

УДК.629.7.01

DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-2-105-118

ОСОБЕННОСТИ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВОГО УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО САМОЛЕТА ЯК-152

М.А. КИСЕЛЕВ¹, С.В. ЛЕВИЦКИЙ², Д.В. МОРОШКИН², В.А. ПОДОБЕДОВ²

¹Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия

²Публичное акционерное общество «Научно-производственная корпорация "Иркут"»,
г. Москва, Россия

Современные воздушные суда (ВС) отличает широкое использование средств автоматизации управления пилотированием, наличие «стеклянной кабины». Однако широкое использование автоматики в полете ВС ограничивает возможности пилота по преодолению форс-мажорных обстоятельств, возникающих во время выполнения полета. Поэтому в процессе подготовки пилотов большое внимание должно уделяться не только формированию навыков работы оператора в «стеклянной кабине», но и, что очень важно, отработке практических навыков управления ВС при «прямом» пилотировании. Особенно следует подчеркнуть необходимость подготовки военных пилотов с реализацией больших значений нормальной перегрузки с учетом все возрастающих от поколения к поколению маневренных возможностей истребителей, пилотируемых не исходя из возможностей конструкции планера и силовой установки, но исходя из психофизиологических возможностей человека. Предельные режимы, в частности выход на большие углы атаки с последующим сваливанием, входом в штопор, остаются причинами авиационных катастроф как в гражданской, так и в военной авиации. Как отмечается в выводах расследований, к причинам указанных авиационных происшествий относятся в том числе недостаточные для пилотирования на критических режимах навыки летного экипажа. Понятно, что основополагающую роль в формировании летных навыков играют летно-технические характеристики учебного самолета, на котором будущий летчик проходит курс первоначальной подготовки. До последнего времени у нас в стране для указанных целей использовались устаревшие ВС, в частности Л-39, а также самолеты иностранного производства (DA-40, DA-42 и т. п.). Новый отечественный учебно-тренировочный самолет с винтомоторной силовой установкой Як-152, совершивший первый полет в сентябре 2016 года, призван обеспечить требуемый высокий уровень первоначальной подготовки, включая безопасное обучение пилотированию, в том числе и на критических режимах полета в интерфейсе «стеклянной кабины». В статье анализируются основные характеристики Як-152, непосредственно влияющие на возможности его использования по назначению, то есть в качестве учебно-тренировочного самолета. Следует отметить, что все представленные в статье характеристики получены в результате летных испытаний самолета.

Ключевые слова: учебно-тренировочный самолет, динамика полета, пилотирование, первоначальная подготовка пилота.

ВВЕДЕНИЕ

В современных реалиях проблема подготовки пилотов приобретает особую актуальность. Недостаток навыков пилотирования самолета без работающих систем улучшения устойчивости и управляемости, повышения маневренных характеристик зачастую становится одной из главных причин авиационных катастроф. Достаточно вспомнить два последовавших друг за другом рейса самолета Boeing 737 MAX 8 авиакомпании Lion Airlines, в первом из которых экипаж сумел благополучно завершить полет, а второй при схожих обстоятельствах закончился трагически^{1,2}. Очевидно, что указанные события – следствие того, что большая часть деятельности летного экипажа проходит в режиме, когда летчик по сути выполняет роль оператора, не

¹ Aircraft Accident Investigation Report. PT. Lion Airlines Boeing 737 (MAX); PK-LQP TanjungKarawang, West Java, Republic of Indonesia 29 October 2018. National Transportation Safety Committee [Электронный ресурс] // Aircraft Accident Investigation Report. 2018. 78 p. URL: https://reports.aviation-safety.net/2018/20181029-0_B38M_PK-LQP_PRELIMINARY.pdf (дата обращения: 05.02.2021).

² Новые известия о катастрофе 737MAX. Что можно сказать? [Электронный ресурс] // Livejournal. URL: <https://denokan.livejournal.com/199299.html> (дата обращения: 05.02.2021).

вмешиваясь активно в процесс высокоавтоматизированного полета. Однако целый ряд возможных событий требует не только наличия отличных навыков «ручного» пилотирования, но и глубокого понимания летчиками основ аэродинамики и динамики полета, функционирования основных систем самолета [1–4]. Указанные навыки во многом закладываются в период первоначальной подготовки. При этом одними из важнейших факторов, определяющих качество будущих пилотов, являются объем и содержание курса летной подготовки, а также возможности учебно-тренировочного самолета (УТС). Требования к современному УТС являются достаточно противоречивыми, поскольку определяются целым рядом факторов (экономических, технических и др.) [5–10].

В начале 2000-х годов в связи с появлением новой концепции подготовки летчиков военной авиации, Министерство обороны РФ дало старт комплексу научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью создания перспективного учебно-тренировочного комплекса первоначальной подготовки (УТК ПП) летчиков на основе легкомоторного самолета. Цель разработки УТК ПП предполагала проведение профессионального отбора, профессиональной ориентации и первоначальной летной подготовки будущих летчиков ВВС. В результате в ОКБ им. А.С. Яковлева разработан и в настоящее время завершает летные испытания новый УТС с винтомоторной силовой установкой Як-152 (рис. 1). Первый полет Як-152 совершил 29 сентября 2016 года.



Рис. 1. Учебно-тренировочный самолет первоначальной подготовки Як-152
Fig. 1. Yak-152 flight-training aircraft for initial training

Следует отметить, что ОКБ им. А.С. Яковлева имеет богатейший опыт в области создания УТС. Учебно-тренировочный двухместный УТ-2 с мотором М-11 был создан в 1935 году. Усовершенствованный вариант УТ-2М оставался основным учебным самолетом летных школ ВВС до 1948 года. На замену УТ-2 в 1946 году был создан Як-18, который имел множество модификаций и использовался для первоначальной летной подготовки, обучения высшему пилотажу. Як-18Т длительное время был базовым самолетом для подготовки гражданских пилотов. В 1974 году был создан спортивно-тренировочный самолет Як-52 с мотором М-14, который стал единственным в мире учебно-тренировочным спортивно-пилотажным самолетом, на котором могли обучаться летчики от первоначального уровня до уровня мастера спорта по высшему пилотажу.

МЕТОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

УТС Як-152 предназначен для решения следующих задач:

- обучения технике пилотирования при полете по кругу и в зону на простой, сложный и высший пилотаж;
- обучения выполнению штопора;
- обучения основам навигации в простых и сложных метеоусловиях;
- обучения технике пилотирования по приборам при заходе на посадку с использованием посадочных систем;
- обучения технике пилотирования в паре;
- обучения действиям в особых случаях.

Согласно курсу учебно-летной подготовки на Як-152 предполагается выполнение первоначальной подготовки в объеме 45 летных часов и совершенствования летной подготовки в объеме 70 летных часов.

Ключевые особенности Як-152 заключаются, во-первых, в его безопасности и надежности и, во-вторых, в возможности обеспечить максимально простое последующее переучивание курсантов на учебно-боевой самолет Як-130. Указанные особенности обеспечиваются специальными конструктивными мероприятиями и возможностями комплекса бортового оборудования. Рассмотрим их подробнее.

Информационно-управляющее поле кабины летчика Як-152 представлено двумя многофункциональными индикаторами (МФИ), информация на которых формируется интегрированным бортовым комплексом оборудования ИБКО-152.

Данный комплекс обеспечивает:

- автоматизированное тестирование самолетных систем перед полетом;
- представление информации о параметрах полета и их ограничениях;
- информационную поддержку и сигнализацию экипажу о режимах работы и состоянии бортового оборудования, приближении к эксплуатационным ограничениям и предельно-допустимым значениям параметров полета;
- выдачу экипажу более 60-ти речевых сообщений о возникновении особых ситуаций в полете;
- загрузку, хранение и обновление электронных карт 2D, 3D-моделей рельефа, аэронавигационной информации, геомагнитной информации, пользовательской базы навигационных точек и планов полетов;
- автоматический встроенный контроль работоспособности бортового оборудования самолета и двигателя;
- формирование и выдачу в бортовую систему регистрации информации о параметрах полета, состоянии бортового оборудования и переговорах экипажа.

На рис. 2, *а, б, в, г* показаны типовые кадры многофункциональных индикаторов, информирующие экипаж о параметрах полета, навигационной обстановке, работоспособности систем самолета и транслирующие сообщения об отказах и угрозах.

Таким образом, на самолете созданы необходимые условия для своевременного привлечения внимания летчика к техническим и полетным факторам, представляющим угрозу безопасности полета.

Для повышения надежности и экономичности, снижения пожароопасности и возможности использования средств аэродромно-технического обслуживания, эксплуатируемых в частях ВВС и гражданских аэропортах, в качестве силовой установки на Як-152 использован дизельный двигатель, работающий на авиационном керосине.

Двигатель RED A03-102 представляет собой современный 12-цилиндровый двигатель с воспламенением от сжатия с общей магистралью прямого впрыска, управляемый автономной

цифровой электронной системой управления. Отличительной оригинальной особенностью RED A03-102 является то, что он состоит из двух независимых 6-цилиндровых блоков с автономной системой подачи топлива, системой охлаждения и турбонаддувом. Таким образом, при отказе одного контура подачи топлива или системы охлаждения шесть цилиндров двигателя продолжают давать мощность, позволяющую безопасно завершить полет на ближайшем аэродроме.



а



б



в



г

Рис. 2. а – пилотажная информация; б – навигационная информация; в – информация по силовой установке; г – информация по взлетно-посадочным устройствам и топливной системе

Fig. 2. а – Flight data; б – Navigation data; в – Powerplant data; г – Take-off - Landing Equipment and Fuel System data

Як-152 является одним из немногих самолетов в своем классе, оборудованных системой спасения экипажа в составе двух катапультных кресел. Данная система обеспечивает безопасное покидание самолета в аварийной ситуации во всем эксплуатационном диапазоне скоростей на высоте более 7 м в нормальном и на высоте более 35 м в перевернутом полете.

Спинки кресел отклонены от вертикали на 25° , что способствует повышению переносимости летчиками нормальной перегрузки.

Представленные далее характеристики и зависимости получены по результатам летных испытаний самолета Як-152.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении летных испытаний Як-152 продемонстрировал следующие характеристики:

- максимальная скорость прямолинейного горизонтального полета у земли, ограниченная тягой силовой установки $V_{\text{макс.}} = 350$ км/ч;
- максимальная допустимая скорость при снижении, ограниченная прочностью конструкции $V_{q \text{ макс.}} = 500$ км/ч;
- максимальная энергетическая скороподъемность $V_{y \text{ макс.}}^* \geq 10$ м/с;
- диапазон эксплуатационных перегрузок:
 - в учебном варианте $n_{y \text{ макс.}}^3 = -6 \dots +8$,
 - в облегченном спортивном варианте $n_{y \text{ макс.}}^3 = -7 \dots +9$;
- посадочная скорость $V_{\text{пос.}} = 130 \dots 140$ км/ч;
- практическая дальность полета не менее 1000 км.

Як-152 имеет механическую систему управления прямого действия, что исключает применение автоматических систем улучшения устойчивости и управляемости. Безопасность полета обеспечена за счет выполненных при проектировании самолета мероприятий по оптимизации аэродинамической компоновки и характеристик управляемости. Одним из ключевых факторов безопасности любого самолета, а учебно-тренировочного в особенности, являются пилотажные характеристики самолета на больших углах атаки. С выходом на большие углы атаки происходят значительные изменения характеристик устойчивости и управляемости, вызванные возникновением и развитием срывных зон обтекания, приводящих в итоге к сваливанию.

Сваливание – это явление, возникающее на больших углах атаки и характеризующееся самопроизвольным движением самолета с угловой скоростью относительно любой оси, не прекращающееся без уменьшения угла атаки. Потенциальная опасность последствий сваливания определяется его видом. Наиболее опасными являются сваливание на крыло, сваливание по спирали и сваливание с кабрированием [11–14]. Данные виды сваливания происходят на углах атаки меньше критического ($\alpha_{\text{св}} < \alpha_{\text{кр}}$) и определяют величину предельного угла атаки ($\alpha_{\text{пред}} = \alpha_{\text{св}}$), относительно которого устанавливаются эксплуатационные ограничения самолета. Опасность указанных видов сваливания связана прежде всего с быстрым переходом самолета в штопор и высокой вероятностью ошибочных действий летчика при попытке выйти из сваливания отклонением рычагов управления против возникшего вращения. Сваливание возможно на различных режимах полета, например, в прямолинейном полете при потере скорости, при маневрировании с предельной перегрузкой. Рост перегрузки повышает интенсивность и скорость сваливания.

При формировании аэродинамической компоновки самолета Як-152 этим опасным явлениям было уделено особое внимание. В результате целенаправленной работы на Як-152 удалось обеспечить наиболее безопасный вид сваливания на нос. При сваливании на нос преобладает движение тангажа на пикирование с отрицательной угловой скоростью ($\omega_z < 0$). Происходит это при симметричном срыве потока в корневой части крыла. Угол атаки сваливания в данном слу-

чае близок к критическому ($\alpha_{св} \approx \alpha_{кр}$). Уменьшение подъемной силы корневой части крыла способствует возникновению пикирующего момента тангажа и искривлению траектории движения вниз с разгоном самолета и уменьшением угла атаки – тем самым самолет сам стремится выйти из сваливания.

На рис. 3–7 показаны параметры продольного движения самолета Як-152 при выполнении испытательных полетов на определение характеристик сваливания, в которых имитировались грубые ошибки в технике пилотирования, связанные с игнорированием сигнализации опасных режимов.

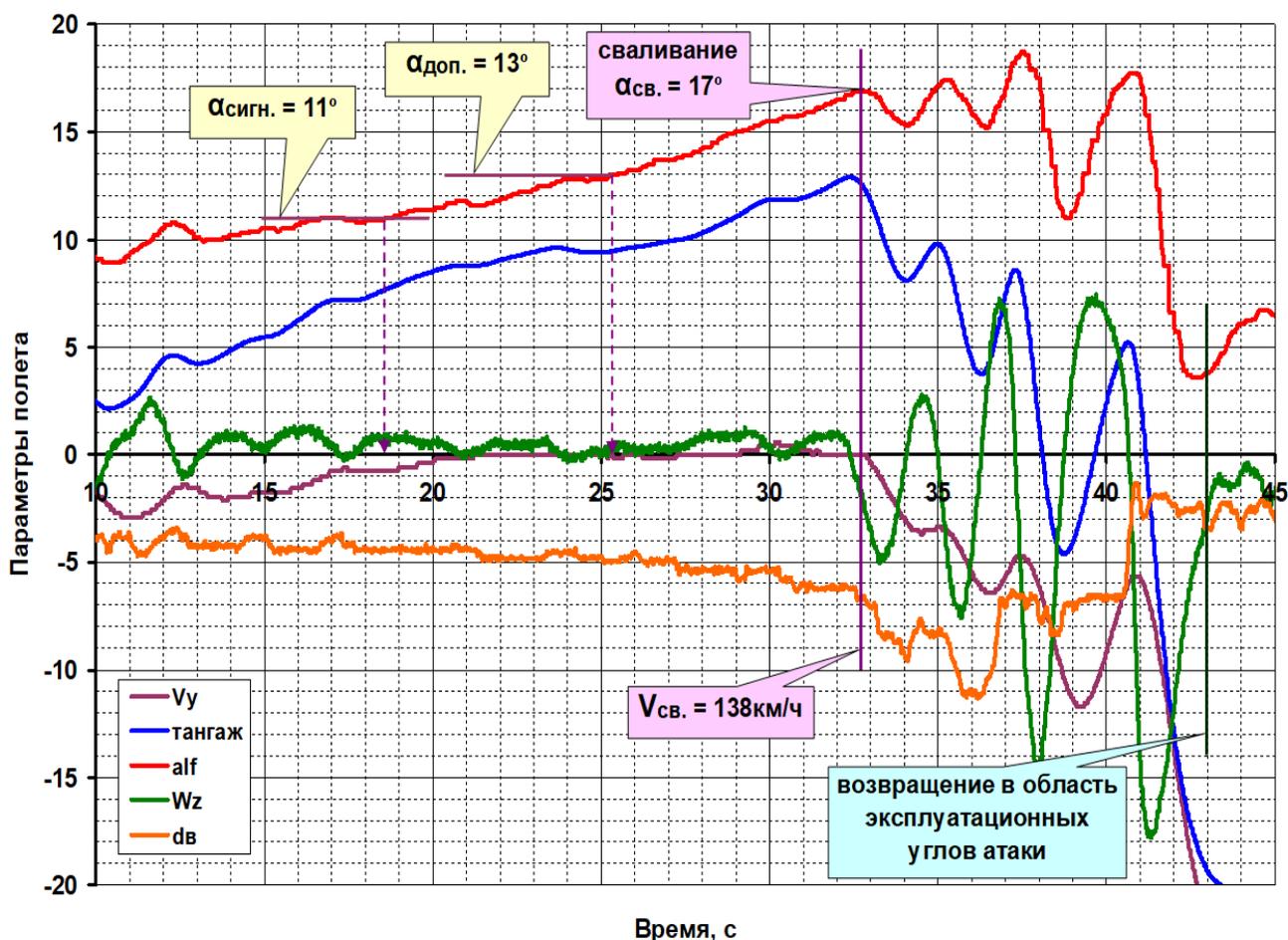


Рис. 3. Сваливание при прямолинейном горизонтальном полете (РРД – малый газ)
Fig. 3. Stall during the one-g flight (Power rating – Idle)

На рис. 3 даны параметры движения при сваливании в прямолинейном горизонтальном полете с постепенной потерей скорости. При $t = 18,5$ с самолет достигает угла атаки срабатывания сигнализации приближения к границе эксплуатационных значений угла атаки ($\alpha_{сигн.} = 11^\circ$). При $t = 25,5$ с самолет выходит на границу допустимого угла атаки ($\alpha_{доп.} = 13^\circ$). Дальнейшие действия летчика в условиях нормальной эксплуатации находятся за гранью допустимых.

До достижения угла атаки сваливания $\alpha_{св.} \approx 17...17,5^\circ$ самолет адекватно реагирует на управляющие действия летчика. Взятию ручки управления самолетом (РУС) «на себя» и отклонению руля высоты на кабрирование ($\Delta\delta_b < 0$) соответствует увеличение угла атаки ($\Delta\alpha > 0$) и тангажа. При достижении $\alpha_{св.} \approx \alpha_{кр}$ самолет самостоятельно, невзирая на управляющие действия летчика, опускает нос ($\omega_z < 0$), угол атаки уменьшается. Если летчик стремится парировать это

движение самолета отклонением РУС «на себя», развивается колебательное движение по тангажу с нарастающей амплитудой. Возникшая вследствие отрыва потока потеря части подъемной силы приводит к искривлению траектории вниз и снижению самолета ($V_y < 0$). При установке РУС в положение, близкое к нейтральному ($t > 41$ с), самолет возвращается в область эксплуатационных углов атаки.

Отметим наличие запаса по углу атаки $\Delta\alpha = 4...4,5^\circ$ между границей $\alpha_{доп.}$ и углом атаки сваливания, достаточного для того, чтобы среагировать на предупреждающую сигнализацию и исправить ошибку пилотирования. Дополнительным предупредительным признаком приближения к сваливанию является тряска, возникающая при $\alpha \approx 16^\circ$.

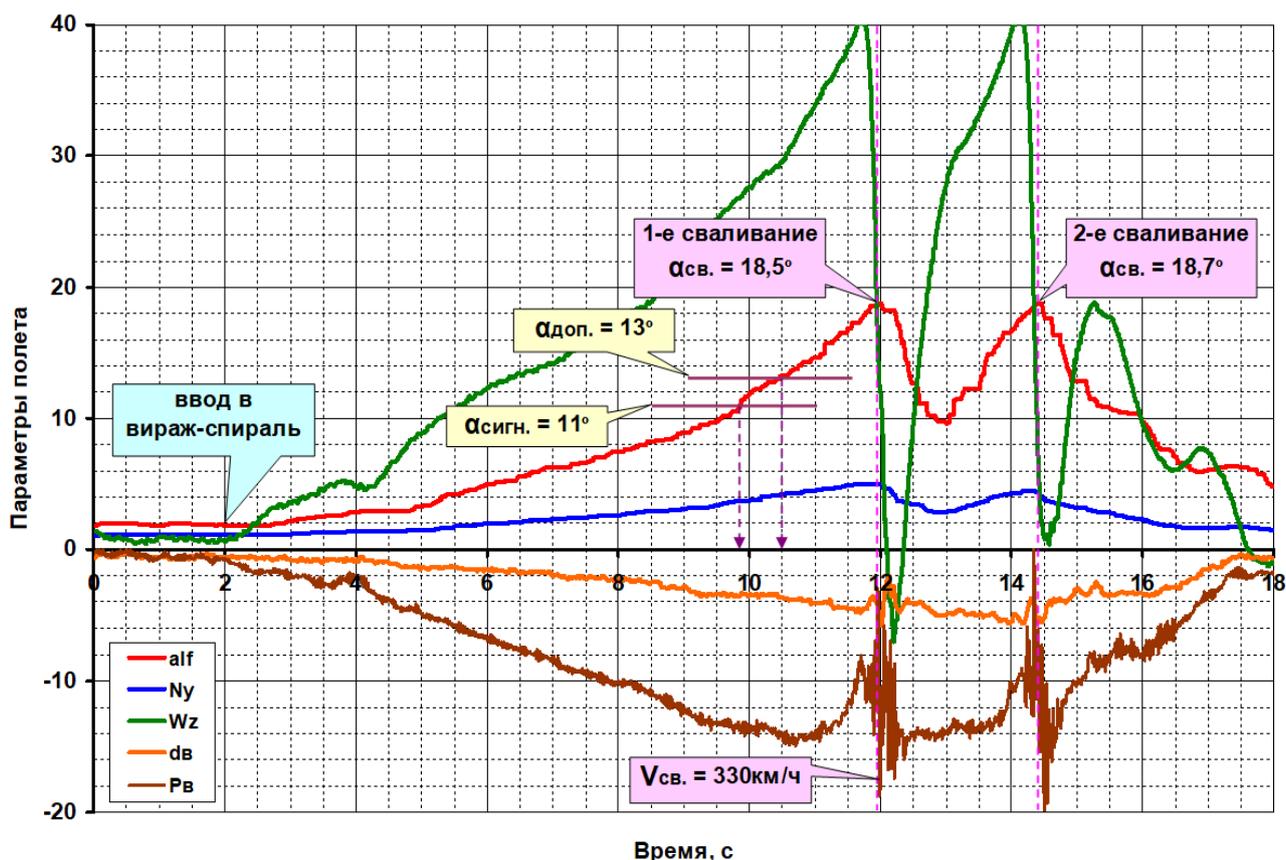


Рис. 4. Сваливание при энергичном вводе в вираж-спираль (РРД – взлетный)
Fig. 4. Stall during energetic entry into the orbit-spiral (Power rating – Take-off rating)

Часто ошибки в технике пилотирования возникают при энергичном маневрировании, и их последствием является динамическое сваливание. На рис. 4 показаны параметры управления и движения самолета Як-152 при динамическом сваливании в процессе выполнения виража-спирали в результате увеличения нормальной перегрузки более допустимой ($n_{y доп.} = 4$). При работе двигателя на взлетном режиме сваливание вследствие обдувки передней части крыла воздушным потоком от винта происходит при большем угле атаки $\alpha_{св.} = 18,5^\circ$. Видно, что летчик дважды выводил самолет на углы атаки сваливания, но после установки РУС в положение, близкое к нейтральному, самолет вернулся в область эксплуатационных углов атаки.

На графике усилий P_v видно, что вблизи $\alpha_{св.}$ летчик получает мощный предупредительный сигнал посредством изменения кинестетических ощущений на рычаге управления в виде тряски и значительного изменения усилий. После допущенных ошибок, приведших к свалива-

нию, главная задача летчика не мешать самолету вернуться в эксплуатационную область углов атаки установкой РУС в сторону нейтрального положения.

На рис. 5 приведены параметры движения самолета при выполнении фигуры высшего спортивного пилотажа – петли Нестерова с участками прямолинейной траектории при тангаже $\nu \approx +90^\circ$ в восходящей части петли и при тангаже $\nu \approx -90^\circ$ в нисходящей части петли. В верхней части петли при темпе увеличения угла атаки около $10^\circ/\text{с}$ самолет превышает допустимый угол атаки на 6° и теряет скорость ниже минимальной допустимой скорости на 60 км/ч . При этом, среагировав на тряску отдачей РУС от себя, летчик выводит самолет из сваливания и завершает маневр без опасных последствий: при установке РУС в положение, близкое к нейтральному, угол атаки уменьшается ($\alpha < \alpha_{\text{доп.}}$), безотрывный характер обтекания крыла восстанавливается и самолет переходит в пикирование с нарастанием скорости.

Результаты летных испытаний показывают, что координированное маневрирование с увеличением углов атаки до $16...16,5^\circ$ на самолете Як-152 в крейсерской конфигурации безопасно вплоть до достижения $n_{y \text{ макс.}}^3 = 8$.

Нормативные документы требуют, чтобы эксплуатационная область углов атаки имела запас относительно $\alpha_{\text{кр.}}$ (при РРД «малый газ») не менее 4° . Соответственно, допустимый угол атаки Як-152 составляет $\alpha_{\text{доп.}} = 13^\circ$. При этом на самолете имеется указатель углов атаки, а также световая и звуковая сигнализация, которые заблаговременно (начиная с $\alpha_{\text{сигн.}} = 11^\circ$) предупреждают летчика о приближении к границе эксплуатационной области углов атаки.

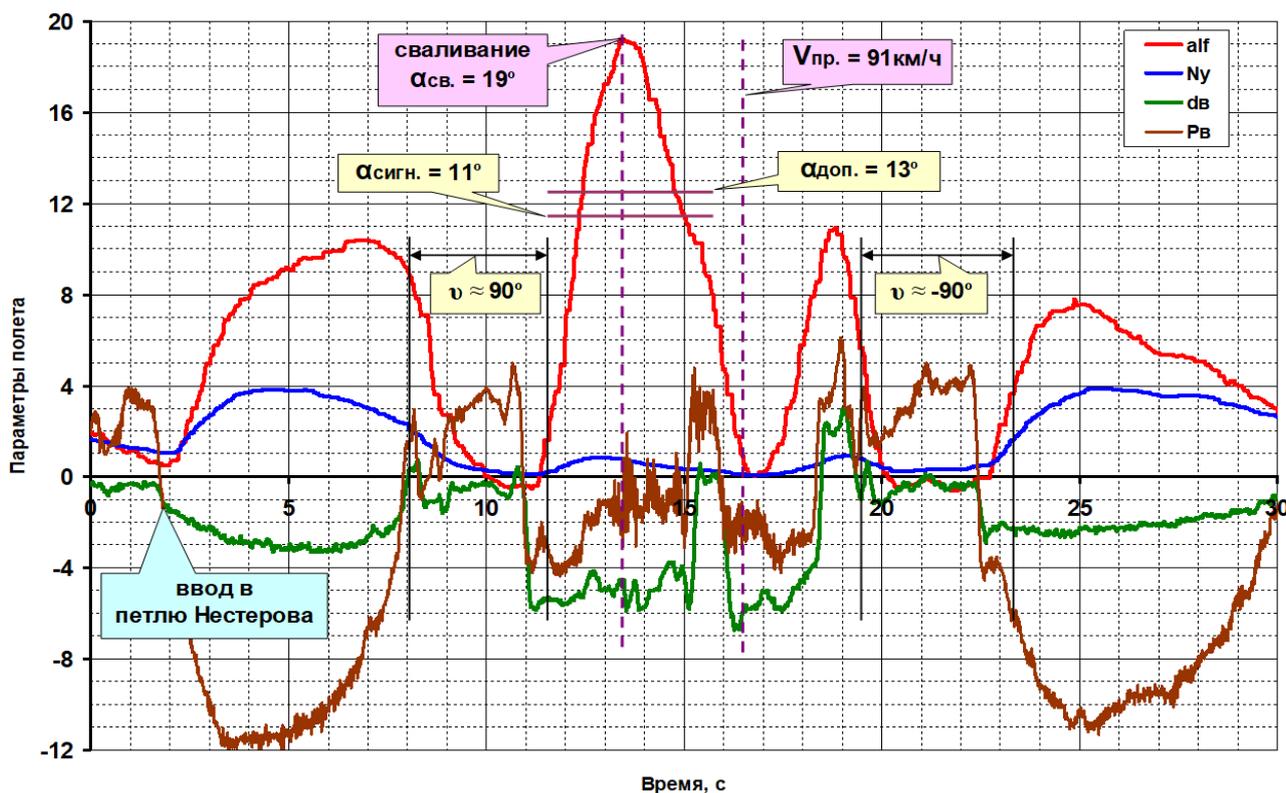


Рис. 5. Сваливание в верхней части петли Нестерова (РРД – взлетный)
Fig. 5. Stall at the top of the complete loop (Power rating – Take-off rating)

Одной из задач основного этапа подготовки военного летчика и летчика-спортсмена является обучение штопору. Согласно нормативным требованиям учебно-тренировочные самолеты должны выводиться из штопора стандартным методом с запаздыванием не более двух витков.

При малых скоростях полета у Як-152, как и у всех самолетов с винтомоторной силовой установкой, становятся заметны особенности движения, связанные с реактивным и спиральным моментами воздушного винта, относительно высокими значениями инерционного и гироскопического моментов. Кроме того, у самолетов с винтомоторной силовой установкой левый и правый штопор могут значительно отличаться. Самолет легче выходит из штопора в направлении вращения воздушного винта. Для Як-152 наиболее сложным случаем является правый штопор.

При использовании стандартного способа вывода в двухвитковом учебном правом штопоре с задней центровкой вращение прекращается в течение $\Delta t_{\text{выв.}} = 3,5 \dots 4$ с при времени витка $\Delta t_{\text{в}} = 3$ с. В левом штопоре вращение прекращается в течение $\Delta t_{\text{выв.}} = 1,5 \dots 2$ с при времени витка $\Delta t_{\text{в}} = 3,5$ с. Если количество витков штопора увеличивается до четырех, время вывода также увеличивается, но не превышает двух витков. Параметры правого двухвиткового штопора представлены на рис. 6 и 7.

Особое внимание уделяется пилотажным характеристикам самолета на посадочных режимах, так как этот этап является наиболее сложным в обучении начинающего пилота. Самолет Як-152 имеет прекрасный обзор из кабины, прочную конструкцию, небольшую посадочную скорость, хорошую устойчивость и управляемость в посадочной конфигурации.

На рис. 8 показаны параметры движения самолета на посадке с сознательным затягиванием этапа выдерживания и увеличением угла атаки больше допустимого (при посадочном положении закрылков $\delta_3 = 30^\circ$ допустимый угол атаки $\alpha_{\text{доп.}} = 11^\circ$) с целью оценки устойчивости и управляемости самолета с учетом влияния экранного эффекта.

Данный эксперимент показал, что самолет не имеет склонности к раскачке, кренению и иным нежелательным явлениям при полете у земли. На любом этапе посадка может быть прервана, самолет уверенно уходит на второй круг с любой высоты.

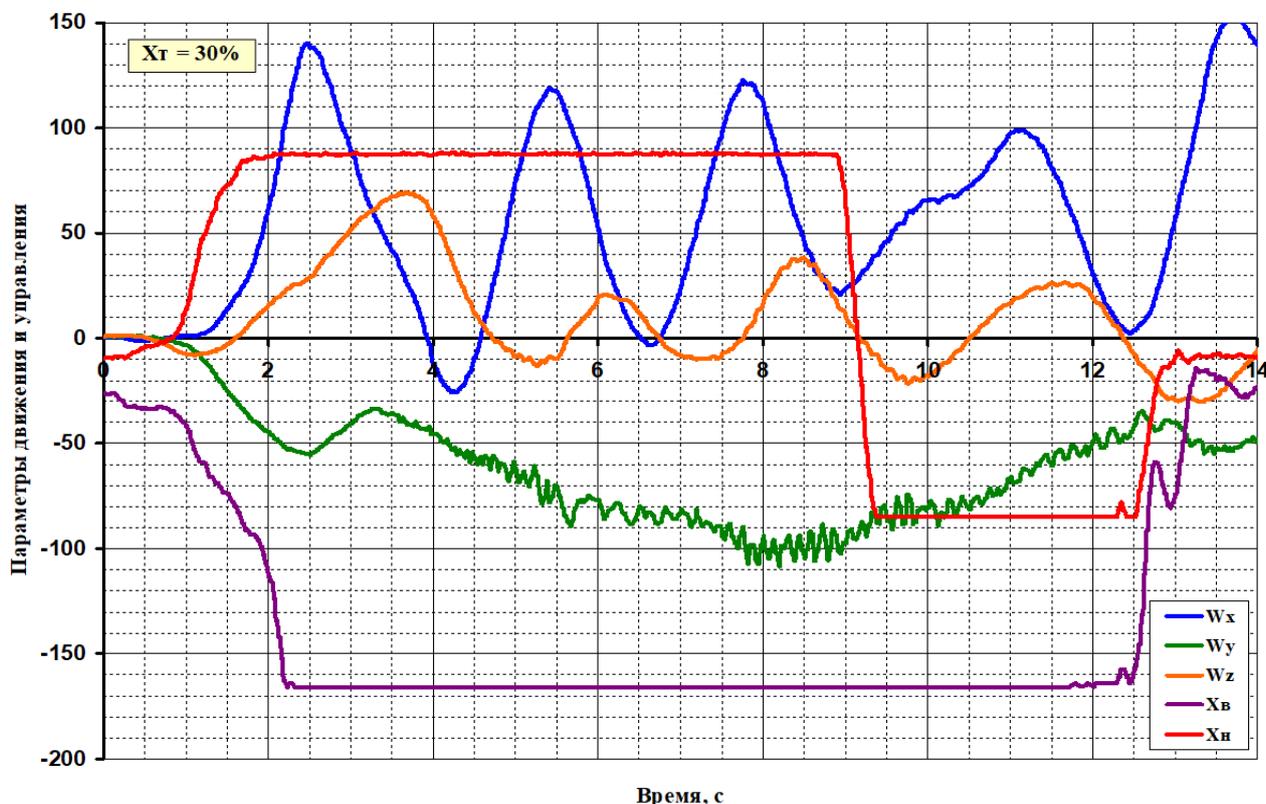


Рис. 6. Двухвитковый правый штопор (угловые скорости)
Fig. 6. Two-turn right-handed spin (spin rotation rates)

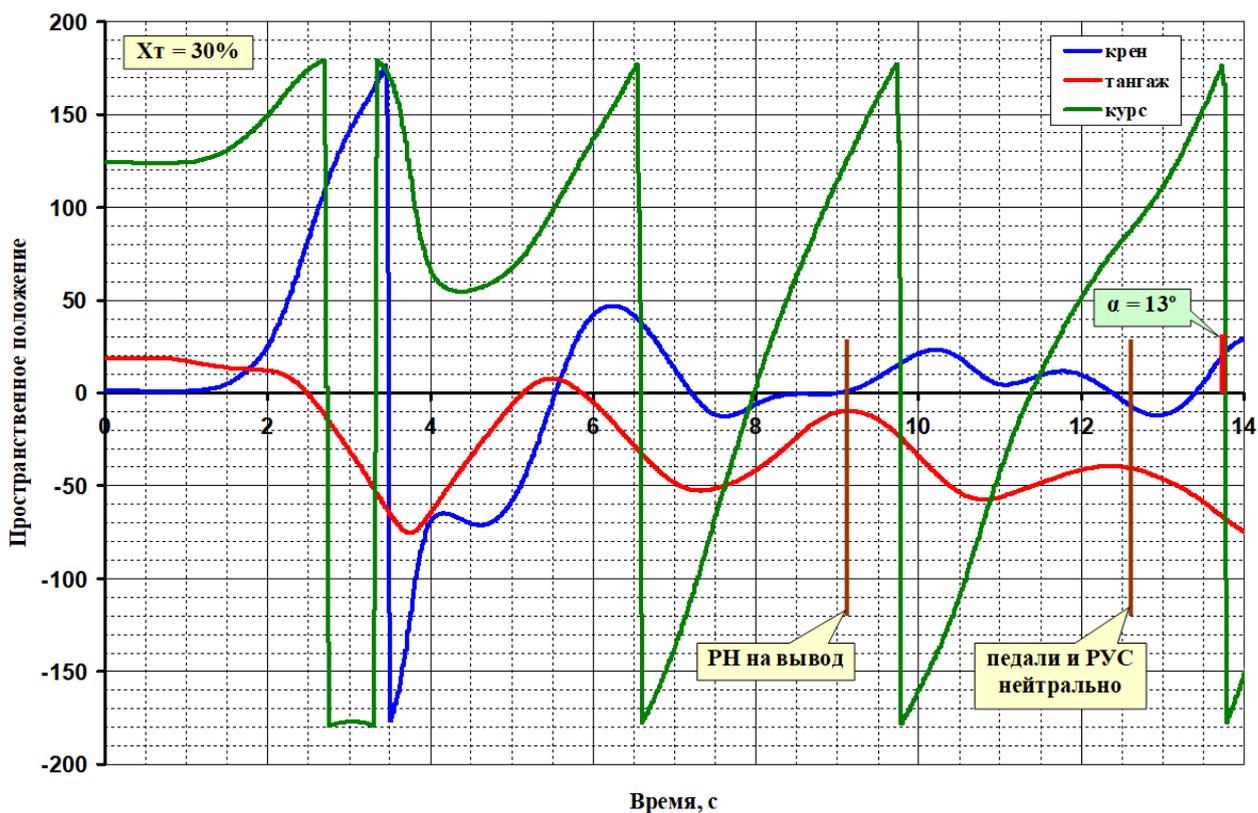


Рис. 7. Пространственное положение самолета
Fig. 7. Aircraft attitude

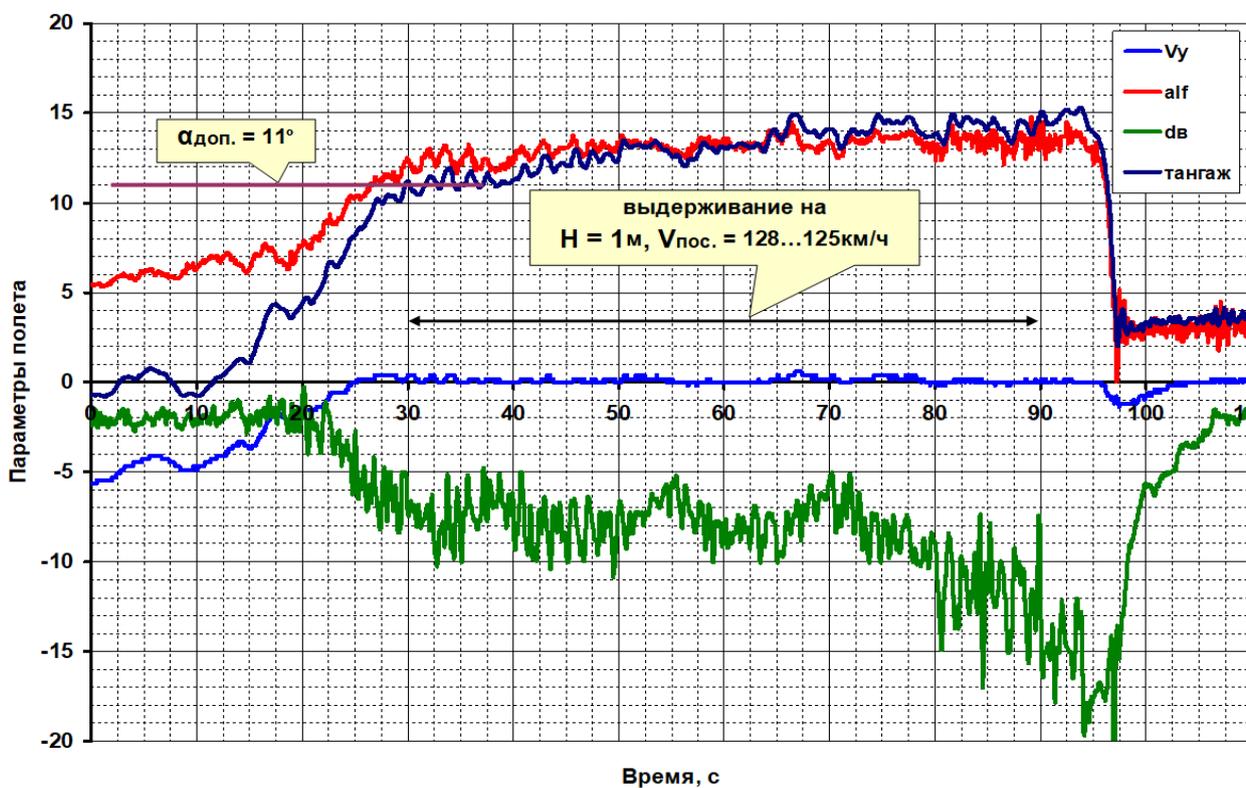


Рис. 8. Параметры движения самолета на посадке
Fig. 8. Parameters of airplane motion during landing

В целом при испытаниях была дана следующая субъективная оценка Як-152 в части его летных качеств:

- стандартные маневры не вызывают затруднений, требуемые отклонения РУС не более $\frac{1}{3}$ максимального хода, усилия на РУС комфортные;
- самолет охотно летает на больших углах атаки, устойчив;
- при штопоре чувствуется большой запас эффективности руля высоты и руля направления;
- при проходе на высоте 1 м над ВПП на скорости 125...130 км/ч самолет устойчив и хорошо управляем.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог выполненного выше анализа результатов летных испытаний Як-152, следует отметить, что самолет при пилотировании «препятствует» непреднамеренному попаданию в опасные режимы полета – сваливание и штопор.

Безопасность полета при достижении критического угла атаки обеспечивается за счет того, что самолет сохраняет управляемость по всем каналам и не переходит в штопор без дополнительных управляющих воздействий, вызывающих скольжение.

Безопасность полета во взлетно-посадочной конфигурации на наиболее сложных и аварийных этапах полета (взлете и посадке) при достижении скорости полета меньше рекомендованной Руководством по летной эксплуатации обеспечивается за счет своевременного срабатывания световой и звуковой сигнализации.

Отдельно подчеркнем, что на Як-152 впервые реализована сигнализация опасного скольжения, которая предупреждает курсанта о недопустимости резкого отклонения педалей при заходе на посадку.

В целом можно констатировать, что Як-152 обеспечивает необходимую для УТС безопасность и простоту пилотирования, что с учетом реализованных конструктивных мероприятий (состав авионики, наличие двух катапультных кресел и пр.) определяет его достаточный потенциал для обеспечения подготовки современного летчика, в том числе полету с большой перегрузкой и на критических режимах полета. Потенциал Як-152 может быть востребован как в летных училищах ВВС, так и при подготовке пилотов гражданской авиации. Кроме того, Як-152, несомненно, может поспособствовать возрождению системы подготовки летчиков ДОСААФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kiselev M.A., Levitsky S.V., Podobegov V.A. Reckoning technique of passenger airplane approach procedure in case of all main engines failure // Научный Вестник МГТУ ГА. 2019. Т. 22, № 4. С. 91–99. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-4-91-99
2. Киселев М.А., Левицкий С.В., Подобедов В.А. Безопасная посадка самолета с отказавшими двигателями в условиях ветра // Научный Вестник МГТУ ГА. 2019. Т. 22, № 5. С. 76–84. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-5-76-84
3. Киселевич В.Г. Разработка рекомендаций по летной эксплуатации самолета Ил-96Т при прерванном взлете // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 211 (1). С. 79–84.
4. Киселевич В.Г. Особенности летной эксплуатации самолета Ил-96Т при продолженном взлете // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 211 (1). С. 128–131.
5. Селиванов В. «Летающая парта» и принцип обучения «от простого к сложному». Часть 1 [Электронный ресурс] // Авиапанорама. 2018. № 5 (131). С. 42–51. URL: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2018/10/42.pdf> (дата обращения: 12.02.2021).

6. Селиванов В. «Летающая парта» и принцип обучения «от простого к сложному». Часть 2 [Электронный ресурс] // Авиапанорама. 2018. № 6 (132). С. 34–47. URL: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2018/12/34.pdf> (дата обращения: 12.02.2021).
7. Селиванов В. «Летающая парта» и принцип обучения «от простого к сложному». Часть 3 [Электронный ресурс] // Авиапанорама. 2019. № 1 (133). С. 42–47. URL: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2019/02/42.pdf> (дата обращения: 12.02.2021).
8. Hankers R. Safety aspects of light aircraft spin resistance concept / R. Hankers, F. Pätzold, T. Rausch, R. Kickert и др. // EASA. 2008/03. Final Report, December 2009. 160 p.
9. Крикунов К.Н. Проблемы системы подготовки пилотов гражданской авиации // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. 2013. Т. 5, № 2. С. 79–87.
10. Косачевский С.Г., Айдаркин Д.В., Качан Д.В. Оценка эффективности методики первоначальной профессиональной подготовки пилотов для эксплуатации самолетов с электронными системами отображения информации // Научный Вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21, № 5. С. 8–22. DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-5-8-22
11. Котик М.Г. Динамика штопора самолета. М.: Машиностроение, 1976. 328 с.
12. Stowell R. The light airplane pilot's guide to stall/spin awareness. 1st ed. Rich Stowell Consulting, 2007. 520 p.
13. Котик М.Г., Филиппов В.В. Полет на критических режимах. М.: Воениздат, 1977. 239 с.
14. Левицкий С.В., Свиридов Н.А. Динамика полета: учебник для технических вузов / Под ред. С.В. Левицкого. М.: Изд-во ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2008. 526 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Киселев Михаил Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов МГТУ ГА, m.kiselev@mstuca.aero.

Левицкий Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, ведущий инженер-конструктор ПАО «Корпорация "Иркут"», flamento@yandex.ru.

Морошкин Дмитрий Владимирович, ведущий инженер-конструктор ПАО «Корпорация "Иркут"», mdv.vvia@gmail.com.

Подобедов Владимир Александрович, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, заместитель главного конструктора – начальник отделения аэродинамики ПАО «Корпорация "Иркут"», Vladimir.Podobedov@irkut.com.

FEATURES OF THE NEW YAK-152 FLIGHT-TRAINING AIRCRAFT PERFORMANCE

Mikhail A. Kiselev¹, Sergey V. Levitsky², Dmitry V. Moroshkin², Vladimir A. Podobedov²

¹*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

²*JSC Irkut Corporation, Moscow, Russia*

ABSTRACT

Modern aircraft are distinguished by the extensive use of automation facilities for piloting control – a "glass cockpit". At the same time, the widespread use of automation in the aircraft flight limits the pilot's abilities to overcome force majeure circumstances arising in-flight. Subsequently when training pilots, particular emphasis must be placed not only on the formation of the operator's

skills in the "glass cockpit" but also on the development of practical skills while "direct" piloting, what is especially important. Large focus should be put on the requirement to train military pilots with the implementation of large values of normal overload, taking into account the increasing maneuverability of fighters from generation to generation that are flown not based on the capabilities of the airframe design and power plant, but considering the psychophysiological human abilities. Limit modes, in particular, performing high angles of attack with a subsequent stall, entering a spin cause aviation accidents in both civil and military aviation. As noted in the findings of the investigations, insufficient skills of the flight crew for piloting in critical modes are referred to the reasons for these accidents among other things. It is clear that the flight performance of the training aircraft, on which the future pilot takes the initial training course, serve the primary purpose of forming flight skills. Until recently, outdated aircraft, in particular L-39, as well as foreign-made aircraft (DA-40, DA-42, etc.) were used in our country for this purpose. The new domestic training aircraft with a propeller-driven power plant Yak-152, which made its maiden flight in September 2016, is designed to ensure the required high level of initial training, including safe piloting training in critical flight modes in the "glass cockpit" interface. The article analyzes the main characteristics of the Yak-152, directly impacting the capabilities of its intended use as a training aircraft. It should be noted that all the performance presented in the article was obtained as a result of aircraft flight tests.

Key words: flight-training aircraft, flight dynamics, piloting, initial pilot training.

REFERENCES

1. **Kiselev, M.A., Levitsky, S.V. and Podobedov, V.A.** (2019). *Reckoning technique of passenger airplane approach procedure in case of all main engines failure*. Civil Aviation High Technologies, vol. 22, no. 4, pp. 91–99. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-4-91-99
2. **Kiselev, M.A., Levitsky, S.V. and Podobedov, V.A.** (2019). *Safe engine-out landing of a passenger plane under the wind conditions*. Civil Aviation High Technologies, vol. 22, no. 5, pp. 76–84. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-5-76-84 (in Russian)
3. **Kiselevich, V.G.** (2015). *The development of flight operation recommendations for IL-96T at interrupted take-off*. Nauchnyy Vestnik MGTU GA, no. 211 (1), pp. 79–84. (in Russian)
4. **Kiselevich, V.G.** (2015). *Reculiarities of IL-96T flight operation at prolonged take-off*. Nauchnyy Vestnik MGTU GA, no. 211 (1), pp. 128–131. (in Russian)
5. **Selivanov, V.** (2018). *"Letayushchaya parta" i printsip obucheniya "ot prostogo k slozhnomu". Chast 1* ["Flying desk" and the principle of teaching "from simple to complex". Part 1]. Aviapanorama, no. 5 (131), pp. 42–51. Available at: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2018/10/42.pdf> (accessed 12.02.2021). (in Russian)
6. **Selivanov, V.** (2018). *"Letayushchaya parta" i printsip obucheniya "ot prostogo k slozhnomu". Chast 2* ["Flying desk" and the principle of teaching "from simple to complex". Part 2]. Aviapanorama, no. 6 (132), pp. 34–47. Available at: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2018/12/34.pdf> (accessed 12.02.2021). (in Russian)
7. **Selivanov, V.** (2019). *"Letayushchaya parta" i printsip obucheniya "ot prostogo k slozhnomu". Chast 3* ["Flying desk" and the principle of teaching "from simple to complex". Part 3]. Aviapanorama, no. 1 (133), pp. 42–47. Available at: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2019/02/42.pdf> (accessed 12.02.2021). (in Russian)
8. **Hankers, R., Pätzold, F., Rausch, T., Kickert, R. and others.** (2009). *Safety aspects of light aircraft spin resistance concept*. EASA. 2008/03. Final Report, December 2009, 160 p.
9. **Krikunov, K.N.** (2013). *Problems of training of commercial aviation pilots*. Bulletin of the South Ural State University. Series: Education. Educational Sciences, no. 2, pp. 79–87. (in Russian)
10. **Kosachevskiy, S.G., Aidarkin, D.V. and Kachan, D.V.** (2018). *Evaluation of the effectiveness methods of initial pilots' professional training to operate the aircraft equipped with electronic flight instrument systems*. Civil Aviation High Technologies, vol. 21, no. 5, pp. 8–22. DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-5-8-22 (in Russian)
11. **Kotik, M.G.** (1976). *Dinamika shtopora samoleta* [Airplane spin dynamics]. Moscow: Mashinostroyeniye, 328 p. (in Russian)

12. **Stowell, R.** (2007). *The light airplane pilot's guide to stall/spin awareness*. 1st ed., Rich Stowell Consulting, 520 p.

13. **Kotik, M.G. and Philippov, V.V.** (1977). *Polet na kriticheskikh rezhimakh* [Flight in critical modes]. Moscow: Voenizdat, 239 p. (in Russian)

14. **Levitsky, S.V. and Sviridov, N.A.** (2008). *Dinamika poleta. Uchebnik dlya tekhnicheskikh vuzov* [Flight dynamics: a textbook for technical universities], in Levitsky S.V. (Ed.). Moscow: Izdatelstvo VVIA im. N.Ye. Zhukovskogo, 526 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mikhail A. Kiselev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Aerodynamics, Design and Strength of Aircraft Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, m.kiselev@mstuca.aero.

Sergey V. Levitsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Constructor Engineer, JSC Irkut Corporation, flamento@yandex.ru.

Dmitry V. Moroshkin, Leading Constructor Engineer, JSC Irkut Corporation, mdv.vvia@gmail.com.

Vladimir A. Podobedov, Honoured Scientist of Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Chief Designer – Head of the Aerodynamics Division, JSC Irkut Corporation, Vladimir.Podobedov@irkut.com.

Поступила в редакцию 06.02.2021
Принята в печать 25.03.2021

Received 06.02.2021
Accepted for publication 25.03.2021