

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)*

## Учебно-тренировочные самолеты с турбовинтовыми двигателями

*Розглянуті передумови виникнення й подальшого розвитку навчально-тренувальних літаків (НТЛ), обладнаних турбогвинтовими двигунами (ТВД), і їх місце в системі льотної підготовки військових льотчиків. Проведений порівняльний аналіз основних льотно-технічних характеристик практично всіх НТЛ цього типу, що випускались серійно за останні більш ніж 40 років. Наведені критерії розподілу цих літаків на легкі й важкі НТЛ і проаналізовані галузі їх можливого застосування. Представлена комплексна техніко-економічна оцінка сучасних турбогвинтових НТЛ з використанням цінових і узагальнених питомих показників. Розглянуті перспективи й рекомендації щодо розвитку літаків даного класу в Україні.*

*Ключові слова: навчально-тренувальні літаки, льотно-технічні характеристики, турбогвинтові двигуни.*

*Рассмотрены предпосылки возникновения и дальнейшего развития учебно-тренировочных самолетов (УТС), оборудованных турбовинтовыми двигателями (ТВД) и их место в системе летной подготовки военных летчиков. Проведен сравнительный анализ основных льотно-технических характеристик практически всех УТС этого типа, которые выпускались серийно за последние более чем 40 лет. Приведены критерии деления этих самолетов на легкие и тяжелые УТС и проанализированы области их возможного применения. Представлена комплексная технико-экономическая оценка современных турбовинтовых УТС с использованием ценовых и обобщенных удельных показателей. Рассмотрены перспективы и рекомендации относительно развития самолетов данного класса в Украине.*

*Ключевые слова: учебно-тренировочные самолеты, льотно-технические характеристики, турбовинтовые двигатели.*

В статье [1] достаточно подробно рассмотрены созданные за последние немногим более 10 лет легкие учебно-тренировочные самолеты (УТС) третьего поколения, в которых в качестве силовой установки применяются турбореактивные двухконтурные двигатели (ТРДД). Отмечено, что благодаря существенно меньшей, по сравнению с выпускаемыми аналогичными летательными аппаратами (ЛА) данного класса, массе и стоимости жизненного цикла, легкие реактивные УТС имеют хорошие рыночные перспективы для применения в системе летной подготовки как внутри страны, так и на международном рынке. Также в [1, 2] подчеркнуто, что основную конкуренцию таким самолетам составляют УТС, которые оснащены турбовинтовыми двигателями (ТВД). В настоящее время в парках УТС большинства развитых стран мира они занимают доминирующее положение на этапах основной, а в большинстве случаев и первоначальной летной подготовки и вытеснили оттуда за последние 20–30 лет реактивные УТС второго поколения. Поэтому в данной статье основное внимание уделено анализу возможностей современных УТС с ТВД и сравнительной оценке их основных льотно-технических характеристик (ЛТХ).

Вопрос снижения чрезмерно высокой стоимости подготовки летного состава для нужд военной авиации постоянно в центре внимания военно-политического руководства большинства развитых стран мира. Свидетельством тому является постоянное реформирование их систем летной подготовки [3–5]. Актуален он и для Украины, что в сочетании с назревшей необходимостью обновления и развития в недалеком будущем парка УТС Воздушных Сил Украины требует принятия решения о выборе будущего УТС и путей его приобретения для нужд Вооруженных Сил страны.

Полезным в этом плане может быть опыт организации летной подготовки, нарабатанный в ведущих странах НАТО. Он предполагает проведение основной части летной подготовки на УТС с невысокой стоимостью жизненного цикла, в первую очередь за счет низких эксплуатационных затрат. Это могут быть относительно легкие УТС как с ТРДД, рассмотренные в [1], или УТС, оборудованные ТВД.

Вопросы развития УТС с ТВД достаточно хорошо освещаются в печатных и электронных источниках информации [6–9]. И если на Западе вопросов о перспективности и целесообразности развития данного класса ЛА практически не возникает, то в соседних странах он периодически поднимается авиационными специалистами, связанными, как правило, с разработкой новой авиационной техники [7, 8]. В Украине этот вопрос практически не рассматривается, за исключением нескольких докладов на последних научно-технических конференциях, а также презентации АО «Мотор-Сич» работ по ремоторизации УТС Як-52 с установкой нового украинского ТВД АИ-450.

Единого мнения по вопросу применения УТС с ТВД в процессе летной подготовки нет. Большинство специалистов, связанных с подготовкой летного состава, в РФ, как впрочем, и в Украине, ссылаются на то, что

Таблица 1. Серийные и новые опытные УТС с ТВД

№ п/п	Тип УТС (УБС), разработчик	Страна-разработчик	1-й вылет прототипа, год	Начало производ., год	Конец производ., год	Выпущено ЛА, ед.	Конец эксплуатации, год
1	<b>SM-1019</b> , SIAI-Marchetti (Маркетти)	Италия	1969	1974	1979	85	2000
2	<b>PC-7</b> Pilatus (Пилатус)	Швейцария.	1966	1978	2000	440	–
3	<b>Fantrainer 400</b> RFB	ФРГ	1978	1982	1987	50	1997
4	<b>SF-260TP</b> , SIAI-Marchetti (Маркетти)	Италия	1980	1985	–	60	–
5	<b>L-90TP</b> Valmet (Вальмет)	Финляндия	1985	1990	1995	42	2012
6	<b>EMB-312 Tucano</b> EMB	Бразилия	1980	1983	1996	470	–
7	<b>PC-9</b> Pilatus (Пилатус)	Швейцария.	1984	1986	2005	270	–
8	<b>EMB-312 ТМк1</b> EMB / Shorts	Бразилия / Великобритания	1986	1987	1993	158	–
9	<b>PZL-130TB</b> PZL	Польша	1986	1990	–	50	–
10	<b>PC-7 Мк2</b> Pilatus (Пилатус)	Швейцария	1992	1994	–	180	–
11	<b>КТ-1</b> KIA	Южная Корея	1991	1999	–	200	–
12	<b>T-6A Texan II</b> Beechcraft (Бичкрафт)	США	1992	1999	–	900*	–
13	<b>EMB-314 S.Tucano</b> EMB	Бразилия	1999	2002	–	240	–
14	<b>T-7</b> Fuji (Фуджи)	Япония	2002	2003	2010	50	–
15	<b>PC-21</b> Pilatus (Пилатус)	Швейцария.	2002	2008	–	210	–
16	<b>G-120TP</b> Grob (Гроб эйрспейс)	ФРГ	2010	2012	–	90	–
17	<b>Хуркус-В</b> TAI	Турция	2013	2017	–	3	–
18	<b>DART-450</b> Diamond (Диамонд)	Австрия	2016	–	–	2	–
19	<b>B-250</b> Caldius LLC /Novaer	ОАЭ / Бразилия	2017	–	–	2	–

\* С учетом всех модификаций.

использование УТС с ТВД прививает будущим военным летчикам ложные навыки для пилотирования реактивных боевых самолетов. Но это противоречит современной мировой практике эксплуатации этих УТС, когда несложными конструктивными мероприятиями (например, использованием системы HOTAS) удается существенно упростить переход с УТС, приводимых в движение посредством воздушного винта, на реактивные УТС.

Таким образом, не всегда оправданный «разумный» консерватизм военных как эксплуатантов УТС, а также нежелание их вникать в экономическую сторону вопроса летной подготовки, с одной стороны, при отсутствии реальных предложений предприятий промышленности, с другой стороны, привели к тому, что в Украине, как и в других постсоветских странах, нет современного экономичного УТС с ТВД или легкого УТС с ТРДД, наиболее приемлемого для базовой летной подготовки. А за такими ЛА будущее [3–5].

Краткий экскурс в историю появления и развития УТС с ТВД показывает, что первые такие ЛА были приняты на вооружение в конце 70-х годов, хотя начало их разработки приходится на конец 60-х годов прошлого столетия. Это были швейцарский PC-7 фирмы Pilatus, оснащенный ТВД PT-6A-25A (первый вылет прототипа – 1966 год, второго прототипа после возобновления программы – 1975 год) и малоизвестный итальянский SM.1019, чаще использовавшийся как самолет общего назначения в авиации сухопутных войск Италии, оснащенный ТВД Allison 250-B15C (первый вылет – 1969 год). Оба самолета были созданы на базе своих поршневых прототипов и пошли в серию только во второй половине 70-х годов прошлого столетия.

Возникновению такого подкласса УТС способствовало появление в середине 60-х годов малогабаритных ТВД (семейство ТВД PT-6, фирмы Pratt & Whitney Canada и ТВД Allison 250 американской Allison Engine Company), а их последующему широкому

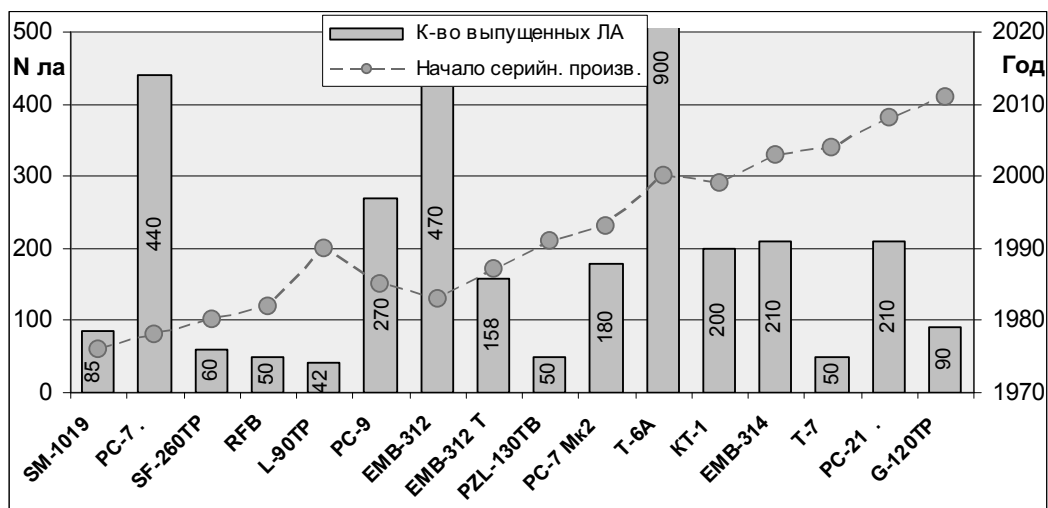


Рис. 1. Масштабы выпуска серийных УТС

распространению – резкое повышение стоимости нефти и продуктов её переработки после нефтяного кризиса в 1973 году, что существенно повысило стоимость летной подготовки на реактивных УТС. Настоящий бум развития УТС, оснащенных ТВД, пришелся на конец 80-х – начало 90-х годов прошлого столетия. Возник он в связи с появившейся возможностью в развивающихся странах мира приобретения доступной реактивной авиатехники, а также назревшей в ведущих авиационных державах заменой парка УТС базовой летной подготовки.

На данное время в мире серийно производятся или сняты с производства, но эксплуатируются около 13 типов УТС, оснащенных ТВД. Кроме того, в стадии создания находятся еще около 6 типов аналогичных ЛА, из них 3 вышли на этап летных испытаний. Некоторые хронологические показатели и количество выпущенных УТС, упомянутых выше, приведены в табл. 1.

Кроме упомянутых выше двух первых ЛА, в табл. 1 представлены серийные и новые опытные УТС с ТВД. Это и ЛА, уже снятые с вооружения: оригинальный немецкий «Fantrainer 400», производства Rhein Flugzeugbau (RFB) и созданный на базе поршневого прототипа УТС L-90TP финской компании Valmet. Основной причиной прекращения эксплуатации этих УТС, как, впрочем, и вышеупомянутого SM.1019, явилась выработка летного ресурса, так как производились они около 30 лет назад и относительно небольшими партиями.

Ограниченными партиями выпущены также итальянский УТС SF-260TP (производитель SIAI – Marchetti) и немецкий G-120TP (GROB Aerospace). Но причина в этом случае другая: эти УТС начали выпускаться и выпускаются с поршневой силовой установкой, хотя за последние годы всё большую популярность у потребителей приобретают эти самолеты, оснащенные ТВД. Традиционно небольшой партией 50 ЛА для внутренних потребностей выпущен и японский УТС T-7. Не получил широкого распространения польский УТС с ТВД PZL-130TB «Orlik», хотя после перехода предприятия в собственность Airbus Defence and Space разработаны

модифицированные варианты самолета и предприятие рассчитывает кроме модификации польских самолетов на экспортные заказы. Масштабы выпуска серийных УТС с ТВД, а также сроки начала их серийного производства, совпадающие, как правило, с вылетом первого серийного самолета, наглядно показаны на рис. 1.

Как видно из табл. 1 и рис. 1, количественно большую часть всех УТС с ТВД составляют самолеты двух самых крупных производителей и их лицензионные модификации. Это УТС швейцарской компании Pilatus Aircraft Ltd: один из первых турбовинтовых УТС PC-7, более мощный PC-9 и их гибрид, известный как PC-7Mk2, а также самый современный самолет этой компании PC-21. Всего было выпущено с учетом лицензионной сборки более 900 УТС этих модификаций. Если учесть, что американский УТС T-6A Texan II также был разработан на базе PC-9, то общее количество самолетов этой компании и их модификаций превышает 1800 единиц.

Второй крупный производитель таких УТС – это бразильская компания Embraer (EMB), выпускающая УТС EMB-312 Tucano. Его модификация выпущена по лицензии в Великобритании EMB-312Tmk1. Наиболее современный УТС – EMB-314 Super Tucano. Всего выпущено более 800 этих ЛА.

Еще одним центром развития УТС с ТВД стала корпорация Korea Aerospace Industries (KAI), выпускающая с начала 90-х годов для внутренних потребителей и на экспорт разные модификации УТС KT-1, который внешне схож со швейцарским PC-9.

В табл. 1 включены также новые опытные УТС этого класса: «Хуркус-В», разрабатываемый турецкой компанией TAI [10], австрийский УТС DART-450 компании Diamond Aircraft Industries [11] и бразильско-эмиратский B-250 компании Caldius LLC при содействии бразильской Novaer [12]. Все они вышли на этап летных испытаний, но реальные ЛТХ этих УТС пока неизвестны.

Работы по созданию УТС с ТВД проводятся также в Индии компанией HAL (HTT-40) [13], Сербии компанией UTVA (УТС «КОВАС») [14], рядом стран Южной

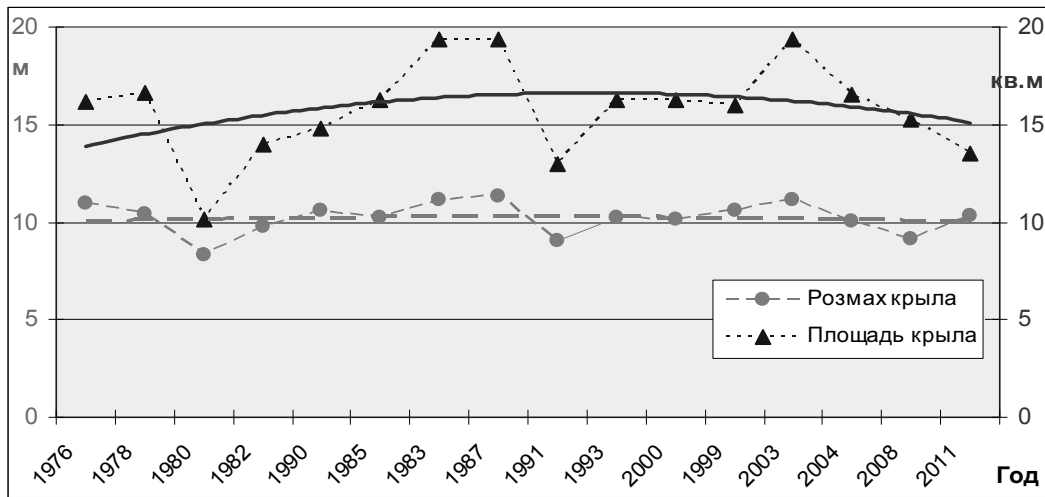


Рис. 2. Геометрические размеры серийных УТС

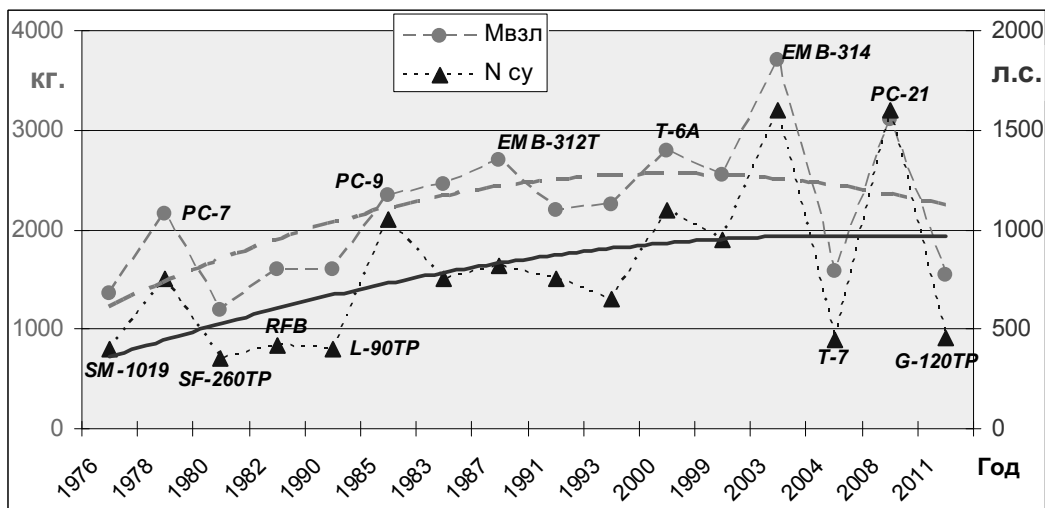


Рис. 3. Взлетная масса и мощность ТВД серийных УТС

Америци а рамках програми UNASUR I (УТС IA-73) [15]. Сведень о выхде этих ЛА на этап летных исптаниях и их основнх ЛТХ пока нет.

Таким образом, на данное время серийно эксплуатируется около 13 типов ЛА, а на стадии разработки еще минимум 6 типов УТС с ТВД. Есть все основания считать данный подкласс авиационной техники востребованным и достаточно перспективным, что требует более детального изучения и анализа ЛТХ этих УТС. Из 19 приведенных в табл. 1 УТС, оборудованных ТВД, основные ЛТХ известны для первых 16 ЛА, которые и будут рассмотрены в дальнейшем.

Если кратко проанализировать изменения основных геометрических размеров рассмотренных 16 серийных УТС за более чем 40 лет (рис. 2, где ось X – год вылета первого серийного самолета), то следует вывод о практически неизменных средних значениях размаха крыла  $l$  и его площади  $S$ . И если разброс реальных значений размаха  $l$  небольшой и находится в пределах  $\pm 15\%$  среднего значения, то разброс значений  $S$  очень существенный и лежит в пределах от 10 до 20 м<sup>2</sup>.

Анализ еще одного аналогичного графика изменения взлетной массы  $M_{взл}$  и максимальной мощности  $N_{cy}$  этих УТС (рис. 3.) подтверждает предположение о существенной неоднородности подкласса УТС, оснащенных ТВД. Величины  $M_{взл}$  и  $N_{cy}$  при некотором росте средних значений имеют очень большой разброс реальных значений и существенную взаимную корреляцию. Взлетная масса выпускаемых сейчас УТС с ТВД колеблется в пределах от 1200 кг до 3700 кг, а мощность  $N_{cy}$  – от 350 до 1600 л. с. (рис. 3).

Для выяснения степени неоднородности основных ЛТХ и ее причин совместим на одном координатном поле рассмотренные массовые и геометрические параметры, т. е. рассмотрим зависимость  $S$  крыла от  $M_{взл}$  УТС (рис. 4).

Как видно из графика, площадь крыла рассмотренных УТС лежит в пределах приблизительно 10–20 м<sup>2</sup>, хотя большинство ЛА вписываются в диапазон  $S=15\pm 2$  м<sup>2</sup>. Анализ значений нормальной взлетной массы  $M_{взл}$  дает основания выделить две большие группы этих ЛА. Первая группа – это УТС с значениями  $M_{взл}=1500\pm 150$  кг и несколько меньше и вторая группа

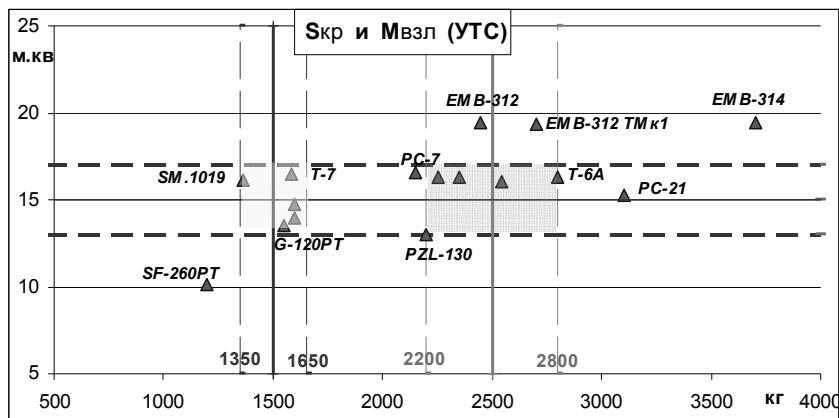


Рис. 4. Массовые и геометрические параметры серийных UTC



Рис. 5. UTC GROB Aerospace G-120TP



Рис. 6. UTC RFB Fantrainer 400



Рис. 7. UTC Raytheon T-6A Texan II



Рис. 8. UTC Embraer EMB 314 Super Tucano

ЛА, у которых  $M_{взл} = 2500 \pm 300$  кг и более. Первую группу классифицируют как легкие UTC с ТВД, наиболее яркие представители: G-120TP (рис. 5), SF-260TP, T-7 и уже снятые с вооружения SM-1019, Fantrainer 400 (рис. 6), L-90TP.

Вторая группа – это тяжелые UTC с ТВД, где наибольшее распространение получили швейцарские PC-7, PC-9, американский T-6A (рис. 7) и бразильские EMB-312, EMB-314 (рис. 8). Деление UTC на легкие и тяжелые будем учитывать при анализе их ЛТХ. Из графиков на рис. 2 и 3 также видно, что легкие и тяжелые UTC с ТВД начали и продолжают выпускаться практически одновременно.

В подтверждение правильности деления рассматриваемых UTC на две группы и существенной корреляции значений взлетной массы  $M_{взл}$  и максимальной мощности ТВД  $N_{св}$  на рис. 9 показан график их взаимозависимости. Из него видно, что легкие UTC оборудованы ТВД с максимальной мощностью 350–450 л. с. (среднее значение несколько больше 400 л. с.), а

тяжелые – мощностью 750–1600 л. с. (при среднем значении  $N_{св} = 1012$  л. с.). При этом степень роста средних значений взлетной массы  $M_{взл}$  при сопоставлении легких и тяжелых UTC составляет  $2500 \text{ кг} / 1500 \text{ кг} = 1,67$ , а для значения  $N_{св} 1012 \text{ л. с.} / 400 \text{ л. с.} = 2,53$ , т. е. у тяжелых UTC увеличение максимальной мощности по сравнению с легкими более чем в полтора раза превышает аналогичное увеличение взлетной массы.

На рис. 10, 11 изображены зависимости значений удельных параметров рассмотренных UTC. При этом линии тренда построены как для всех UTC, так и отдельно для легких и тяжелых UTC, что позволило более точно выделить зависимости изменения рассмотренных параметров этих ЛА. Из графика удельной нагрузки на крыло  $G/S$  (рис. 10) видно, что характер изменения  $G/S$  для легких и тяжелых UTC различный. У легких UTC значения удельной нагрузки на крыло с течением времени практически не менялось. У тяжелых ЛА значения  $G/S$  изначально несколько больше, чем у легких UTC, и имеет явно выраженную тенденцию к росту, что, в общем,

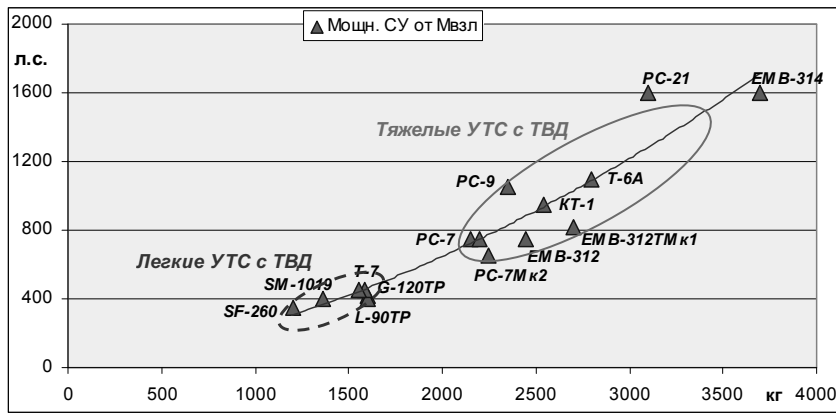


Рис. 9. Максимальная мощность ТВД от взлетной массы УТС

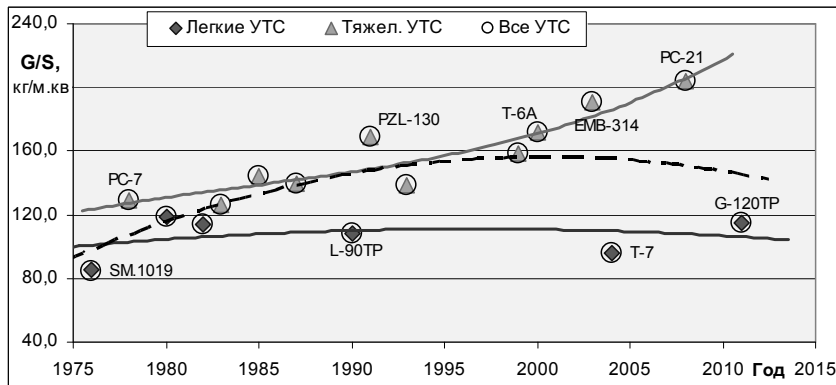


Рис. 10. Удельная нагрузка на крыло серийных УТС

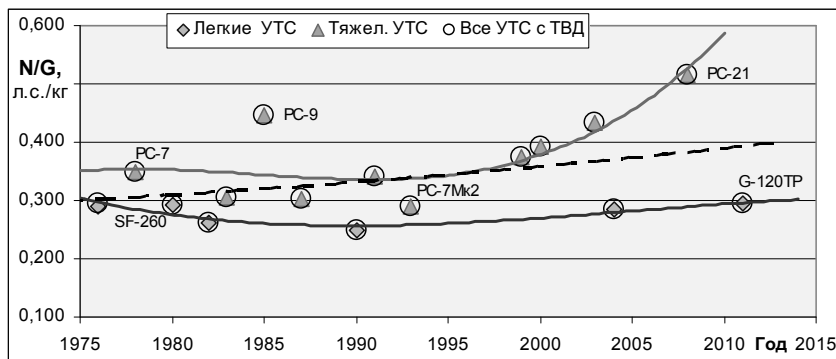


Рис. 11. Удельная тяговооруженность серийных УТС

не является положительным фактором для улучшения маневренных и взлетно-посадочных ЛТХ самолета.

Зависимость удельной тяговооруженности  $N/G$  УТС (рис. 11) показывает, что у легких УТС эта зависимость с течением времени практически не изменилась, у тяжелых УТС тяговооруженность несколько больше по сравнению с легкими (около 25%) и в последние годы намечился ее рост приблизительно на 40%, что обусловлено, в первую очередь, расширением их функций.

Практическое постоянство значений удельной тяговооруженности при небольших колебаниях взлетной массы легких УТС объясняется тем, что все эти ЛА оборудованы разными модификациями одного и того же удачного ТВД Allison 250 серии с очень близкими значениями максимальной (взлетной) мощности

( $N_{cv} = 350...450$  л. с.), который выпускается несколькими производителями уже более 40 лет. У тяжелых УТС на протяжении рассматриваемого периода времени  $N_{cv}$  существенно возросла с 750 до 1600 л. с. (см. рис. 3), что реализовано также на базе практически одного и того же ТВД (точнее его газогенератора) не менее удачного РТ6А разных модификаций. Исключение в данном перечне составляют всего два УТС: лицензионный французский EMB-312TMk1 с французским ТВД TRE-330 и польский PZL-130TB с ТВД M-601E.

Обобщенную оценку удельных ЛТХ можно сделать на основе данных, изображенных на графике (рис. 12), где на одном координатном поле совмещены значения  $N/G$  в зависимости от  $G/S$ . Улучшению основных ЛТХ способствует минимизация значений  $G/S$  при

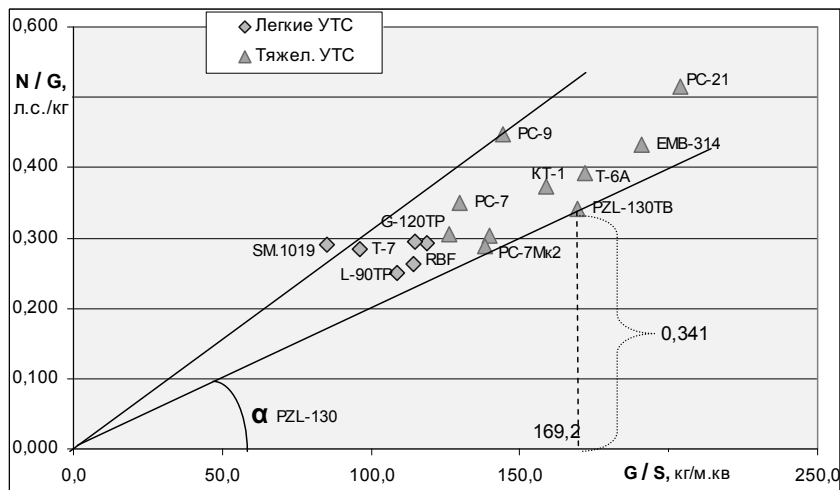


Рис. 12. Взаимосвязь удельных параметров серийных УТС

максимальных значениях  $N/G$ , т. е. максимальное значение угла  $\alpha$ . В качестве примера на рис. 12 показана возможность определения угла  $\alpha$  для самолета PZL-130TB по значениям его катетов.

Используя подход, аналогичный приведенному в [1], можно определить значения коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}$  каждого ЛА. Численно он равен нормированному значению  $\text{tg } \alpha$  и определяется из выражения

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

где  $N$  – мощность ТВД на максимальном (взлетном) режиме;  $S$  – площадь крыла ЛА;  $G$  – нормальный взлетный вес ЛА.

Изменения коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}$  для УТС с ТВД за рассматриваемый период времени показаны на рис. 13.

На основании данных этих графиков можно сделать вывод, что по совокупности удельных ЛТХ как наиболее объективных показателей легкие и тяжелые УТС находятся приблизительно на одном уровне. Явно выраженной тенденции изменения по времени коэффициента  $\bar{C}$  рассмотренных тяжелых и легких УТС с ТВД не выявлено. Объясняется это примерно одинаковой степенью увеличения как значений  $N/G$ , так и  $G/S$ , что

и обуславливает приблизительное постоянство коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}$ .

Полученный разброс значений  $\bar{C}$  объясняется двумя причинами. Во-первых, различными значениями удельной тяговооруженности и удельной нагрузки на крыло, что позволяет выделить из всей совокупности рассматриваемых ЛА лучшие (PC-9, T-7) и худшие (PZL-130TB, PC-7Mk2) УТС с точки зрения удельного совершенства как некой обобщающей характеристики. Во-вторых, разброс значений  $\bar{C}$  возможен у ЛА, принадлежащих к различным поколениям самолетов или созданных в различные периоды времени, т. е. на разных технологических уровнях. Как пример, практически первый УТС с ТВД – итальянский SM-1019, имеет самый высокий коэффициент  $\bar{C}=3,39$  (рис. 13) за счет минимальных значений массы пустого самолета и удельной нагрузки на крыло (рис. 10). Он создан в 1969 году на базе старого универсального поршневого Cessna 305A, оснащен простейшим оборудованием и не имеет катапультных кресел, чем объясняется его небольшой вес, а соответственно большое значение коэффициента  $\bar{C}$ . Однако в совокупности из 16 рассмотренных УТС такой ЛА один.

Анализ остальных ЛТХ рассмотренных УТС несколько затруднен как отсутствием в доступных открытых источниках многих основных показателей, так и

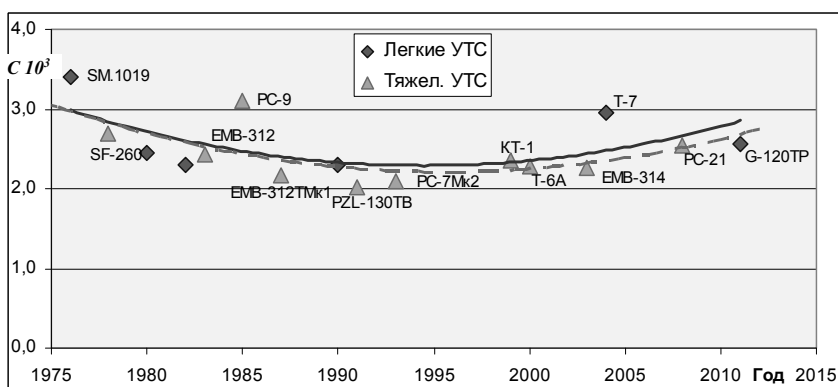


Рис. 13. Коэффициент удельного совершенства серийных УТС

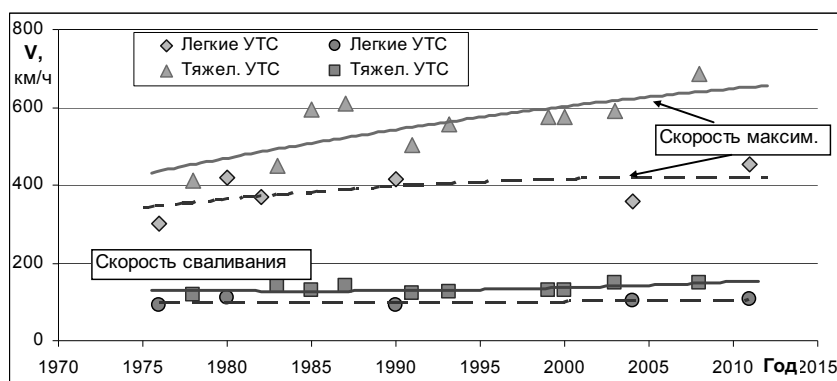


Рис. 14. Максимальные и минимальные скорости серийных УТС

их избыточностью при значительном отличии друг от друга в зависимости от источника информации. Способствует этому и наличие большого числа модификаций рассмотренных УТС, выпущенных для разных потребителей в различной комплектации, в том числе по лицензии. Стремясь к максимально объективному изложению информации, в число УТС, рассмотренных отдельно, внесены разные модификации РС-7 и ЕМВ 312 (табл. 1), что наряду с разделением всей совокупности УТС с ТВД на легкие и тяжелые, позволило получить зависимости основных ЛТХ с достаточно приемлемой точностью.

Изменение скоростных характеристик рассмотренных УТС показаны на рис. 14. Максимальная скорость  $V_{max}$  (на наивыгоднейшей высоте) не является для данного класса ЛА определяющим параметром. Однако увеличение мощности ТВД (см. рис. 3), обусловленное в основном расширением универсальности УТС, дает существенное увеличение максимальной скорости  $V_{max}$ . Различие в мощности и тяговооруженности легких и тяжелых УТС (см. рис. 11) при приблизительно одинаковых геометрических размерах (см. рис. 2) дали и различные значения  $V_{max}$  (рис. 14). У легких УТС  $V_{max}$  при незначительном росте находится на уровне 400 км/ч. У тяжелых  $V_{max}$  существенно больше и достигает значений 600 км/ч и более.

Минимальная скорость в данном случае – скорость свалювания  $V_{св}$  при взлетно-посадочной конфигурации, имеет для УТС более важное значение с точки зрения безопасности полетов. У легких УТС при

приблизительно постоянных значениях  $G/S$  (см. рис. 10)  $V_{св}$  также практически постоянная на уровне 100 км/ч. У тяжелых, за счет большего веса и больших значений  $G/S$ , скорость свалювания имеет небольшую тенденцию к росту и достигает значений  $V_{св} = 140...150$  км/ч.

Практический потолок  $H_{np}$  определяется мощностью силовой установки, но в большинстве случаев у данного класса ЛА ограничивается герметичностью кабины. У легких УТС  $H_{np}$  приблизительно постоянный на уровне 7500 м. (рис. 15). У тяжелых УТС практический потолок по сравнению с легкими существенно больше и за рассматриваемый период времени незначительно возрос и достиг значений приблизительно  $H_{np} = 11500$  м.

Энергетическая скороподъемность еще в большей степени зависит от мощности ТВД и, соответственно, удельной тяговооруженности ЛА. Максимальные значения энергетической скороподъемности  $V_y^*$  для легких и тяжелых УТС изображены на рис. 16. У первых значения  $V_y^*$  практически постоянные на уровне приблизительно 500 м/мин. У вторых отмечен существенный рост  $V_y^*$  с приблизительно 700 м/мин до 1300 м/мин.

Значения максимальной дальности полета УТС с ТВД при внутреннем запасе топлива показаны на рис. 17. Значение данного параметра у тяжелых УТС имеет существенный разброс значений при практически среднем постоянном значении  $L_{max} = 1500$  км. У легких УТС максимальная дальность меньше, в первую очередь за счет меньшего запаса топлива, и даже имеет тенденцию к уменьшению. Следует отметить, что значение данного параметра для УТС не определяющее.

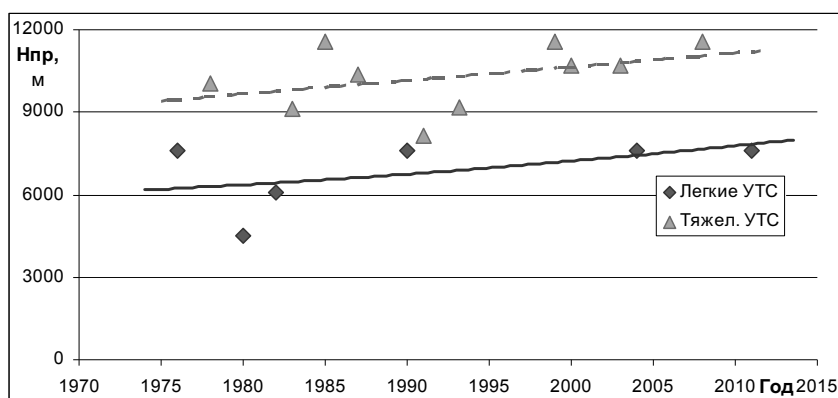


Рис. 15. Практический потолок серийных УТС



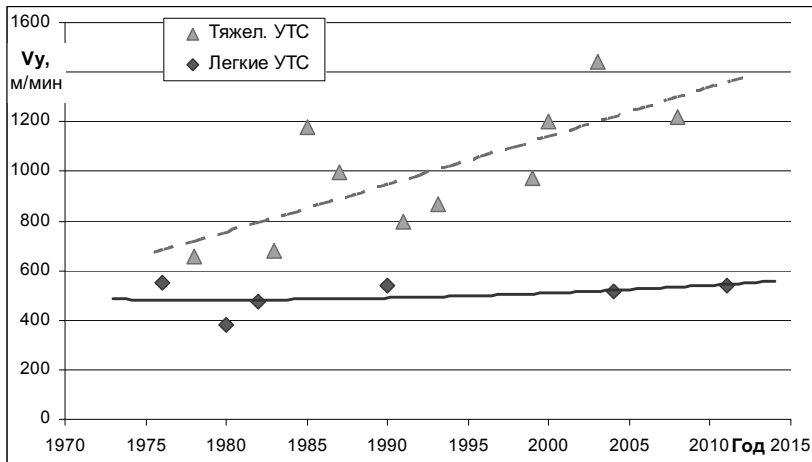


Рис. 16. Энергетическая скороподъемность серийных УТС

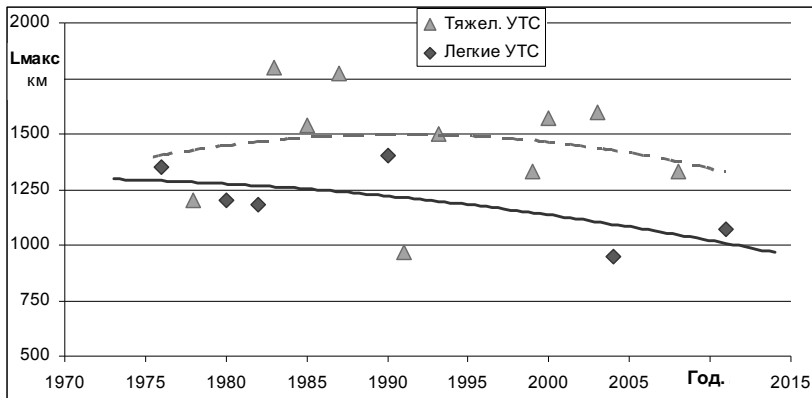


Рис. 17. Максимальная дальность полета серийных УТС

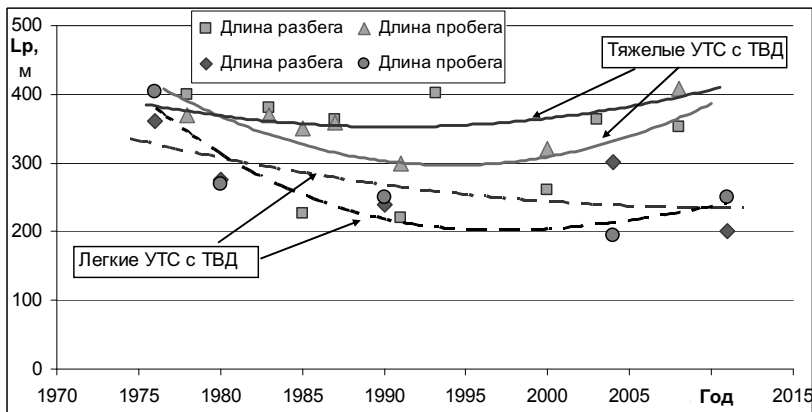


Рис. 18. Взлетно-посадочные характеристики серийных УТС

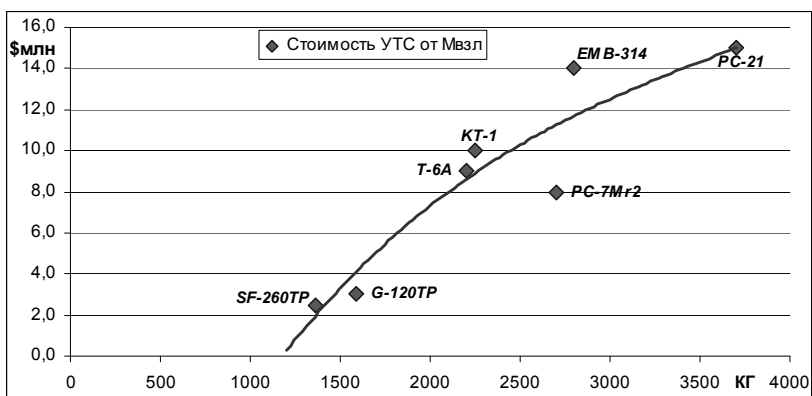


Рис. 19. Стоимость выпускаемых УТС в зависимости от взлетной массы

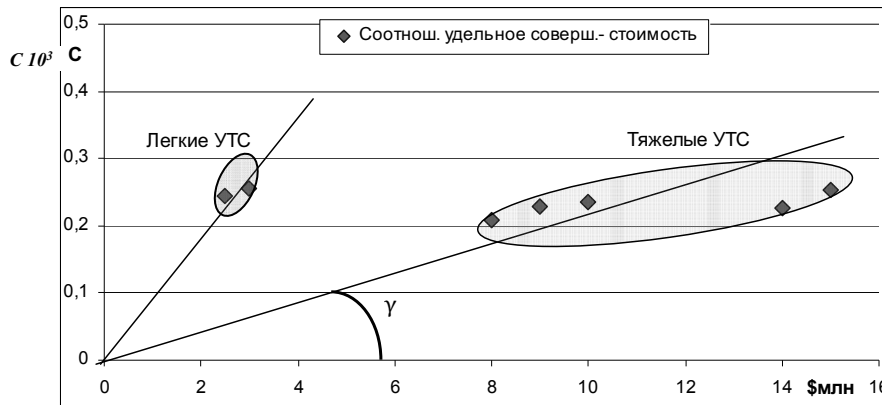


Рис. 20. Соотношение коэффициента удельного совершенства и стоимости УТС

На рис. 18 показаны значения взлетно-посадочных характеристик. Вполне естественно, что у легких УТС значения длины разбега и пробега меньше, чем у тяжелых. Более того, за рассмотренный период времени эти значения уменьшились и находятся у новых ЛА на уровне 200–300 м, а у тяжелых УТС взлетно-посадочные характеристики несколько хуже, но для данного класса ЛА вполне приемлемые и практически не изменились.

Относительно остальных ЛТХ для большинства рассмотренных УТС информация практически отсутствует либо значения параметров практически постоянные (например, максимальная нормальная эксплуатационная перегрузка, ограниченная прочностью конструкции ЛА на уровне 6–7 единиц).

Еще одной важной особенностью легких и тяжелых УТС с ТВД является степень их универсальности. У тяжелых УТС имеется от 4 до 6 узлов подвески, и масса полезной подвешиваемой целевой нагрузки – до 1000 кг и более. Они являются, по сути, многофункциональными учебно-боевыми самолетами. В качестве УТС используются на этапах основной, а также, ограниченно, повышенной летной подготовки. Легкие УТС с ТВД – это специализированные ЛА для выполнения задач первоначальной и, ограниченно, основной летной подготовки.

Для более полной оценки УТС с ТВД необходимо сопоставление не только ЛТХ, но и стоимости ЛА и их эксплуатационных затрат, т. е. стоимости их жизненного цикла. Но эти данные практически отсутствуют. Реально можно оценить стоимость закупки выпускаемых сейчас УТС. При этом необходимо учитывать, что в открытых источниках приводится сумма контракта, который включает, как правило, кроме цены ЛА большое количество дополнительных услуг, к тому же может иметь кроме коммерческой и политическую составляющую. Суммы, которые, приведены в контрактах, могут превышать стоимость ЛА в 1,5–2 раза.

С учетом сказанного, на рис. 19 показана оценочная стоимость выпускаемых УТС, оборудованных ТВД, в зависимости от их взлетной массы. Вполне естественно, что с увеличением взлетной массы УТС их стоимость растет. Видно, что разница в стоимости легких и тяжелых УТС очень существенная. Стоимость легких УТС – в пределах \$2–3 млн., а тяжелых – \$8–15 млн.

Представляет интерес сопоставление коэффициента удельного совершенства  $\bar{C}$  и стоимости рассмотренных УТС. На рис. 20 изображена точечная диаграмма зависимости значений полученного выше коэффициента  $\bar{C}$  от стоимости ЛА. Разница значений легких и тяжелых УТС также очень существенная. Четко просматриваются области существования легких и тяжелых УТС. При этом отношение коэффициента  $\bar{C}$  к стоимости у легких УТС существенно выше (больше  $\text{tg } \gamma$  на рис. 20). С точки зрения отношения «цена – качество» они предпочтительнее, но возможности их, даже в качестве учебных самолетов, по сравнению с тяжелыми, ограничены, т. е. заменить тяжелые УТС на продвинутых этапах программы летной подготовки они не могут.

Как вывод следует отметить, что УТС, оснащенные ТВД, имеют все предпосылки для дальнейшего развития в качестве самолетов первоначального и основного этапов летной подготовки. При этом легкие УТС позволяют минимизировать затраты на практическую летную подготовку курсантов путем использования их на первоначальном и большей части основного этапов подготовки. Тяжелые УТС также могут обеспечить проведение основного и первоначального этапов летной подготовки. Затраты при этом будут видимо несколько больше, что может быть компенсировано при необходимости экономией на приобретении легких боевых самолетов.

Украина как разработчик и производитель целого семейства ТВД, в том числе и небольшой мощности (АИ-450М, МС-14), имеет все предпосылки для разработки и производства как легких, так и тяжелых УТС с ТВД. Создание относительно простого и недорогого УТС, оснащенного отечественным ТВД – один из возможных путей сохранения и развития украинской авиационной промышленности. Для ускорения работ и расширения рынка сбыта таких ЛА возможна и желательна кооперация со странами-партнерами. Это могут быть компании европейских или азиатских стран. Со стороны Украины участниками такой кооперации могут выступить не только государственные, но и частные компании при частичном государственном финансировании проекта. Реализация проекта невозможна без понимания его необходимости и активной поддержки со стороны отечественного заказчика.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Нор П. И. Современные тенденции развития реактивных учебно-тренировочных самолетов // Озброєння та військова техніка. 2018. № 1 (17). С. 53–60.
2. Нор П. И. Тенденции и перспективы развития реактивных учебно-тренировочных самолетов // Озброєння та військова техніка. 2017. № 4 (16). С. 53–63.
3. Австралия получила первые самолеты PC-21. URL: <https://vpk.name>. Архив от 06.03.2017.
4. Учебные самолеты по частной финансовой программе. URL: <https://vpk.name>. Архив от 22.11.2016.
5. Первый самолет PC-21 для BBC Франции. URL: <https://bmpd.livejournal.com/2730244.html>.
6. Ввод в строй усовершенствованных истребителей «разогревает» рынок учебно-тренировочных самолетов – прогноз американских аналитиков. URL: <https://vpk.name>. Архив от 17.04.2013.
7. Селиванов В. К выбору самолета для основной подготовки летчиков. URL: <https://vpk.name>. Архив от 24.11.2016.
8. Маурин Ф. Кто сядет за штурвал истребителя пятого поколения? URL: <https://vpk.name>. Архив от 23.12.2016.
9. Малышев С. Фигуры тайного пилотажа. URL: <https://vpk.name>. Архив от 21.10.2016.
10. Турецкая компания TAI приступила к летным испытаниям УТС «Хуркус-В». URL: <https://vpk.name>. Архив от 02.02.2018.
11. Второй прототип самолета Diamond DART-450. URL: <https://vpk.name>. Архив от 30.04.2017.
12. Бразильско-эмиратский турбовинтовой легкий боевой самолет B-250. URL: <https://vpk.name>. Архив от 15.11.2017.
13. Первый прототип индийского учебно-тренировочного самолета HTT-40. URL: <https://vpk.name>. Архив от 05.02.2016.
14. Новый УБС Kobac представлен Сербией. URL: <http://pro-samolet.ru/blog-pro-samolet/422-serbia-introduced-new-plane-kobac>.
15. Венесуэла намерена возглавить программу разработки и производства УТС UNASUR I. URL: <https://vpk.name>. Архив от 13.05.2015.

*Стаття надійшла до редколегії 25.05.2018*

**Рецензент О. О. Расстригин**, д-р техн. наук, старший наук, співробітник  
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)