

УДК 623.746.7

**П. И. НОР,***кандидат технических наук, старший научный сотрудник**(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, г. Киев)*

## Современные тенденции развития реактивных учебно-тренировочных самолетов

*На основі аналізу нових сучасних тенденцій розвитку авіаційної техніки уточнені та актуалізовані основні характерні ознаки, що притаманні реактивним навчально-тренувальним літакам третього покоління. Розглянуті нові зразки і перспективи розвитку літаків даного класу.*

*Ключові слова: навчально-тренувальні літаки, льотно-технічні характеристики, характерні ознаки поколінь розвитку літаків.*

*На основе анализа новых современных тенденций развития авиационной техники уточнены и актуализированы основные отличительные признаки, свойственные реактивным учебно-тренировочным самолетам третьего поколения. Рассмотрены новые образцы и перспективы развития самолетов данного класса.*

*Ключевые слова: учебно-тренировочные самолеты, летно-технические характеристики, отличительные признаки поколений развития самолетов.*

В предыдущей статье [1], посвященной развитию реактивных учебно-тренировочных самолетов (УТС), приведены отличительные признаки и состав трех поколений самолетов данного класса [1]. Впервые они были сформулированы более 7 лет назад [2, 3]. Но за последние 5–10 лет были созданы и продолжают разрабатываться новые образцы УТС, в которых реализованы новые тенденции развития самолетов данного класса. Анализ этих тенденций и места таких УТС в системе подготовки летного состава, а также в предложенной классификации УТС [1, 2] и посвящена данная статья.

В [1] отмечено, что в приведенную классификацию реактивных УТС на три поколения развития не совсем вписываются созданные в 2000-е годы и последние несколько лет новые реактивные УТС, которые существенно отличаются от УТС третьего поколения, прежде всего массовыми характеристиками. Они значительно легче созданных в это же время новых серийных многофункциональных УТС этого поколения: Т-50,

Як-130, М-346 и JL-10 (L-15). По прогнозам разработчиков, создаваемые ими легкие реактивные УТС должны иметь не только существенно меньшую массу, но и при их серийном производстве значительно меньшую стоимость изготовления и эксплуатации. Актуальность вопроса снижения стоимости чрезвычайно затратного процесса подготовки военных летчиков за счет использования новых типов УТС не вызывает сомнения как в большинстве стран мира, так и в Украине.

Если ограничиться только УТС, которые смогли реально подняться в воздух, то таких самолетов, созданных после 2000 года, сравнительно немного. Если их представлять в хронологическом порядке, то это прежде всего, польский EM-10 "Белик" ("Bielik"), созданный в инициативном порядке малоизвестным предприятием Zaklad Remontow i Produkcji Sprzetu Lotniczego из города Бельско-Бяла и впервые взлетевший в июне 2003 года [4]. Отсутствие стартового заказчика и, как следствие, недостаток финансирования работ не позволили завершить работы по доводке и сертификации самолета. Информации о судьбе этого безусловно интересного летательного аппарата (ЛА) очень мало. Он так и остался в виде единичного демонстратора и доживает свой век в авиационном музее. Внешний вид EM-10 "Белик" показан на рис. 1, а основные летно-технические характеристики (ЛТХ) приведены в табл. 1 [4, 5].

В 2005 году свой первый полет выполнил прототип легкого реактивного УТС "Джевелин" АЛТ ("Javelin"), созданный американской компанией ATG в кооперации с израильской корпорацией IAI. Завершение сертификации и поставки первых УТС коммерческим эксплуатантам были запланированы на конец 2007 г. [6]. По причинам, аналогичным изложенным выше, этим планам не суждено было сбыться, и самолет так и остался в единственном экземпляре. Следует отметить, что несколько лет назад американский стартап "Ставатти" ("Stavatti"), выкупивший права на самолет у разработчиков, принял попытку реанимации проекта "Джевелин" АЛТ в рамках тендера американских ВВС по программе "Т-Х" [7]. Так что ставить "крест" на развитии этого ЛА еще



Рис. 1. УТС EM-10 "Белик"



Рис. 2. УТС "Джевелин" АЖТ



Рис. 3. Российский УТС CP-10



Рис. 4. УТС Aermacchi M-345

рано. Основные ЛТХ УТС "Джевелин" АЖТ приведены в табл. 1, а внешний вид показан на рис. 2 [6, 8].

Разработка нового российского легкого УТС CP-10 (рис. 3) началась около 10 лет назад, а первый полет опытного образца состоялся в конце 2015 года. Длительные сроки его создания объясняются тем, что CP-10 создавался в инициативном порядке частной компанией "Конструкторское бюро "Современные авиационные технологии" (КБ "САТ", Москва) за счет собственных средств [9]. Для России это первый случай разработки ЛА для военных частной компанией. Сейчас самолет проходит предварительные лётные испытания, и в 2016 г. к их проведению подключились и структуры потенциального заказчика в лице ВКС РФ. Запланировано за счет бюджетных средств изготовление опытной партии самолетов для проведения государственных испытаний и принятия решения о его серийном производстве [10]. Разработчики позиционируют CP-10 как самолет, который должен заменить основной на данное время в ВВС

РФ УТС Л-39. Основные ЛТХ самолета CP-10 приведены в табл. 1 [11].

Четвертый из рассматриваемых легких реактивных УТС, в отличие от трёх первых, создан не с "нуля", а на базе уже существующего прототипа. Это М-345 НЕТ (рис. 4) совершивший в окончательном варианте первый полет в конце 2016 г. Создан итальянской компанией "Alenia Aermacchi" на базе существующего УТС М-311, который, в свою очередь, является глубокой модернизацией серийного УТС второго поколения

S-211 [12]. В начале 2017 года группа "Леонардо" ("Leonardo"), в которую входит Alenia Aermacchi, подписала с итальянским Министерством обороны контракт на первоначальную партию из пяти УТС Aermacchi M-345НЕТ [13]. По неподтвержденным документально данным, только для итальянских ВВС планируется приобретение 45 таких ЛА. Основные ЛТХ УТС М-345 НЕТ приведены в табл. 1 [14].

Интересно отметить, что в России и Италии относительно недавно созданы и используются для подготовки

Таблица 1

Лётно-технические характеристики	EM-10 «Белик»	«Джевелин» АЖТ	CP-10	M-345 НЕТ
Страна-разработчик ЛА	Польша	США	РФ	Италия
Год первого вылета ЛА	2003	2005	2015	2016
Размах крыла $l_{кр}$ , м	6,60	7,65	8,40	8,47
Площадь крыла $S_{кр}$ , м <sup>2</sup>	11,90	13,00	12,00	12,60
Стреловидность передн. кром. $\chi_{кр}$ , град.	...	20,0	-10,0	16,0
Масса пустого ЛА $M_{пуст}$ , кг	1700,0	2100,0	2100,0	2300,0
Масса взлетная норм. $M_{взл}$ , кг	2450,0	2900,0	3100,0	3200,0
Масса взлетная макс. $M_{макс}$ , кг	...	3100,0	...	4100,0
Тяга СУ макс., $P_{макс}$ , кН	13,60	16,00	17,10	16,00
Тяговооруженность $P_{макс}/G$	0,566	0,562	0,559	0,510
Удельн. нагрузка на крыло $G/S$ , кгс/м <sup>2</sup>	206	223	258	254
Скорость макс., $V_{макс}$ , км/час	950	925	800	740
Скороподъемность макс. $V_y$ , м/с	75	65	60	24
Потолок практический $H_{пр}$ , м	...	13700	11000	12200
Дальность полета $L$ (без ПТБ), км	...	...	1200	1780
Эксплуат. перегрузка максим. $n_y^3$ , макс	6,0	7,0	8,0	7,0

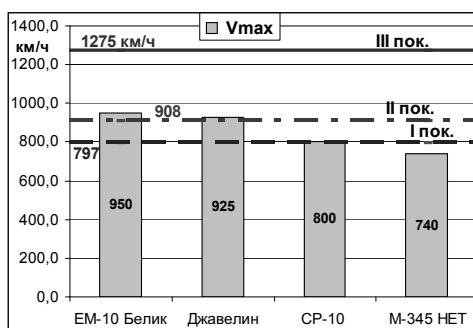


Рис. 5. Максимальна швидкість УТС

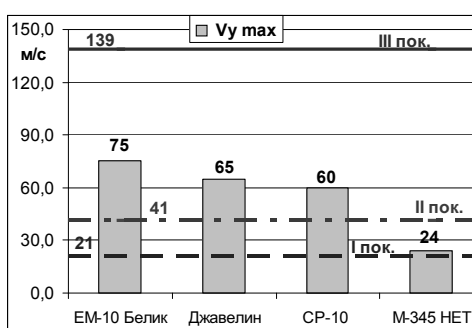


Рис. 6. Максимальна швидкість підйому

летного складу нові реактивні УТС Як-130 і М-346. Необхідність закупки і поставки в війська нових типів реактивних УТС об'являється бажанням зменшити вартість польотної підготовки за рахунок використання більш дешевих і економічних легких УТС, таких як CP-10 і М-345. І якщо доля російського CP-10 відносно неоднозначна, то масове виробництво М-345 для італійських ВВС і поставок на експорт – питання практично вирішене. Вихід на ринок нових легких реактивних УТС може скласти серйозну конкуренцію турбореактивним УТС, отримавши широке поширення в багатьох країнах на етапах основної (базової) і первинної польотної підготовки.

Особливістю ЛТХ розглянутих легких реактивних УТС (табл. 1) є те, що літаки (за винятком М-345) не сертифіковані, т. є. не пройшли всіх необхідних польотних випробувань, що суттєво знижує достовірність значень їх ЛТХ. Багато характеристик просто відсутні, а наведені ЛТХ є, як правило, розрахунковими і (або) мають рекламний характер. Так, наприклад, розрахункові ЛТХ російського CP-10 отримані для взлітної маси

$M_{637} = 2700$  кг, тоді як при випробуваннях вказується вже  $M_{637} = 3100$  кг, що суттєво погіршить по порівнянню з розрахунковими його реальні ЛТХ.

Приймаючи до уваги, що розглянуті легкі реактивні УТС створювалися для вирішення завдань в основному базової польотної підготовки, т. є. практично по тих же вимогам, що і існуючі реактивні УТС, їх ЛТХ повинні бути достатньо близькими. Неке́торое представлення про польотні характеристики сучасних легких реактивних УТС і середні значення аналогічних показників УТС першого, другого і третього поколінь [2] можна отримати з графіків, зображених на рис. 5 і 6.

Максимальна швидкість горизонтального польоту  $V_{\text{макс}}$  розглянутих ЛА знаходиться на рівні УТС першого і другого поколінь і нижче  $V_{\text{макс}}$  УТС третього покоління. Енергетична швидкість підйому  $V_y^*$  небагато вище рівня УТС другого покоління, але нижче, ніж у третього. Якщо виключити вплив на середні значення УТС третього покоління літаків L-15 і T-50, які оснащені двохконтурними турбореактивними двигачами з форсажним режимом (ТРДДФ), то

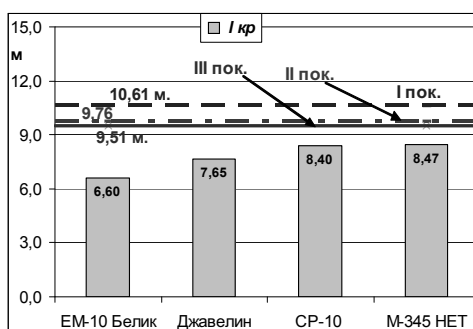


Рис. 7. Розмах крила УТС

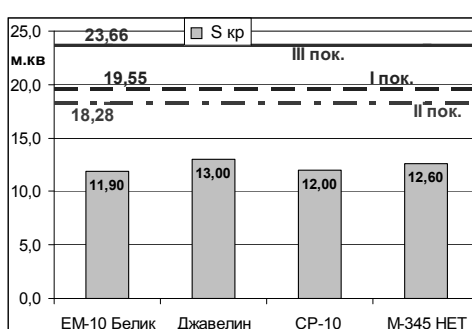


Рис. 8. Площа крила УТС

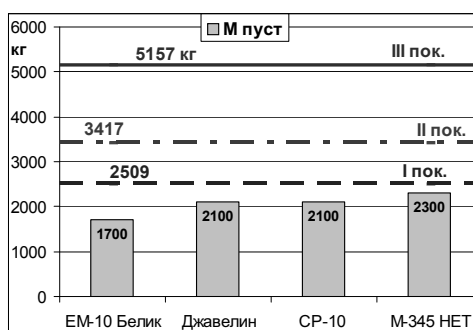


Рис. 9. Маса порожнього літака

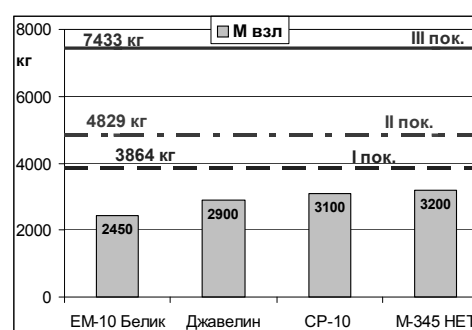


Рис. 10. Маса взлітної нормальна

отставание  $V_{\max}$  и  $V_y^*$  легких реактивных самолетов от УТС третьего поколения будет несущественным.

Другие ЛТХ новых легких УТС (потолок  $H_{пр}$ , максимальная дальность полета  $L_{\max}$ , максимальная эксплуатационная нормальная перегрузка  $n_y^{\max}$ ), если судить по имеющимся в табл. 1 данным, находятся на уровне реактивных УТС второго – третьего поколений.

Учитывая низкую достоверность приведенных ЛТХ у рассмотренных четырех типов самолетов, основное внимание уделим анализу более достоверных массовых и геометрических параметров. Сравнительный анализ геометрических параметров рассмотренных четырех типов УТС и их средних значений для трех поколений реактивных УТС (рис. 7, 8) показывает, что геометрические размеры, судя по размаху  $l_{кр}$  и площади крыла  $S_{кр}$  рассмотренных УТС, существенно меньше, чем у УТС третьего, второго и даже первого поколений. При этом сам размах крыла меньше по сравнению с третьим поколением приблизительно на 20–30%, а  $S_{кр}$  – на 40–50%.

При уменьшении размеров самолета вполне закономерно ожидать и уменьшения их массовых показателей. На диаграммах (рис. 9, 10) приведены значения массы пустого  $M_{пуст}$  и нормальной взлетной массы  $M_{взл}$  сравниваемых УТС.  $M_{пуст}$  легких реактивных УТС более чем на 50% ниже средних значений аналогичных показателей УТС третьего поколения, существенно ниже показателей второго поколения и на диаграмме находятся в нижнем сегменте УТС первого поколения (рис. 9). Еще более категоричен аналогичный вывод по отношению к значениям  $M_{взл}$  (рис. 10).

Если совместить на одной диаграмме геометрические  $S_{кр}$  и массовые характеристики  $M_{взл}$  четырех рассмотренных УТС и трех поколений реактивных УТС, приведенных в [2], то можно четко увидеть область

существования новых легких реактивных УТС (рис. 11). Из диаграммы видно, что эти ЛА не попадают ни в одну из трех областей существования трех поколений реактивных УТС. Если определить по имеющимся данным удельную нагрузку на крыло  $G/S$  (рис. 12), то по данному показателю рассмотренные легкие УТС находятся на уровне между средними значениями УТС первого и второго поколений, т. е. их маневренные и взлетно-посадочные характеристики должны быть на уровне лучших реактивных УТС.

Еще одним важнейшим для характеристики любого ЛА показателем является значения его тяговооруженности. В табл. 1 и на диаграммах (рис. 13 и 14) приведены значения максимальной тяги  $P_{\max}$  силовой установки и удельной тяговооруженности  $\mu = P_{\max}/G$  рассмотренных УТС. Так как часть УТС третьего поколения оборудована ТРДДФ (южнокорейский Т-50 и китайский L-15), то эти значения приведены для двух режимов максимальной тяги (максимального и форсажного).

Если  $P_{\max}$  рассмотренных легких УТС находится на уровне УТС первого поколения, то их тяговооруженность  $\mu$ , за счет существенно меньшей массы, заметно выше не только ЛА первого, но и средних значений УТС второго поколения. До уровня значений УТС третьего поколения показатели новых легких УТС не дотягивают.

Таким образом, по удельным показателям новые легкие реактивные УТС расположены между первым и вторым поколением (значения  $G/S$ ) и между вторым и третьим поколением (значения  $P_{\max}/G$ ) реактивных УТС. Если же эти показатели для сравниваемых реактивных УТС совместить на одной диаграмме в координатном поле  $P_{\max}/G - G/S$  (рис. 15), то видно, что область существования рассматриваемых легких УТС

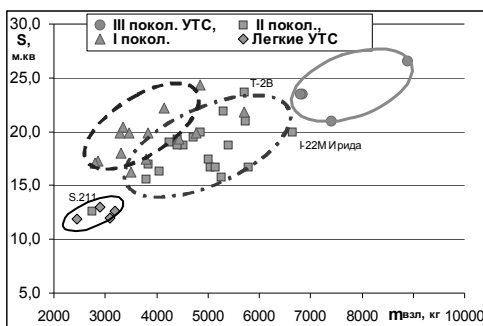


Рис. 11. Диаграмма  $S_{кр} - M_{взл}$

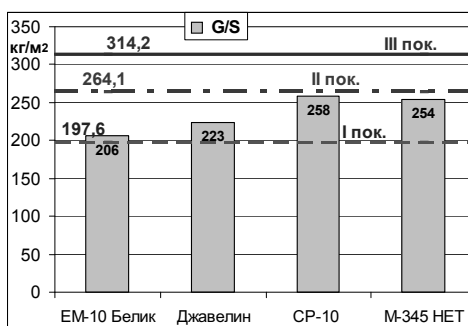


Рис. 12. Удельная нагрузка на крыло

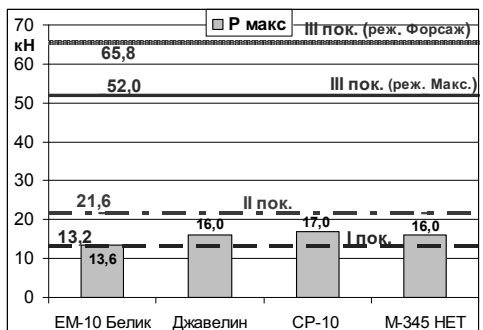


Рис. 13. Тяга силовой установки

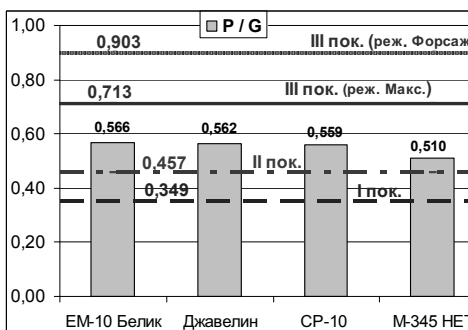
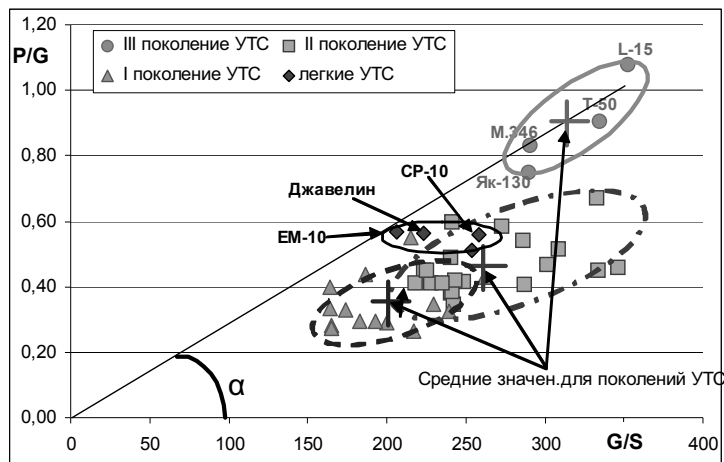


Рис. 14. Тяговооруженность УТС

Рис. 15. Диаграмма соотношения  $P_{\max}/G - G/S$  реактивных УТС

ближе всего ко второму поколению УТС и в некоторой степени они пересекаются.

Но если пойти дальше и исходить из того, что для ЛА данного класса нужны максимальные значения тяговооруженности  $P_{\max}/G$  и минимальные значения удельной нагрузки на крыло  $G/S$ , то их соотношение  $P_{\max}/G / G/S$  численно равно  $\tan \alpha$ , где  $\alpha$  – угол, образованный лучом, проведенным из начала координат до рассматриваемой точки, т. е. показателя конкретного ЛА (рис. 15). В этом случае, чем больше угол  $\alpha$ , тем лучше удельные показатели ЛА (больше тяговооруженность и меньше удельная нагрузка на крыло).

Из рис. 15 сложно определить, какие УТС имеют лучшее соотношение удельных параметров, но можно утверждать, что новые легкие УТС находятся на уровне лучших УТС всех поколений. Они имеют угол  $\alpha$  на уровне максимальных значений.

Соотношение двух удельных показателей можно назвать коэффициентом удельного совершенства ЛА и обозначить как  $\bar{C}$ . Численно он определяется выражением

$$\bar{C} = \frac{P/G}{G/S} = \frac{PS}{G^2}, \quad (1)$$

где  $P$  – тяга СУ на максимальном режиме  $P_{\max}$ ;  $S$  – площадь крыла ЛА;  $G$  – нормальный взлетный вес ЛА.

Используя (1) и значения ГТХ из табл. 1, а также средние значения удельных параметров УТС трех поколений реактивных УТС [2], можно получить значения коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}$  для новых легких и других реактивных УТС всех поколений. Для удобства сравнения параметров значения  $\bar{C}$  нормируются при помощи коэффициента  $k=10^3$ :

$$\bar{C}_n = \bar{C}k. \quad (2)$$

Нормированные значения коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}_n$ , полученные при помощи (1), (2), показаны на диаграмме (рис. 16). Средние значения для УТС третьего поколения приведены для двух режимов работы силовой установки (максимального и форсажного).

Области применения и интерпретации значений коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}$  требуют отдельных исследований, результаты которых будут

приведены в следующих публикациях. Но при этом уже сейчас можно утверждать, что для узкого класса однотипных ЛА использование коэффициента  $\bar{C}_n$  полезно и правомерно. Он характеризует потенциальные возможности УТС и его силовой установки для достижения оптимальных для данного класса ЛА ЛТХ.

В общем случае значения коэффициента  $\bar{C}$  не имеют прямого физического смысла, но если учесть, что площадь крыла  $S$  при фиксированных значениях скоростного напора  $q = \rho V^2 / 2$  и углового положения самолета относительно набегающего потока воздуха (коэффициента полной аэродинамической силы  $c_R$ ) пропорциональна силе  $R$ , то коэффициент  $\bar{C}$  станет безразмерным. В этом случае коэффициент  $\bar{C}_n$  вполне может служить удельной характеристикой совершенства ЛА с точки зрения совершенства его аэродинамики и силовой установки.

Таким образом, исходя из данных коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}_n$  (рис. 16), новые легкие реактивные УТС имеют все основания относиться к реактивным УТС третьего поколения. В таком случае отличительные признаки УТС третьего поколения, приведенные в [1–3], подлежат соответствующей корректировке.

Такая корректировка должна быть реализована по двум направлениям. Первое – внесением дополнительных показателей (например, коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}_n$ ) в существующую классификацию реактивных УТС или изъятием из неё некоторых показателей из числа ЛТХ. Второе направление – это деление третьего поколения реактивных УТС на две группы: легкие узкоспециализированные УТС для отработки навыков пилотирования и взлета-посадки реактивного ЛА, а также тяжелые многофункциональные УТС – для его боевого применения. В этом случае основные признаки этих двух групп будут несколько отличаться. Оптимальный вариант – формулировать основные отличительные признаки поколений развития ЛА на основании технико-технологических особенностей их конструкции и в меньшей степени их ЛТХ, но таких показателей пока мало.

Такой вариант выхода из сложившейся ситуации с классификацией легких реактивных УТС является, по

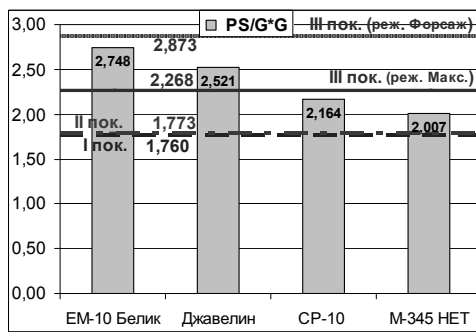


Рис. 16. Коэффициент удельного совершенства  $\bar{C}_n$

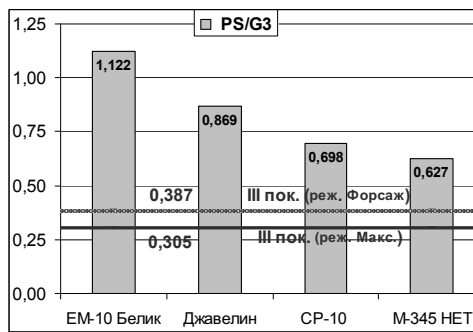


Рис. 17. Соотношение  $(\bar{C}_n \equiv C)$

мнению автора, наиболее приемлемым, так как значения ЛТХ, новые технологические решения и время создания этих ЛА не позволяют отнести их к первому или второму поколению реактивных УТС.

Создатели новых легких реактивных УТС позиционируют их как более выгодную с экономической точки зрения альтернативу предлагаемым на рынке многофункциональным УТС третьего поколения для применения на этапах базовой и первоначальной подготовки летчиков тактической авиации. Анализ технико-экономических показателей новых легких УТС затруднен ввиду их ограниченного количества, статуса опытных образцов (за исключением М-345НЕТ), что не позволяет учесть реальную стоимость как производства, так и эксплуатации этих ЛА. По заявлениям создателей легких УТС, эти показатели в несколько раз меньше аналогичных показателей новых серийных более тяжелых УТС третьего поколения и находятся на уровне УТС, оснащенных турбовинтовыми двигателями (ТВД) [1, 12, 15].

Если учесть, что на данное время новые УТС созданы в разных странах для выполнения практически аналогичных задач и на примерно одинаковом технологическом уровне, то можно принять довольно грубое допущение о пропорциональности себестоимости, а соответственно и цены ЛА, его взлетной массе (весу). Данное допущение приемлемо только для УТС одного поколения, так как ЛА приблизительно одинаковой массы, изготовленные в разное время, т. е. на разном технологическом уровне, будут иметь разную стоимость. В этом случае можно получить выражение

$$(\bar{C}_n \equiv C) = \bar{C}_n / G = \frac{PS}{G^3} k. \quad (3)$$

Полученные с помощью выражения (3) числовые значения этого соотношения для четырех рассмотренных типов и средних значений ЛТХ серийных УТС третьего поколения показаны на рис. 17. Значения соотношения «удельное совершенство – стоимость» приведено также для двух максимальных режимов работы силовой установки УТС третьего поколения. Согласно этому показателю, а он для УТС эквивалентен известному соотношению «эффективность – стоимость», легкие реактивные УТС третьего поколения существенно предпочтительнее других более тяжелых УТС этого поколения. Таким образом, применение таких УТС на тех

этапах летной подготовки, где, с методической точки зрения, это возможно и целесообразно, позволяет получить существенную экономию средств, т. е. уменьшит стоимость всей летной подготовки.

Основными предпосылками создания перспективных легких реактивных УТС третьего поколения являются:

отказ от идеи многофункциональности УТС, а также ограничение круга решаемых задач в процессе летной подготовки и, соответственно, состава и массы бортового и подвесного авиационного оборудования и вооружения;

внедрение передовых технологий в процесс производства ЛА за счет использования в их конструкции легких композитных материалов для уменьшения их массы вплоть до перехода на цельнокомпозитную конструкцию ЛА;

применение новых легких и экономичных ТРДД небольшой мощности, что в сочетании с малым весом ЛА дает оптимальные характеристики тяговооруженности и часового расхода топлива, а в результате появляется возможность снизить массу внутреннего запаса топлива и взлетную массу ЛА;

уменьшение за счет влияния вышеотмеченных факторов взлетной массы самолета дает возможность, в рамках оптимальных для УТС значений удельных ЛТХ, уменьшить значения геометрических размеров ЛА, что, в свою очередь, способствует дальнейшему уменьшению его взлетной массы.

В пользу наличия на современном этапе всех технических предпосылок создания легких реактивных УТС говорит и факт пусть ограниченной по количеству ЛА, но успешной на протяжении более 10 лет эксплуатации легкого реактивного спортивного самолета "Вайпер" ("Viper Jet") одноименной американской компании. Этот 2-местный самолет производится и реализуется в виде "кит" наборов и собирается пользователем. Масса собранного пустого самолета, как и взлетная масса "Вайпер", на 15–25% меньше аналогичных показателей легких реактивных УТС, а его ЛТХ находятся вполне на их уровне [16].

Основными причинами, по которым легкие реактивные УТС не получили в данное время достаточного распространения, являются:

сильнейшая конкуренция в классе легких УТС для первоначальной и базовой летной подготовки со

стороны самолетов, оснащенных турбовинтовыми и даже поршневыми двигателями;

протекционистская политика ведущих самолетостроительных корпораций, направленная против проникновения на рынок легких реактивных УТС, созданных, как правило, небольшими частными компаниями;

выработанные стереотипы и не всегда оправданный консерватизм заказчика по отношению к внедрению в конструкцию создаваемых УТС новых технологий и конструктивных материалов;

относительная дороговизна ЛА на этапе внедрения в них новых высоко-технологичных процессов и материалов.

Но, как показывает время, научно-технический прогресс не остановить, поэтому, несмотря на объективные и субъективные препятствия развитию легких реактивных УТС, реальная перспектива их развития очевидна и они в будущем займут свою нишу в системе подготовки летного состава. По большому счету, УТС с ТВД также являются, по сути, реактивными, и по своим ЛТХ достаточно близки к легким УТС с ТРД (ТРДД). Таким образом, уже сейчас можно сказать, что ниша УТС первоначальной и базовой летной подготовки практически занята легкими самолетами. Просто в будущем ее будут делить самолеты с ТВД и с ТРД (ТРДД). Вопрос о том, какие самолеты будут более предпочтительны, требует отдельных исследований.

Если при серийном производстве стоимость, точнее коммерческую цену, легких реактивных УТС третьего поколения удастся удержать на уровне до \$10 млн., то они составят серьезную конкуренцию УТС с ТВД и у них появятся хорошие рыночные перспективы во многих странах мира.

На основании проведенного анализа и с учетом разделения УТС третьего поколения на две группы были сформулированы основные объективные показатели и отличительные признаки этих УТС (табл. 2).

Разделение большинства геометрических, массовых, удельных и летно-технических характеристик реактивных УТС третьего поколения на две большие группы довольно существенное (табл. 2). Тенденция создания новых УТС в категории легких и тяжелых самолетов по сравнению с предыдущим поколением явно обозначилась в последние немногие более 10 лет. И хотя новых серийных моделей УТС в весовой категории между легкими и тяжелыми самолетами в последние несколько десятилетий не создано, это отнюдь не говорит о том, что они не будут созданы в будущем. Нишу в этой весовой категории закрывали в последнее время модернизированные реактивные УТС второго поколения, в том числе и вновь произведенные ("Хоук" АТ, К-8 "Каракорум" и др.).

Таким образом, на данное время, с учетом разделения реактивных УТС третьего поколения на две подгруппы: легкие «чистые» УТС и многофункциональные тяжелые самолеты, – основные отличительные признаки этого поколения ЛА, приведенные в [1–3], после уточнения и корректировки будут иметь следующий вид.

1. Для многофункциональных УТС – значительное увеличение по сравнению с предыдущим поколением массовых характеристик ( $M_{пуст} = 5100 \pm 1000$  кг,  $M_{взл} = 7800 \pm 1000$  кг), вызванное усложнением конструкции ЛА, увеличением запаса топлива и номенклатуры подвесного вооружения. Для чисто специализированных УТС, наоборот, – уменьшение по сравнению с предыдущим поколением массовых характеристик ( $M_{пуст} = 2000 \pm 300$  кг,  $M_{взл} = 2900 \pm 300$  кг) и их геометрических размеров ( $S_{кр} = 13 \pm 1,0$  м<sup>2</sup>) за счет ограничения круга решаемых задач и внедрения новых технологических решений. При этом значения удельной нагрузки на крыло ЛА остаются в диапазоне значений второго поколения УТС (см. рис. 15), расположившись на его правой ( $G/S = 320 \pm 30$  кг/м<sup>2</sup> – многофункциональные УТС) и левой границе ( $G/S = 230 \pm 30$  кг/м<sup>2</sup> – «чистые», т. е. легкие УТС).

Таблица 2

Характерные отличительные признаки УТС	Легкие специализированные реактивные УТС третьего поколения	Многофункциональные реактивные УТС третьего поколения
Геометрические и массовые характеристики ( $S_{кр}$ , $M_{пуст}$ , $M_{взл}$ , $M_{макс}$ )	$S_{кр} = 13 \pm 1$ м <sup>2</sup> ; $M_{пуст} = 2000 \pm 300$ кг; $M_{взл} = 2900 \pm 300$ кг.	$S_{кр} = 24 \pm 2$ м <sup>2</sup> ; $M_{пуст} = 5100 \pm 1000$ кг; $M_{взл} = 7800 \pm 1000$ кг; $M_{макс} = 10500 \pm 1000$ кг.
Удельные параметры ЛА ( $G/S$ , $P/G$ , $\bar{C}_n$ , $\bar{m}_{ин}$ )	$G/S = 230 \pm 30$ кг/м <sup>2</sup> ; $P/G = 0,55 \pm 0,05$ ; $\bar{C}_n = 2,5 \pm 0,5$	$G/S = 320 \pm 30$ кг/м <sup>2</sup> ; $P/G = 0,85 \pm 0,15$ ; $\bar{C}_n = 2,5 \pm 0,5$ ; $\bar{m}_{ин} = 0,45 \pm 0,1$
Высотно-скоростные ЛТХ ( $V_{мин доп}$ , $V_{макс}$ , $H_{пр}$ , $V_y^*$ )	$V_{макс} = 850 \pm 100$ км/ч; $H_{пр} = 13000 \pm 1000$ м; $V_y^* = 50 \pm 25$ м/с.	$V_{макс} = 1200 \pm 200$ км/ч; $H_{пр} = 14500 \pm 2000$ м; $V_y^* = 135 \pm 25$ м/с.
Маневренные характеристики ( $n_{y, макс}^3$ , $c_{y доп}$ , $r_{вир}$ )	$n_{y, макс}^3 = 7,0 \pm 1,0$	$n_{y, макс}^3 = 8,0$
Технико-технологические особенности конструкции	Широкое применение композитных материалов в конструкции ЛА. Применение репрограммируемой электродистанционной системы управления ЛА. Использование бортовых тренажерных комплексов. Применение новейших систем авионики.	
Эксплуатационно-экономические особенности	Минимизация эксплуатационных расходов	Высокая автономность эксплуатации ЛА

2. Силовая установка на основе одного-двух ТРДД (ТРДДФ) нового поколения, оптимизированная по тяге в зависимости от массовых характеристик УТС для получения высокой тяговооруженности ( $P/G=0,85\pm 0,15$  – многофункциональные и  $P/G=0,55\pm 0,05$  – легкие УТС), определенной для нормальной взлетной массы. Значения коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}_n = P_{\text{max}}/G/G/S \cdot 10^3$  находятся в пределах  $\bar{C}_n = 2,5\pm 0,5$  единиц, т. е. существенно выше уровня предыдущих поколений УТС.

3. Высотно-скоростные и маневренные характеристики легких специализированных УТС находятся на уровне лучших представителей второго поколения этих ЛА, а у многофункциональных реактивных УТС – существенно выше этого уровня ( $V_{\text{max}}=1200\pm 200$  км/ч,  $H_{\text{np}}=14500\pm 2000$  м,  $V_y^*=135\pm 25$  м/с).

4. Широкое применение в конструкции УТС передовых авиационных технологий, направленных на уменьшение эксплуатационных расходов, повышение эффективности обучения и безопасности полетов.

5. Расширение функциональных возможностей более тяжелых УТС до уровня легких боевых ЛА, что обеспечивается большим числом точек подвески (до 9) и значениями относительной массы полезной нагрузки на уровне  $m_{\text{м}}=0,45\pm 0,1$ .

Анализ современных тенденций развития авиационной техники и авиационных технологий позволяет актуализировать основные отличительные признаки реактивных УТС третьего поколения и обосновано подойти к формированию основных тактико-технических требований к перспективным ЛА этого класса. Такая задача стоит в ближайшей перспективе и перед командованием ВС Украины, когда его амбиции как заказчика продукции нужно сопоставлять и согласовывать с реальными научно-производственными возможностями предприятий отечественной промышленности и ограниченными финансово-экономическими возможностями страны.

Таким образом, создание легких реактивных УТС третьего поколения для применения на этапах, в первую очередь, базовой, а также первоначальной летной подготовки с целью уменьшения их стоимости и повышения качества подготовки летного состава является перспективным направлением развития авиационной техники, в том числе и для Украины. Создание базовой модели УТС модульной конструкции в рамках массовых и габаритных характеристик легких самолетов этого класса при использовании аэродинамической схемы, предложенной в [1, 17], позволит, применяя в дальнейшем различные типы отечественных авиационных двигателей (ТВД, ТРДД, ТРДДФ), создать целое семейство относительно недорогих ЛА различного назначения. Это могут быть УТС базовой и первоначальной летной подготовки, оснащенные экономичным ТВД, УТС повышенной летной подготовки с ТРДД, легкий многофункциональный боевой самолет с ТРДД или ТРДДФ, в том числе и беспилотный.

Анализ современных тенденций развития авиационной техники и авиационных технологий позволяет

актуализировать основные отличительные признаки реактивных УТС третьего поколения и обосновано подойти к формированию основных тактико-технических требований к перспективным ЛА этого класса. Такая задача стоит в ближайшей перспективе и перед командованием ВС Украины, когда его амбиции как заказчика продукции нужно сопоставлять и согласовывать с реальными научно-производственными возможностями предприятий отечественной промышленности и финансово-экономическими возможностями страны.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Нор П. И. Тенденции и перспективы развития реактивных учебно-тренировочных самолетов // Озброєння та військова техніка. 2017. № 4 (16). С. 53–64.
2. Нор П. И., Новосад Л. Ю. Реактивные учебно-тренировочные самолеты : моногр. К. : Фитон, ННПМ НАН Украины, 2012. 137 с.
3. Нор П. И. Анализ развития учебно-тренировочных самолетов с турбореактивными двигателями // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України / ХУПС. 2010. № 1 (3). С. 89–95.
4. EM-10 Bielik. URL: <http://www.airwar.ru/enc/other/bielik/html>.
5. PZL EM-10 "Bielik". URL: [http://www.avia-museum/narod/rupzl\\_bielik](http://www.avia-museum/narod/rupzl_bielik).
6. Javelin AJT. [www.airwar.ru/enc/other/javelinait](http://www.airwar.ru/enc/other/javelinait).
7. Программа Т-Х. URL: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Т-Х...>
8. Учебно-боевой самолёт ATG Javelin (США). URL: <https://www.dogswar.ru/oryjei/Авиация>.
9. Первый полет самолета CP-10 [видео]. URL: <https://vpk.name>. Архив от 31.12.2015.
10. Минобороны нашло замену чешским L-39. URL: <https://vpk.name>. Архив от 24.07.2017.
11. CP-10. URL: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/CP-10>.
12. М-345 станет ступенькой к М-346. URL: <https://vpk.name>. Архив от 04.07.2016.
13. Группа "Леонардо" впервые продемонстрировала реактивный УТС М-345. <https://vpk.name>. Архив от 21.06.2017.
14. AerMacchi M-345. URL: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/M-345>.
15. ВВС РФ начали испытания уникального самолета [видео]. URL: <https://vpk.name>. Архив от 30.05.2016.
16. Viper Jet. Технические характеристики. URL: <https://avia.pro/blog/viper-jet>.
17. Небесный Мачете. URL: <http://www.nt-magazine.ru/nt/node/6433>.

**Рецензент А. А. Расстригин**, д-р техн. наук,  
старший научн. сотрудник  
(Центральный научно-исследовательский институт  
вооружения и военной техники Вооруженных Сил  
Украины)