. В расчетах двигатель Д-1 имеет тягу на максимальном режиме  $P_{\max} = 2500$  кгс при  $H = 0$  км,  $M = 0$ , установлено два двигателя в составе СУ, а двигатель Д-2 имеет тягу на максимальном режиме на 10 % больше, чем Д-1 (2 двигателя в составе СУ). Двигатель Д-3 имеет тягу около 6000 кгс на максимальном режиме при  $H = 0$  км,  $M = 0$ , установлено 1 двигатель в составе СУ. Основные характеристики двигателей приведены в работе [11].

Расчет характеристик УБС был выполнен на основе типовых полетных заданий, которые решаются при тренировке летного состава и выполнении боевого задания. Наибольший интерес представляют исследования технико-экономических и ЛТХ ЛА на максимальную дальность полета и перехват воздушной цели. Для формирования начальных данных для каждого из заданий определялись массовые, аэродинамические, пространственные и часовые характеристики УБС, а также параметры данных двигателей силовой установки.

В табл. 1 представлены взлетные массы перспективного УБС с разными двигателями в составе силовой установки при заправке топлива  $m_T = 1750$  кг, общий гарантийный запас топлива равен 200 кг для выполнения полетного задания на

дальность и продолжительность полета. Площадь воздухозаборников при разных полетных заданиях оставалась постоянной.

Представлены ЛТХ перспективного самолета с разными двигателями при выполнении полетного задания на максимальную дальность полета (табл. 2). Улучшение таких показателей как максимальная скорость полета и скороподъемность УБС с

двигателями Д-2 значительно повышает не только его учебный потенциал, но и при необходимости - боевые возможности. Это будет достигаться за счет меньшего времени пребывания в районе цели при выполнении ударных задач и меньшего времени, что необходимо для перехвата воздушной цели. Уменьшение длины разгона повышает оперативность использования УБС с двигателями Д-2.

Таблица 1

Массовые характеристики перспективного УБС

Параметр	Двигатель		
	Д-1	Д-2	Д-3
Масса ЛА взлетная, кг	8050	8070	7850
Масса планера и систем управления, кг	4740	4740	4640
Масса силовой установки, кг	1400	1420	1300
Масса экипажа, оборудования и снаряжения, кг	160	160	160
Масса топлива, кг	1750	1750	1750
Масса пустого снаряженного ЛА, кг	6300	6320	6100

Таблица 2

Расчетные ЛТХ перспективного УБС

Параметр	Двигатель		
	Д-1	Д-2	Д-3
Общая протяженность маршрута, км	1060,1	1040,5	808,6
Общее время полета, мин.	77,36	70,40	61,46
Расход топлива за полет, кг	1547,4	1548,5	1550,5
Часовой расход топлива СУ, кг/час	1200	1254	1514
Часовой расход топлива СУ на крейсерском режиме, кг/час	967	1010	1036
Длина разбега, м	558,2	504,1	326,9
Потребная взлетная дистанция, м	809,3	730,9	473,9
Дистанция прерванного взлета, м	1512,8	1516,6	1364,1
Длина пробега, м	546,0	547,4	546,1

В табл. 3 приведены расчетные технико-экономические характеристики перспективного УБС при полете на максимальную дальность.

Применение в составе данного УБС двигателей без форсажной камеры сгорания возможно, но зна-

чительно ухудшает его ЛТХ при несколько меньших расходах топлива на выполнение полетного задания. Однако данный ЛА будет владеть значительно меньшими боевыми возможностями, особенно при перехвате воздушных целей.

Таблица 3

Расчетные технико-экономические характеристики перспективного УБС

Параметр	Двигатель		
	Д-1	Д-2	Д-3
Затраты на ТОиР за весь ЖЦ, млн. усл. ед.	5,22	5,51	5,71
Стоимость ТОиР двигателей на час налета ЛА, усл. ед./час	968	1021	1056,3
Цена часового расхода топлива и масла, усл. ед./час	1325,4	1385	1671
Стоимость летного часа силовой установки ЛА, усл. ед./час	6231	6849	6818
Стоимость ЖЦ силовой установки одного ЛА, млн. усл. ед.	66,25	69,87	90,41
Стоимость летного часа ЛА, усл. ед./час	9663	10281	10250
Стоимость ЖЦ одного ЛА, млн. усл. ед.	100,66	104,27	125,79
Средняя стоимость фактически отработанного часа ресурса парка двигателей, усл. ед.	5789	6104	15793

Применение двигателя Д-3 в составе исследуемого УБС значительно повышает скорость полета,

скороподъемность, перегрузки при выполнении пилотажа, сокращает длину и время разбега. По таким

показателям як максимальна скороподъемність і довжина разгона, самолет приближается к современным самолетам-истребителям, что при необходимости позволит использовать данный УБС как легкий истребитель.

### Выводы по исследованию

Анализ результатов исследования технико-экономических и летно-технических характеристик перспективного УБС показывают, что задания на максимальную дальность полета и перехват воздушной цели занимают основное место среди других заданий, которые определяют целесообразность применения того или другого типа двигателя.

### Список литературы

1. Кузык, Б.Н. Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование [Текст] / Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. – М.: Экономика, 2011. – 604 с.
2. Степанов, В.Д. Методология формирования технического облика экспертно-ориентированных авиационных комплексов [Текст] / В.Д. Степанов, В.И. Барковский, Г.М. Скопец. – М.: Физматлит, 2008. – 244 с.
3. Баханов Л.Е. Системы управления вооружением истребителей: Основы интеллекта многофункционального самолета [Текст] / Л.Е. Баханов, А.Н. Давыдов, В.Н. Корниенко и др.; под ред. Е.А. Федосова. – М.: Машиностроение, 2005. – 400 с.
4. Акимов А.Н. Особенности проектирования легких боевых и учебно-тренировочных самолетов [Текст] / А.Н. Акимов, В.В. Воробьев, О.Ф. Демченко и др.; под ред. Н.Н. Долженкова и В.А. Подобедова. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.
5. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей [Текст]: монография / А.В. Богуслав, А.А. Олейник, А.А. Олейник

и др.; под ред. Д.В. Павленко, С.А. Субботина. – Запорожье: АО "Мотор Сич", 2009. – 468 с.

6. Кравченко И.Ф. Анализ взаимосвязи технических и экономических характеристик проекта двигателя при формировании его параметрического облика на предварительных этапах проектирования. [Текст] / И.Ф. Кравченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – №2(15). – С. 42-47.
7. Проектирование самолетов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др.; под ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
8. Mattingly Jack D. Aircraft engine design [Text] / Jack D. Mattingly, William H. Heiser, David T. Pratt // AIAA education series, 2002. – 691 p.
9. Whitford Ray. Design for air combat. [Text] / Ray Whitford. – Janes publishing inc., New York, 1987. – 234 p.
10. Кравченко И.Ф. Концепция создания высокоэффективного турбореактивного двухконтурного двигателя для учебно-боевого самолета. [Текст] / И.Ф. Кравченко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – №7(94). – С. 47-55.
11. Jane's All the World's 2014/2015 [Text] // Edited by Mark Daly. – 2015. – 449 p.
12. Дональд Д. Энциклопедия военной авиации [Текст] / Дэвид Дональд, Йон Лейк. – Пер. с англ. А. Бердов, И. Мальцев, А. Алексеев. М.: Омега, 2003. – 443 с.
13. Улучшение летно-технических характеристик учебно-тренировочного самолета на основе выбора и замены двигателя силовой установки. [Текст] / В.В. Логинов, И.Ф. Кравченко, А.В. Еланский, С.И. Смык // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – №1(29). – С. 60-67.
14. Самолет L-15LIFT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airwar.ru/enc/attack/l15.html>.

Поступила в редколлегию 9.07.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. научн. сотр. Е.А. Украинец, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНІВ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО НАВЧАЛЬНО-БОЙОВОГО ЛІТАКА

В.В. Логінов

У статті проведена порівняльна оцінка експлуатаційних характеристик двигунів силової установки для перспективного навчально-бойового або легкого бойового літака. В якості прототипу для проведення розрахунку аеродинамічних характеристик прийнятий сучасний навчально-бойовий літак L-15LIFT. Приведені результати визначення льотно-технічних і техніко-економічних характеристик навчально-бойового літака з різними двигунами у складі силової установки для різних польотних завдань. Показані результати розрахунку експлуатаційних характеристик перспективного двигуна і літака - вартість життєвого циклу двигуна силової установки, вартість льотної години силової установки і літака, а також витрати на їх технічне обслуговування і ремонт.

**Ключові слова:** концепція літака, учбово-тренувальний літак, перспективний учбово-бойовий літак, параметричний обрис, газотурбінний двигун, силова установка, експлуатаційні характеристики, льотно-технічні характеристики.

## COMPARATIVE ESTIMATION OF OPERATING DESCRIPTIONS ENGINES OF POWER PLANT FOR PERSPECTIVE TRAINING-BATTLE AIRCRAFT

V.V. Loginov

In the article is conducted the comparative estimation of operating descriptions engines of power plant for a perspective educational-battle or easy battle aircraft. As a prototype is accepted for realization of calculation of aerodynamic descriptions the modern educational-battle aircraft of L-15LIFT. The brought results over of determination of flying and technical descriptions, technical economic descriptions of educational-battle aircraft with different engines in composition a power plant for different flight tasks. The shown results of calculation of operating descriptions of perspective engine and aircraft are life cycle cost of the engine powerplant, flight hour cost of power plant and aircraft, as well as the costs of maintenance and repair.

**Keywords:** conception of aircraft, educational training aircraft, perspective educational-battle aircraft, self-reactance outline, turbo-engine, power-plant, operating descriptions, flying and technical descriptions.