

НЕЙЛОНОВЫЕ ОБЪЯТИЯ – НЕ ПАНАЦЕЯ

Проблемы прерванного взлета, аварийной и укороченной посадки



Продолжение серии «О ТОМ, ЧТО ПРЕВРАЩАЕТ ПАЛУБУ В ВПП», начало в №4-2014



Евгений ШОЛКОВ,
кандидат технических наук



Виктор ДРУШЛЯКОВ

Выполнение захода на посадку и сама посадка являются наиболее проблемными и ответственными стадиями полета: из перечня факторов, приводящих к происшествиям, 68% связаны с действиями экипажей. Ошибки при заходе на посадку вполне устранимы уходом на второй круг, но многие летчики воспринимают такой маневр, как проявление своей неспособности. Однако повторный заход на посадку является строго предписанной процедурой, способной изменить статистику авиационных происшествий. По данным ИКАО, 78% авиационных инцидентов могли быть предотвращены своевременным заходом на посадку. История нештатных ситуаций показывает, что выкатывания пассажирских самолетов за пределы взлетно-посадочной полосы (ВПП) приводят к

аварийным, а, нередко, и к катастрофическим последствиям. До настоящего времени в гражданских аэропортах при прерванных взлетах и аварийных посадках проблему аварийности в основном решали с помощью **концевых полос безопасности (КПБ)** – это спланированные грунтовые/гравийные участки в конце ВПП для предотвращения последствий такой посадки при выкатывании за ее пределы.

Аварийные ситуации, приводящие к прерыванию взлета,

могут возникнуть при отказе одного или нескольких двигателей, отказе важнейших бортовых систем (электрической или гидравлической), пожаре на борту, при плохом состоянии ВПП в силу метеоусловий или помехи на ее поверхности. Прерванный взлет может быть оправдан только в силу форс-мажорных обстоятельств: кроме сложности выполнения этого маневра, выкатывание за пределы ВПП приводит к риску возгорания или повреждению самолета, а также полному или частичному выходу из строя его тормозных систем. Принятие решения на прерывание взлета существенно усложняется фактором времени (не более трех секунд), невозможностью ухода на второй круг, в отличие от аварийной посадки, а при отказе двигателей – невозможностью реверса тяги, что увеличивает тормозную дистанцию. Решающим параметром для безопасного прерывания полета является скорость принятия решения для такого маневра – V1, определяемая штурманом до взлета. Точный расчет этой величины позволяет безопасно прервать полет в пределах дистанции прерванного взлета с учетом КПБ и оставшегося запаса ВПП. Успех выполняемого маневра зависит и от знания штурманом такого запаса и состояния поверхности ВПП. Большой взлетный вес самолета создает нерасчетные нагрузки для бортовых тормозных систем с их ограниченным энергопоглощением, что требует применения аэродромных тормозных систем с повышенной энергоемкостью.

Аэродромные тормозные устройства (АТУ), стационарные и мобильные, получили распространение в основном на военных и учебных аэродромах. Статистика безопасного аварийного и штатного торможения аварийными тормозными устройствами поставила на повестку дня проблему широкого применения АТУ на гражданских аэродромах при прерванных взлетах, аварийных торможениях при посадке и при совмест-



Рис. 1. Транспортировка мобильной тормозной машины ВАК-12

Рис. 2. Посадка F-16С с помощью системы МААС

ном использовании в коммерческих и военных целях аэропортов с укороченными ВПП.

На земном шаре насчитывается около 36 000 аэродромов и аэропортов, которые могут быть систематизированы по назначению как гражданские (коммерческие), военные, или используемые совместно. В этом перечне 3800 объектов – преимущественно коммерческие. В 64 странах мира аэродромы оборудованы резервными системами торможения самолетов. Подавляющее большинство этих систем размещены на ВПП военного назначения или на объектах совместного использования с преимуществом использования в военных целях. Коммерческие операторы сталкиваются с применением этих систем преимущественно на аэродромах совместного использования или при чартерных рейсах через военные аэродромы.

Задерживающие устройства аэродромного базирования должны выдерживать усилие торможения останавливаемого гражданского самолета с достаточным запасом прочности, обеспечивая приемлемые перегрузки для пассажиров. Биологически допустимыми перегрузками считается интервал 0,75-1,5 g – для нетренированного организма (пассажиры). Если учесть, что пилоты палубных истребителей при посадках регулярно испытывают ускорение до 3,0-4,5 g, очевидно, эти критерии могут быть пересмотрены в сторону увеличения. С учетом отрицательного характера перегрузок наибольшей опасности подвергается зрительная система, а при систематических воздействиях имеет место накопительный характер воздействия. Одноразовый характер таких ситуаций для конкретного пассажира допускает введение более жестких допусков – слишком велика цена ошибки.

Для справки: столкновение самолета с неподвижным препятствием, вызывающее летальные исходы, приводит к перегрузкам 20-40 g. Палубные задерживающие устройства – аэрофинишеры – рассчитаны на гашение полного объема энергии посадки самолета (зависит от посадочной скорости и остаточной массы) при ограниченных размерах посадочной палубы – 90-105 м. За счет предварительного пробега аварийного самолета по ВПП аэродромные тормозные установки испытывают нагрузки при меньших скоростях (20-150 км/ч), а стандартная дистанция торможения с помощью АТУ достигает 300 метров. Тем не менее, увеличение полетной массы современных аэробусов до 300-400 тонн приводит к необходимости гашения кинетической энергии, доходящей до 400-450 МДж при прерванном взлете не выше скорости V1. Это накладывает особо жесткие требования к средствам энергопоглощения таких АТУ.

Наряду с проблемами прерванного взлета и аварийных посадок, специфические задачи и трудности возникают в военной авиации при организации экспедиционных аэродромов с ВПП ограниченной длины, либо при выполнении посадок на

поврежденные полосы. В 1956 г. командующий Корпусом морской пехоты (КМП) США на основе идеи коротких аэродромов, высказанной им еще в 1953 г., сформулировал требования для создания коротких, временных и мобильных аэродромов с целью авиационной поддержки морских экспедиционных сил. Программа получила название SATS (The Short Airfield for Tactical Support). Эта концепция стала успешно претворяться с 1958 г., что позволило создать мобильные аэродромы, которые могли быть собраны «с колес» в течение нескольких дней. Начиная с 1965 г., мобильными стали не только ВПП, но и катапульты, и аэрофинишеры. Первым серьезным испытанием концепции SATS стали масштабные маневры 1964 года по высадке десанта Корпуса морской пехоты на южном побережье Испании в рамках операции «Стальное копьё» (Steel Pike). Это была самая масштабная операция высадки морского десанта спустя 20 лет после открытия Второго фронта. Истребители поддержки F-8 Crusaders выполняли посадки на укороченные ВПП с помощью аэродромных тормозных систем типа M-2 MOREST с фрикционными энергопоглопителями. Однако установка M-2 MOREST, весившая около 30 тонн, не отвечала концепции SATS по требованиям мобильности. Уже через год, в ходе Вьетнамской войны, в районе Чу Лай (Chu Lai) был оборудован мобильный аэродром с укороченной ВПП – к октябрю 1965 г. было выполнено более 5000 посадок с применением систем M-21. Этому успеху способствовали результаты 10-летних испытаний различных тормозных систем и массовое оснащение тормозными крюками истребителей новых поколений как морской авиации, так и самолетов ВВС, ПВО.

В основу были положены такие критерии, как минимальный вес, транспортабельность, оперативная установка, высокая производительность выполнения посадок, надежность и простота обслуживания. Уже в 1965 г. началось массовое освоение тормозной установки M-21 фирмы Wortec Co., разработанной для коротких ВПП тактической авиации с энергопоглостителем на основе вихревого гидродинамического принципа.

Эволюция разработок и внедрения аэродромных тормозных систем во второй половине XX века будет рассмотрена ниже. Представляет интерес современное состояние разработок и перспективы их применения. О значении и масштабах этих работ свидетельствует перечень исследовательских комплексов, решающих эту проблему. Традиционными центрами испытаний новых разработок взлетно-посадочных систем в США являются испытательный и учебно-тренировочный центр морской авиации (Naval Air Test Center) в Patuxent River, исследовательский и испытательный центр (Naval Air Test Facility) на объединенной базе JD MDL, площадка Lakehurst, а также авиационно-техническая лаборатория морской авиации (NAEL) в Philadelphia, где уже более двадцати лет проходят испытания и



Рис. 3. Торможение истребителя F-18C ВВС (США) системой MAAS

сертификацию сетевые барьеры и тормозные машины ВАК-12 (рис. 1), ВАК-14 с помощью реальных нагрузочных устройств – истребителей ВВС F-16 (рис. 2).

Первые сертификационные испытания мобильной установки М-21 с роторным гидравлическим энергопоглопителем, отвечающей концепции SATS, прошли в первой половине 1970 г. Уже в начале 1971-го начались испытания машины ВАК-12/500S с пассивными и реальными нагрузочными устройствами с массой до 22 т и скоростью до 270 км/ч. Была подтверждена работоспособность тормозной системы при внецентренных торможениях до 4,5 м. С целью совместного использования аэродромов гражданскими и военными судами была успешно испытана тормозная машина ВАК-14 с подъемом приемного троса выдвижными устройствами. В программе испытаний участвовали истребители F-4, F-5, A-4, F-102, F-105. Интенсивные испытания АТУ на основе тормозных машин ВАК-12, ВАК-13 проводились в центре Lakehurst, начиная с 1973 г., когда установка тормозных крюков на истребители наземного базирования приняла систематический характер – в этих испытаниях приняли участие самолеты F-14. С целью расширения перечня принимаемых при аварийных посадках самолетов, были проведены испытания тормозной машины ВАК-12 в различной конфигурации: одинарной, двойной, двухрежимной. Программа предусматривала более 200-х пусков и торможений. Полученные данные позволили рекомендовать в дальнейшем оснащение тормозными крюками истребителей наземного базирования F-15, F-16, F-18 (рис. 3). О перспективах применения этих технологий красноречиво свидетельствует установка тормозных крюков типа Шеффера на истребителях пятого поколения – F-22, F-35A (рис. 4).

Для испытания истребителя, оснащенного тормозным крюком, по программе JSF была использована ВПП длиной 3660 м базы ВВС США Edwards. К испытаниям привлекался инженерный состав 416-й испытательной эскадрильи и летно-испытательного центра базы. С военно-воздушной базы Nellis сюда были доставлены и установлены с двух сторон ВПП два комплекта АТУ MAAS командой из 6-8 человек за два дня, вместо нормативных четырех (рис. 5). Программа испытаний, которые начались 8 апреля 2010 г. с участием 11 тест-пилотов 823-й и 820-й эскадрилий, предусматривала проверку штатных тормозных систем истребителя F-35A и серию торможений с помощью аварийной MAAS на основе ВАК-12. Технический состав 412-й эскадрильи поддержки операций, выполнивший развертывание этих систем, также обеспечивает авиашоу пилотажных групп Thunderbirds и Blue Angels. Эта же группа специалистов монтировала MAAS в Афганистане и Ираке при развертывании экспедиционных сил (рис. 6). Параллельно с испытаниями на базе ВВС США Edwards, взаимодействия истребителя пятого поколения F-35A с АТУ MAAS, технический центр NAVAL в Lakehurst обеспечил в течение двух недель в мае 2010 года динамические испытания и сертификацию перспективной АТУ SMARTARREST. Ресурс модернизации, заложенный в конструкцию мобильных тормозных машин ВАК-9, ВАК-12, ВАК-13, позволил создать на их основе наиболее совершенную автоматизированную тормозную систему SMARTARREST (подробнее см. ниже).

Впечатляющий размах применения АТУ демонстрируют и страны-участницы НАТО. Одним из лидеров разработки и внедрения тормозных установок аэродромного базирования является Великобритания: авиационный институт в Bedford одним из первых спроектировал и с помощью компании Dunlop внедрил тормозную машину RAE фрикционного типа, впервые применив нейлоновую тормозную ленту на горизонтальной бобине.

Предложенный Шеффером облегченный тормозный крюк рессорного типа (рис. 7) положил начало массовому применению тросовых тормозных установок в авиации стран НАТО и на Японских островах (рис. 8). Разработки французских



Рис. 4. Тормозный крюк истребителя F-35A для системы MAAS



Рис. 5. Тормозная машина ВАК-12 подготовлена к сборке на базе Edwards



Рис. 6. Монтаж тормозной машины ВАК-12 в Ираке для Корпуса морской пехоты



Рис. 7. Тормозный крюк Шеффера на Lightning F.6 ВВС Англии

конструкторов были реализованы в изделиях АТУ ведущей компании Aerazul (Франция), и стали использоваться ВВС этой страны. С появлением роторной гидравлической тормозной машины М-21 авиация ФРГ получила доступ к этим технологиям на базах ВВС США в Германии еще в середине 1960-х гг. (рис. 9). В числе лидеров разработки АТУ следует назвать и компанию Befab Co. (Швеция), чьи достижения получили признание и за океаном, а также дали толчок применению тросовых тормозных систем наземного базирования в ВВС Швеции.

Среди основных аварийных систем посадок следует выделить аварийные барьеры, системы тормозных тросов и специально разработанные материалы для систем аварийного торможения (EMAS). Первые два вида являются, главным образом, системами военного назначения и используются тактической авиацией: истребителями и штурмовиками. Третий вид достаточно проявил себя при использовании в коммерческих аэропортах, не имеющих достаточных концевых полос безопасности.

Несколько подробнее:

- тормозные аварийные барьеры. Эти устройства, независимо от наличия у самолета тормозного гака (крюка), амортизируют и гасят с помощью присоединенных тормозных механизмов кинетическую энергию самолета, предотвращая его выкатывание за пределы ВПП. Основой этих систем является барьерная сеть, установленная на стойках, размещенных по краям ВПП – такое устройство устанавливается в конце ВПП и является однонаправленным. Эти системы, как правило, могут взаимодействовать и присоединяться к приемному (тормозному) тросу, входящему в их состав. Эти системы использовались и на стадии отработки посадок космических челноков (SOAS);

- тросовые аварийные системы. Тормозной трос натягивается над поверхностью ВПП на высоте 8-12 см – на палубе авианосцев и от 4 до 7,5 см на аэродромах, где поддерживаются резиновыми дисками («пончиками»), обеспечивая тем самым надежный захват его тормозным гаком. «Пончики» применялись вначале на аэродромах в коммерческой авиации промышленности США и Европы, а после 1920 г. их применили военные – на авианосцах и для ВПП наземного базирования (рис. 10).

Установка тормозных тросов на ВПП определяется следующими признаками: направление зацепления (одностороннее или двустороннее); действующей дистанцией от троса до точки остановки ЛА (обычно от 300 до 350 м); способ посадки в зависимости от метеосредств – визуальный или инструментальный. Зона размещения приемного троса обозначена на ВПП серией желтых светоотражающих кругов диаметром 3 м.

- специально разработанные материалы для торможения (EMAS). EMAS разрабатываются из материалов с высоким энергопоглощением на заданное усилие и размещаются на концевых полосах безопасности ВПП. Эти материалы разработаны таким образом, что они поглощают кинетическую энергию, меняя структуру и разрушаясь под весом коммерческих самолетов, оказывая тормозящее усилие при аварийной посадке. Исторически наиболее простым и надежным исполнением концевых полос безопасности является полоса из гравия, основным достоинством которой специалисты считают хорошую поперечную устойчивость до нулевых скоростей. Несмотря на очевидную простоту и надежность, выполненные исследования показали уязвимость планера и двигателя на пилонах от разбрасывания гравия и высокую затратность по времени подготовки для восстановления посадочных возможностей. Применение материалов EMAS в виде гранулированного пенобетона вернуло эту идею к жизни.

Исторически первыми системами аварийного торможения самолетов являются штатные и аварийные тормозные посадочные устройства (ТПУ) на авианесущих кораблях. Пионером применения ТПУ при посадке на специально оборудованную палубу крейсера Pennsylvania 18 января 1911 г. стал первый палубный летчик Eugene Ely (США). При этом был использован посадочный гак (крюк), предложенный авиатором Hugh Robinson. Организаторы этой исторической посадки предприняли меры на случай неудачной посадки: также впервые был оборудован аварийный барьер в виде брезентовых полотнищ, установленных под наклоном – этот факт достоверно зафиксирован многочисленными фото уникальной посадки. Обычные мешки с песком, привязанные к концам многочисленных приемных тросов, создавали нарастающую нагрузку на тормозный крюк. Следующее поколение палубных тормозных устройств – финишеров на гравитационном принципе – было оснащено подвешенными через шкивы грузами. Такие системы просуществовали до 1930-х гг.

Одним из первых упоминаний применения тросовых

тормозных систем в аэродромных условиях военными самолетами относится к началу Второй мировой войны (WW II). Лидером применения аэродромных тросовых тормозных систем является Великобритания – уже в 1941 г. королевские ВВС (RAF) получили систему из двух приемных (тормозных) тросов, натянутых в конце ВПП за 180 и 210 метров от торца. Во время WW II на территории Англии подобными устройствами были оборудованы 20 аэродромов. Энергопоглопителем оборудовались фрикционными барабанными (drum) тормозами. Уровень этой разработки представлен на фото (фото 11) из Британского музея авиации в Top Camp, Woodhall. Тормозные механизмы типа Mark 1 компании Mather&Platt, Manchester, датируются 1942 годом. При освобождении Корсики на аэродромах ограниченной длины ВПП французские ВВС использовали палубные технологии. С подобной проблемой ограниченных ВПП столкнулась американская авиация в период Корейской войны в 1951 году. Для самолетов ВВС, не имевших на тот период захватывающих приспособлений, использовались сетевые барьеры, предложенные компанией E.W. Bliss



Рис. 8. В полете F-2 и F-15 (тормозной крюк выпущен) ВВС Японии



Рис. 9. Посадка истребителя F-4G с помощью тормозного крюка



Рис. 10. Фрагмент приемного троса с резиновыми дисками-«пончиками»

(США) – опять-таки, палубная технология. Задерживающая сеть, поднятая на стойках, стыковалась нейлоновыми стропами с корабельными якорными цепями, уложенными вдоль ВПП в направлении посадки. Корабельные цепи были первым энергопоглощающим звеном таких устройств – решение, что называется, лежало под ногами. [Этот заокеанский опыт был успешно использован в 1986 г. на УТК НИТКА (Саки, Крым), когда возникла необходимость в страховочном тормозном устройстве для тележек-нагрузателей, катапультируемых паровой катапульты]. Кинетическая энергия захваченного сетью самолета гасилась в процессе последовательного нагружения звеньями цепи и возникающими силами трения о бетон. В комбинации с приемным тросом (система Е-5) сетевой барьер с якорными цепями (модернизированная система МА-1А, рис. 12) был установлен почти на 500 ВПП. Опыт этого применения сетевого барьера с якорными цепями позволил создать первую аэродромную тормозную систему с заданными параметрами: для легких самолетов общий вес якорных цепей составлял порядка 45 т, что обеспечивало энергопоглощение до 16,5 МДж.

Это позволяло применять данную систему, получившую название МА-LA, как для учебных самолетов Т-33, так и для боевых истребителей F-100 и др. Невысокая надежность первого варианта системы МА-LA (число неуспешных торможений доходило до 40%) привело к созданию модернизированной системы МА-1А/Е5, объединенной с тросовой системой Е-5. Необходимость в такой системе возникла после 1954 г., когда новое поколение истребителей F-102, F-104, F-105 начало снабжаться захватывающими крюками корабельного типа, а с изобретением облегченного крюка Шеффера их применение стало повсеместным, начиная с F-100, F-101, F-106. Применение корабельного крюка (гака), снабженного гидроприводом для опускания и системой демпфирования (амортизации), было оправдано на ранней стадии внедрения, хотя и отличалось сложностью и избыточным запасом прочности, что утяжеляло весь агрегат и его крепление. В аэродромных условиях, когда усилие торможения не превышает 2,0 g, а дистанция пробега может достигать 300 метров, требовалось облегченное решение с простейшим приводом в рабочее положение. Выход был найден в изобретении Шеффера, реализованного компанией All American Engineering – это рессорная, в виде плоской пружины, конструкция, жестко закрепленная одним концом к силовому каркасу планера, с захватывающим крюком – на другом конце. В исходном состоянии конструкция подтянута в нишу фюзеляжа в полуотпущенное положение, а при посадке за счет предварительного напряжения выпускается с помощью легкого тросика. Начиная с 1959 г., кроме учебно-тренировочного самолета (УТС) Т-33, захватывающий крюк Шеффера стал устанавливаться и на Т-38, Т-39, УТС Alfa Jet (рис. 13).

Оснащение истребителей сухопутного базирования захватывающими крюками повысило надежность и сферу применения аэродромных тормозных систем: кроме первоначального использования при аварийных посадках, эти системы стали стремительно совершенствоваться и для применения при штатных посадках, а для самолетов парка КМП США такие посадки стали стандартной практикой. С 1960-х гг. началось непрерывное совершенствование аэродромных тросовых систем торможения, что привело к созданию мобильных тормозных устройств. Стремление получить тормозное устройство с более прогнозируемыми и управляемыми характеристиками торможения и большим диапазоном энергопоглощения привело к созданию целого поколения тормозных устройств на различных физических принципах. Дальнейшие разработки именовались аббревиатурой ВАК (Barrier Arresting Kit). Используя в качестве задерживающих элементов сетевой барьер или приемный трос, эти модификации совершенствовались в направлении конструкции энергопоглощающих устройств. В числе первых можно назвать систему ВАК-6, в общей классификации – SPRAG, в основу которой положен струйный принцип поглощения энергии. Этот вид энергопоглотителя модели mod.340 был предложен в 1950-х гг. компанией ААЕ (All American Engineering). Энергопоглотители в виде цилиндров, наполненных рабочей жидкостью (аналог отечественной гидросмеси ПГВ), располагались вдоль ВПП. При торможении самолета приемный трос увлекал за собой поршни, движущиеся в цилиндрах, вдавливая жидкость через систему отверстий, что создавало эффект торможения и рассеяния энергии торможения. Требуемый режим торможения задавался геометрией размещения отверстий в цилиндрах. Первое применение система ВАК-6 нашла в авиации



Рис. 11. Самолет «Торнадо» с крюком Шеффера



Рис. 12. Модифицированный аварийный барьер МА-1А/Е5



Рис. 13. Учебно-тренировочный самолет Alpha Jet с крюком Шеффера.

ПВО США для торможения истребителей F-106, оснащенных крюками Шеффера. На первом этапе было смонтировано 25 установок, однако дальнейшее внедрение сдерживала невысокая оперативность применения и сложность обслуживания, а время готовности доходило до 8-10 мин. Улучшенный вариант этой системы под индексом ВАК-10 был разработан для ПВО ВВС, в состав которой вошло пневматическое устройство возврата троса в исходное положение, что повысило оперативность применения устройства до 20 с.

В некоторых источниках эта система упоминается, как ВАК-10, однако в общей официальной классификации тормозных систем эта модификация не встречается. Конструктивные недостатки струйного поглотителя энергии вызвали переход

к гашению кинетической энергии самолета дисковыми тормозами сухого трения, для чего были использованы колесные тормоза бомбардировщика В-52 – новая система получила обозначение ВАК-9 (общая классификация – R FAG) и стала основой целого направления АТУ [подобные разработки привели к созданию в нашей стране в конце 1970-х АТУ типа АТУ-3 с дисковыми тормозами бомбардировщика ЗМ].

Агрегат тормозной установки располагается в подземном бункере с одной из сторон ВПП и содержит лебедку с тормозным тросом на двух барабанах с фрикционными дисками. Через систему отводных блоков ветви тормозного троса соединены с приемным тросом, удерживаемым над ВПП с помощью резиновых дисков-«пончиков». Система отличается рациональным техническим решением, не потерявшим актуальности [например, при строительстве УТК в г. Ейске]. Усилие торможения регулировалось цепной обратной связью, а для возврата троса в исходное положение система была снабжена электродвигателем с редуктором, что сократило время готовности до 5 мин. Противоположный конец приемного троса через отводные блоки (шкивы) прокладывался в специальном тоннеле под ВПП, что требовало дополнительных строительных работ.

Дальнейшим развитием аэродромных тормозных систем является тормозная машина ВАК-12, ставшая основой различных модификаций АТУ, в том числе, и мобильных (см. рис. 14. 1). В установке используются дисковые фрикционные тормоза (система rotary friction arrester gear – R FAG), размещенные внутри барабана с тормозной нейлоновой лентой на бобине, а стальной приемный трос над поверхностью ВПП поддерживает резиновые диски-«пончики». Тормозная лента (punch-tape) сечением 200x9 мм размещена на бобине диаметром 150 см. На такой стандартной бобине укладывают до 290 метров ленты, однако существуют ее модификации: на бобине диаметром 168 см размещают 366 м ленты, а в варианте с максимальным объемом поглощения энергии торможения на бобине диаметром в 183 см достигнута укладка 610 метров ленты.

Как видно из рис. 15, в состав тормозной установки входит программный механизм, создающий заданный закон управления: гидроусилитель обеспечивает требуемое усилие торможения в результате воздействия на его клапан управления профилированным кулачком, синхронно вращающимся с основным барабаном тормозной ленты от цепи обратной связи. Стандартные гидравлические усилители, снабженные жесткой механической обратной связью, позволяют запрограммировать тормозную установку на любую посадочную массу в пределах допустимых вариаций, в том числе и при внецентренных посадках.

Появление цифровых технологий позволило создать модификацию машины ВАК-12 с компьютерным управлением. Этим удалось расширить спектр воздушных судов, гарантирующий их безопасные аварийные и укороченные посадки. На схеме мобильного варианта ВАК-12 (рис. 16), размещенного на трейлере, видно, что состав оборудования обеспечивает полную автономность монтажа и применения в самых сложных условиях действия экспедиционных сил КМП США. В состав установки входит двигатель внутреннего сгорания для возврата тормозной ленты на барабан-бобину после торможения, кроме того, на трейлере размещаются две насосных дизельных станции, обеспечивающих монтаж и закрепление корпуса трейлера на грунте/бетоне. На шасси также размещен барабан с приемным тросом и полный

Рис. 14.1. Стандартная аэродромная тормозная машина ВАК-12/500S



Рис. 14.2. Тормозная машина ВАК-12/500S с компьютерным управлением, входящая в состав тормозной системы SMARTARREST



Рис. 14.3. Мобильная тормозная машина ВАК-12/500S, входящая в состав тормозной системы Portarrest P-IV



Рис. 14.4. Мобильная тормозная машина ВАК-13 с энергопоглотителем типа 34/44В, входящая в состав тормозной системы MC-31 Корпуса морской пехоты



Рис. 14.5. Мобильная тормозная машина с энергопоглотителем 34/44В, входящая в состав тормозной системы MAG ВВС США



Рис. 14.6. Гидродинамический энергопоглотитель типа 34/44В Water Twister



Рис. 14.7. Гидравлический энергопоглотитель для аэродромных тормозных систем



Рис. 14.8. Направляющий узел выпуска тормозной нейлоновой ленты 200x9 мм, входящий в тормозные системы MAAS



Рис. 15. Механизм управления тормозной машины ВАК-12



Рис. 16. Крюк на F-15 после торможения



комплект приспособлений и инструментов для крепления, используемый бригадой монтажников из 6-8 пехотинцев (рис. 5) – на монтаж такой системы в полной конфигурации затрачивается до 100 человеко-часов.



Рис.17. Незацеп троса крюком Шеффера на F-16

Из схемы видно, что установки закреплены (в одностороннем варианте посадки) с помощью талрепов-стяжек по осям нагрузки в направлении посадки и поперечных сил, действующих на приемный трос и тормозную ленту. Мобильная система на базе двух машин ВАК-12 (рис. 17), размещенных по обе стороны ВПП, получила название МААС (mobile aircraft arresting system). В морской авиации США система называется М-20. В натовской классификации эта система обозначена 500S (500S-8 – мобильная модификация). Вариант т.н. двойной системы Dual ВАК-12 рассчитан на торможение самолетов с посадочной массой до 63,5 т – это достигается размещением двух машин ВАК-12 по обе стороны ВПП (для присоединения к единому приемному тросу используют специальное стыковочное устройство) – в этом случае на машинах ВАК-12 монтируют бобины емкостью 610 метров тормозной ленты.

Стремление расширить пределы энергопоглощения и допустимые скорости торможения (динамику) привело к созданию новых, гидравлических лопастных энергопоглотителей (класс RHAG). Наиболее удачными конструкторскими решениями являются модель М-21 – известной компании Wortec Co. и модель С-24 – компании ААЕ (рис. 14.7). Первая из них получила распространение для коротких ВПП аэродромов тактической авиации США в ФРГ. Поглощение энергии происходит при вращении крыльчатого ротора, помещенного в корпус крыльчатого статора, заполненного водой или специальной водно-гликолевой смесью (с пониженной температурой замерзания). Создаваемые при этом завихрения (турбулентности) приводят к поглощению энергии и нагреву жидкости. Для отвода тепловой энергии служит установка внешнего охлаждения рабочей жидкости. Машина получила название ВАК-13 (натовский вариант – F48A) и положила начало новому направлению энергопоглотителей в системах АТУ. Машина ВАК-13 выполняется в двух вариантах, выбор которых определяется условиями и оперативными требованиями – в мобильном и стационарном исполнении. Это техническое решение имеет ограниченно применение, особенно для тяжелых самолетов. Более совершенная конструкция роторного гидродинамического поглотителя энергии реализована в тормозной машине 34/44В, положенной в основу АТУ типа МАГ/М-31 для ВВС и КМП США (рис. 14.4, 14.5).

Приведенные выше конструкции тормозных машин ВАК-12, ВАК-13 стали основой для тросовых и сетевых тормозных систем различных конфигураций. Примером может служить следующая в этом ряду разработка ВАК-14, в сущности, не представляющая самостоятельной конструкции, это – комбинация систем. В ее составе могут использоваться

тормозные машины как ВАК-12, так и ВАК-13. Эта система с приемным тросом отличается наличием специальных устройств для подъема троса, уложенного в желобе заподлицо с поверхностью ВПП (рис. 18), система получила функциональную классификацию – retractable hook-cable support system. Привод устройства выполняют специальные пневмоподъемники.

Это техническое решение рассчитано на совместное применение аэродромов в военно-коммерческих целях. В исходном состоянии трос находится в утепленном положении, не создавая препятствий посадкам гражданских самолетов. Такое размещение троса исключает его износ при прокатывании пневматиков, а также несанкционированный захват приемного троса. При посадке военных самолетов, оборудованных тормозным крюком, быстрдействие системы обеспечивает подъем троса за 1,5 с. Проведенные функциональные и динамические испытания из 100 циклов торможений истребителем F-4Е не дали обнадеживающих результатов: после 6 циклов в результате кумулятивных локальных воздействий на трос система оказалась неработоспособной, а при низких температурах подъемники не обеспечивали плавности хода. В результате полного цикла испытаний (100 торможений) из строя были выведены все 14 блоков-подъемников. Предпринимались попытки подогрева системы пропусканием тока по приемному тросу. При соответствующей доработке подъемников ВАК-14 подтвердила заложенную концепцию и конструкторские решения. Один из вариантов модернизации ВАК-14 получил обозначение type Н, отличающийся повышенной надежностью подъемников за счет применения гидропривода. В этой модификации (type Н) также могут использоваться любые из перечисленных системы энергопоглощения.

В попытке устранить перечисленные недостатки и расширить диапазон применения тросовых тормозных систем для самолетов, не оборудованных крюками Шеффера, компания E.W. Bliss Co. разработала тормозную систему, отвечающую этим требованиям – ВАК-11 с т.н. «выпрыгивающим» приемным тросом. Отметим, что в составе этой системы могут применяться энергопоглотители на основе установок ВАК-12 или ВАК-13. Идея состоит в подъеме (подбросе) приемного троса, уложенного в желобе (по аналогии с ВАК-14) с помощью сжатого воздуха. При торможении гражданских самолетов трос подбрасывается под основные стойки шасси по команде вычислительного устройства, на которое поступает сигнал от фотодатчиков, – таким образом, усилие торможения прикладывается к усиленным элементам конструкции. При посадке самолетов, оборудованных тормозными крюками, трос подбрасывается непосредственно на крюк после пробега основных пневматиков шасси.

Получили также распространение тросовые тормозные системы на принципе двойного троса для самолетов без тормозного крюка. Контактный – легкий вспомогательный трос – натянут над поверхностью ВПП и соединен с основным



Рис. 18. Укладка приемного троса тормозной машины ВАК-14

– силовым приемным тросом, расположенным в наклонном желобе на специальных стойках. При угрозе выкатывания за пределы ВПП носовая стойка шасси захватывает контактный трос, который через систему стяжек увлекает за собой основной трос до выхода последнего на поверхность на высоту поддерживающих стоек. Этот предварительный этап обеспечивает проезд носовой стойки и подъем основного троса к моменту наезда на него основных стоек шасси. После появления тормозного усилия основной трос отделяется от поддерживающих стоек. Кажущаяся сложность этого технического решения не помешала применению таких систем в течение 50 лет. В литературе последних лет описаны десятки патентных решений, совершенствующих рассмотренную идею. Так, в одном из решений устраняется ненадежный подъем основного троса при наезде колеса на поддерживающие стойки. С целью улучшения эксплуатационных характеристик системы предложены улучшенные варианты механизмов возврата в исходное состояние тормозной ленты на бобины, что говорит о неисчерпанном резерве модернизации системы с двойным тросом.

Расширению сферы применения аэродромных тормозных систем для самолетов различных классов способствовало создание гибридных схем, повышающих вероятность захвата удерживающего элемента и снижающих отрицательные последствия аварийного торможения. Одной из таких стационарных систем является комбинация сетевого барьера с известными нам энергопоглотителями – фрикционными, гидравлическими, цепными или «текстильными». Примером подобной разработки является система ВАК-15. Принцип действия этой системы основан на корабельных технологиях и хорошо известен читателю. Остановимся вкратце. На двух стойках-мачтах, поднимаемых гидравлическими приводами, укреплены вертикальная сеть, нижний и верхний силовые пояса которой соединены со стойками, а вертикальные нейлоновые снижения образуют приемную сеть. Концы нижнего силового пояса подсоединены к энергопоглотителям (например, машина ВАК-12 или якорные цепи – в рассмотренной выше модифицированной системе МА-1А/Е5).

При прохождении плоскости сети планером самолета вертикальные стропы постепенно ложатся на передние кромки крыльев и передают усилие через силовые пояса на энергопоглотители. Упругость вертикальных строп снижает повреждение элементов планера. В некоторых случаях (для приема самолетов, оснащенных тормозными крюками, в том числе, и корабельными гаками) на приемный трос могут быть одеты резиновые диски-«пончики» для надежного захвата крюком. В этом случае система получает обозначение ВАК-15 (NI – net interconnect). В печати в зависимости от применяемого устройства энергопоглощения иногда встречаются обозначения вида МА-1А/ВАК-9 или МА-1А/ВАК-12.

Следует отметить, что все комбинированные системы торможения с сетевым барьером и якорными цепями (Е5) относятся к односторонним, в отличие от рассмотренных выше – двусторонних, допускающих посадку с двух направлений. Опыт эксплуатации сетевых барьеров на палубе авианосцев однозначно указывает, что применение сети носит одноразовый характер – получаемые нейлоновой сетью повреждения подтверждают назначенный ресурс в одно торможение.

Отдельного упоминания заслуживают повреждения, наносимые сетью конструкции планера, что делает зачастую



Рис.19. Модуль нейлоновых строп «текстильного» тормоза MB.60.9.9.

такую посадку для самолета последней. [Испытания по отработке отечественных аварийных барьеров на УТК Нитка, сначала для аварийной остановки истребителя корабельного базирования Як-38 – барьер «Надежда» в 1983 г., затем – испытания штатного корабельного барьера с аэрофинишером С-23Н при торможении истребителя Т10-3 в 1984 г., которые нельзя признать успешными: планеры обоих самолетов получили неприемлемые для дальнейшей эксплуатации повреждения, а обе сети были приведены в негодность, подтвердив их одноразовый ресурс].

Попытка получить одноразовую систему торможения, свободную от подобных недостатков, привела к созданию системы, энергопоглощающим элементом которой были выбраны нейлоновые стропы особого плетения. Система на их основе получила название «текстильный» тормоз модели MB.60.9.9.C. Это – модульная тормозная система, предназначенная для применения в качестве аварийной дублирующей системы для стандартных эксплуатационных условий. Она устроена по многомодульному принципу по обе стороны аварийного участка ВПП. Модули содержат разрываемые стропы особого плетения для поглощения кинетической энергии в процессе торможения (рис. 19). Каждый модуль надежно закреплен на основании (грунте/асфальте), а вторым концом связан с приемным тросом, натянутым над ВПП.

Система выполняется как двухступенчатая однонаправленная, либо как одноступенчатая двунаправленная. Двухступенчатая система имеет более гибкую структуру и менее затратна при изменении конфигурации под низкие уровни энергии торможения. Однако модули, участвовавшие в торможении, подлежат замене, а затраты на их замену доходят до 50% стоимости эксплуатационного цикла для машины ВАК-12. Это объясняется и низким числом аварийных торможений при выкатывании за пределы ВПП. Система MB.60.9.9.C ориентирована на самолеты (истребители), оборудованные тормозным гаком, однако эта сфера применения может быть расширена за счет дополнения обычным сетевым барьером типа ВАК-15 или комбинированной системой сеть/трос типа МА-1А. Они могут быть приспособлены как для нужд экспедиционных сил, так и для оперативного (временного) оборудования иных ВПП.

Подводя итог рассмотрению существующих видов мобильных тормозных установок, следует привести общепринятую классификацию аэродромных систем, созданных на их основе (по данным компании-разработчика ESCO):

– МААС (mobile aircraft arresting system), мобильная тормозная система, как правило, на основе тормозных машин



Рис. 20. Система укороченной посадки MC-31 на основе мобильной тормозной машины ВАК-13, адаптированной для нужд Корпуса морской пехоты

ВАК-12 различных модификаций по энергии торможения;
 - **MAG** (mobile arresting gear), мобильная тормозная система ВВС США на основе тормозной машины 34/44В с гидродинамическим энергопоглощением (рабочее тело – вода). В КМП США система MAG модифицирована под нужды экспедиционных сил и имеет обозначение М-31 (рис. 20);

- **SOAS** (shuttle orbiter arresting system), тормозная система на основе машин ВАК-12, разработана по заданию НАСА для космического челнока Shuttle компанией ААЕ (позднее вошедшая в состав ESCO);

- **Portarrest P-IV**, полуавтоматическая тормозная система в различных конфигурациях включает в себя тормозную машину ВАК-12 всех известных модификаций для эксплуатации в арктическом холоде и в условиях тропиков (рис. 14.3);

- **SMARTARREST**, полностью автоматизированная («интеллектуальная») тормозная система, управляемая вычислительной машиной, которая автоматически определяет посадочную скорость самолета, выполняя прогноз оптимального графика перегрузок на заданной дистанции торможения (рис. 14.2). Программное обеспечение управляющего компьютера выполняет требуемую синхронизацию усилий в ветвях приемного троса. Отсутствие механического износа деталей гидравлического энергопоглотителя упрощает обслуживание и оперативное управление системой. SMARTARREST снабжена функцией «черного ящика», благодаря чему сохраняются данные о последних 100 режимах торможений.

Европейские фирмы также проводят целевые разработки и испытания стационарных тормозных систем для коммерческих самолетов. Так, авиационный институт в Bedford (Англия) рассматривал возможность аварийного торможения транспортного самолета на скоростях выкатывания 250-370 км/ч с помощью тормозных крюков конструкции Шеффера. В качестве энергопоглотителя использовалась система ВАК-6 с цилиндрическими струйными поглотителями. В каждом цилиндре, уложенном по бокам ВПП длиной 60 метров, в верхней части были образованы по 150 отверстий. При скорости 67 м/с самолет Боинг-720 был остановлен на дистанции в 180 м, причем активный участок торможения был ограничен 60 м. Давление в цилиндрах доходило до 350 кгс/кв. см, что создавало особые требования к прочности корпусов энергопоглотителей. Выбрасываемая под таким давлением вода превращалась в аэрозоль. Подобные работы проводились и в США с 1962 года – исследовалась возможность предотвращения выкатываний за пределы ВПП транспортных самолетов С-131 и Boeing-720. В испытаниях

применялась система mod. 3000, предшественницей которой была система со струйным энергопоглотителем mod. 340, предложенная компанией ААЕ еще в начале 1950-х гг.

Программа испытаний предполагала торможение в экстремальных условиях: отсутствовал реверс тяги двигателей и не применялась штатная система торможения. Учитывая посадочную массу (до 80 т), пришлось укрепить конструкцию планера в точке крепления крюка Шеффера. При торможениях применялся стандартный (для палубной авиации) приемный трос диаметром 35 мм, хотя усилия в ветвях троса не превышали 3600 кгс при отрицательном ускорении не более 0,6 g. Торможения выполнялись на дистанции до 500 м, что соизмеримо с машиной ВАК-12 в варианте бобины диаметром 183 см с емкостью 610 м тормозной ленты. Ограничением к широкому внедрению по-прежнему оставалась сложность обслуживания струйного энергопоглотителя. В более поздних разработках на этой основе для нужд ПВО за счет возврата троса в исходное положение с помощью пневмосистемы время готовности удалось уменьшить.

Оснащение коммерческих самолетов тормозными крюками, несмотря на приемлемые результаты испытаний, не получило практического применения и может рассматриваться лишь в исторической перспективе. В попытке отказаться от установки тормозных крюков при аварийных торможениях коммерческих самолетов были разработаны рядом фирм сетевые барьеры различных конструкций на основе палубных технологий. Шведская компания Befab Co. разработала одну из первых практических конструкций для современных реактивных самолетов, получившую название Safeland.

Верхний и нижний силовые пояса сети образованы стальным тросом, между которыми закреплены нейлоновые стропы, объединенные в фалы (по аналогии с палубными барьерами). Концы силовых поясов присоединялись к тормозным установкам по обеим сторонам ВПП. Система Safeland получила международное признание в 24-х странах мира, в том числе, в Англии – стране лидирующими позициями в этой области. Компания Befab Co. поставила более 500 комплектов таких систем. Обнадёживающие результаты практического внедрения сетевых барьеров в коммерческой авиации позволили создать на их основе аварийные системы для сверхзвуковых пассажирских самолетов, таких как французский «Конкорд». Компания Aegazur (Франция) и All American Engineering (США), входящие в объединение Zodiac Group, достигли впечатляющих результатов в этом проекте. Первый реактивный пассажирский самолет «Каравелла» (Англия) был успешно испытан в 1968 году во взаимодействии с разработанным аварийным барьером на аэродроме в Тулузе (Франция) на скорости входа в сеть 50 м/с. Стойки, поддерживающие сеть, в опущенном состоянии располагали сеть на полосе. Цифровая система управления сетью обеспечивала её подъем перед аварийной посадкой или во время прерванного взлета в течение 1 с. При этом система управлялась как с диспетчерской вышки (директорный режим) – руководителем полетов, так и автоматически – от контактного настила на ВПП – при угрозе выкатывания. Компании Aegazur также проводила эксперименты по повышению нагрузочной способности аварийных систем с сетевым барьером путем дублирования сетей.

Важнейшим звеном в общей системе безопасности выполнения посадок являются концевые полосы безопасности (КПБ). Согласно требованиям ИКАО, ВПП должны иметь стандартные зоны безопасности 150 м в ширину

и 300 м в длину – на каждом конце ВПП – КПБ. Наибольшее внимание уделяется проблемам выкатывания в направлении полета – наиболее опасной предпосылкой к авиационному происшествию. Однако, зачастую эти требования невыполнимы, что обусловлено такими препятствиями, как транспортные магистрали, населенные пункты и др. условия местности.

Традиционно КПБ выполнялись в виде гравийных дорожек, имевших удовлетворительные характеристики. В настоящее время лишь 60% аэропортов мира имеют КПБ, близкие к требованиям ИКАО. В целях повышения безопасности посадок при КПБ ограниченной длины ведущие разработчики систем безопасности участвовали в поисках энергопоглощающих материалов (ЭПМ), альтернативных гравию. Наибольших успехов в решении этой проблемы достигла компания ESCO в Township, NJ., разработав специальные ЭПМ для тормозных систем КПБ. В результате исследований наилучшим ЭПМ был признан гранулированный (ячеистый) пенобетон различной плотности и прочности. КПБ выполняется из блоков пенобетона, уложенных в конце ВПП в виде своеобразной «постели». Поверх блоков укладывается легкая ткань, которая окрашена для удобства обслуживания персоналом без повреждения блоков. При наезде шины шасси погружаются в пенобетон, разрушая блоки, что приводит к поглощению энергии движения (рис. 21).

Вдоль пути движения блоки выполняются разными по толщине (от 25 до 75 см) и плотности (прочности) с целью сохранения постоянства усилия торможения. Сертифицированная система получила обозначение EMAS-MAX, являясь незаменимым решением проблемы построения КПБ в условиях ограничений, перечисленных выше. Такая система может быть смонтирована в течение нескольких месяцев, что существенно менее затратно по времени и финансам по сравнению с удлинением ВПП до стандартной КПБ обычными средствами. В отличие от стандартных КПБ, где сложные метеословия (снег, дождь) нарушают сцепление с колесами шасси, система EMASMAX не изменяет своих параметров торможения в сложных метеословиях. В настоящее время число систем EMASMAX, установленных в аэропортах США, превысило 50 в 38 аэропортах.

18 июля 2008 года пассажирский Airbus 320 из Мехико в условиях дождя и сильного бокового порывистого ветра совершал посадку в аэропорту Чикаго. Благополучный исход посадки был обеспечен только на КПБ, оснащенной по технологии EMASMAX. Посадка относится к разряду экстремальных, так как на борту находилось 145 человек, из которых, кроме стюардессы, никто не пострадал. Начиная с 1999 года по январь 2010-го, было выполнено шесть торможений по предупреждению выкатывания коммерческих бортов без ущерба здоровью пассажиров и повреждения техники (рис. 22). Это привело к появлению солидарного документа, подписанного ведущими авиаперевозчиками мира совместно с ИКАО об установке «постели» EMASMAX во всех аэропортах, где стандартная КПБ невыполнима.

Переходя к отечественным «достижениям» в разработке аэродромных тормозных устройств (АТУ), приходится с горечью констатировать о более скромных результатах в этой области по сравнению с мировым опытом. Ни по широте охвата



Рис. 21. Аварийное торможение на концевой полосе безопасности EMASMAX



Рис. 22. Аварийное торможение самолета Bombardier-2000 с помощью EMASMAX

проблемы, ни по уровню разработок, ни по объему внедрения в практику отечественная наука и промышленность, к сожалению, не могут соревноваться с зарубежными результатами. Отсутствие сведений о разработке в нашей стране мобильных тормозных устройств указывает на полное неприятие концепции использования их на укороченных или поврежденных ВПП, а также на аэродромах оперативного развертывания. Ведущим разработчиком систем АТУ в нашей стране явился ГОСНИИАВИАПРОМ, работающий в содружестве с ОАО «Саратовский авиационный завод». Разработчики понимали, что эти системы являются конечным, самым ответственным звеном в общей структуре обеспечения безопасности полетов. В основу разработок был положен главный критерий – надежность, и эта цель была достигнута при испытаниях в широком диапазоне воздействий окружающей среды. Выпускаемые ЗАО «СПЕЦМАШ 1» аварийные тормозные установки (аэрофинишеры) АТУ2М спроектированы для улавливания и торможения реактивных летательных аппаратов (ЛА) при угрозе выкатывания за пределы ВПП. Такие ситуации могут возникнуть при прерывании взлета до скорости V1 (скорости принятия решения на прерывание взлета) и при аварийных посадках (частичный или полный отказ двигателей, невозможность применения реверса, отказ тормозных систем самолета, отказ гидравлики с посадкой на гладком крыле, загрязненная ВПП, нештатная ситуация на борту воздушного судна). Для повышения нагрузочной способности (посадочной массы аварийного ЛА) спроектирована и выпускается тормозная установка – комплекс 2АТУ2М из двух tandemно расположенных установок АТУ2М, работающих от единой системы управления, что позволяет использовать назначенный режим торможения как для любой из составляющих, так и одновременно для двух установок, что расширяет диапазон масс принимаемых ЛА от 6 до 40 т при скоростях от 60 до 310 км/ч.

Улавливающим звеном установки является нейлоновый сетевой барьер, верхний и нижний силовые пояса которого подсоединяются к тросам тормозных лебедок. Подробный процесс взаимодействия ЛА с установкой АТУ2МЛ мало чем отличается от описанного выше, применительно к установкам МА-1А/ВАК-9 или МА-1А/ВАК-12, а также Safeland. Принцип управления лебедками для поддержания заданного режима торможения выбран электрогидравлическим. Обычно установки АТУ2М монтируются между торцом ВПП и началом КПБ. На практике возникают ограничения длины КПБ из-за объездных дорог, рельефа и построек за пределами аэродромного поля, что определяет перенос установок АТУ2М от торца ВПП.

Тормозные фрикционные лебедки с тросовыми



Рис. 23. Заброшенная установка АТУ-2 на одном из российских аэродромов

барабанами размещаются на штатных станинах, укрепленных на бетонных фундаментах рабочих площадок. Там же монтируются механизмы подъема и фиксации улавливающей сети, пульт гидравлики с системой управления и резервным (аварийным) блоком подпитки гидравлики, механизмы натяжения силовых поясов сети. Подготовку к торможению и управление установкой выполняется с размещаемых рядом постов.

Следует отметить простоту и технологичность монтажа, доступность управления для персонала средней квалификации. Установки просты и надежны в эксплуатации в течение гарантийного срока, что подтверждается периодическими проверками и испытаниями на надежность. По информации разработчика систем, установки АТУ2М и их последующие модификации не имели ни одной рекламации за 40 лет эксплуатации (рис. 23).

Хотелось бы сохранить такое убеждение и у читателя этих строк, однако заслуживает рассмотрения и другая точка зрения. В открытых источниках приводятся данные, в частности, на сайтах интернета об авиационных происшествиях с 1925 по 2010 гг. в СССР и РФ. Авторами проведен анализ авиапроисшествий в нашей стране, связанных с взаимодействием ЛА с аэродромными тормозными установками, в частности, типа АТУ2М. Глубина поиска в 50 лет, ретроспективно до 1960 г., была выбрана исходя из предполагаемого начала работ по данной проблеме в СССР. Не претендуя на исчерпывающий объем полученных данных, назовем три из них.

В процессе имитации усложненного полета на одном двигателе самолет МиГ-31 12 июля 1996 г. запросил посадку на аэродром Комсомольский-2 с остатком топлива 4000 кг. Точно выполнив выход на курс, самолет прошел ближний приводной маяк на высоте 80 м со скоростью 380 км/ч, однако сложность посадки с одним двигателем привела к существенному перелету в 800 м. Руководитель полетов дал команду ухода на второй круг. Запоздалая реакция командира корабля и принятие решения на уход ниже скорости V1 (точка невозврата) привели к аварийной ситуации из-за потери скорости – режим сваливания и кренение влево. В результате самолет столкнулся правой консолью крыла со стойкой АТУ-2М на расстоянии 300 м от торца ВПП. Ввиду катастрофического развития ситуации по команде РП экипаж катапультировался: летчик-инструктор благополучно приземлился, а летчику из передней кабины не хватило двух секунд. Нестандартность полетного задания, осложнившего действия экипажа, привели к трагическому исходу. Самолет столкнулся с препятствием, разрушился и сгорел.

Отказ техники при выполнении фигур высшего пилотажа требует особого мастерства для выхода на посадочный курс и выполнения посадки. Пилот самолета МиГ-29 24 июня 1993 г. (аэродром Мары) при выполнении пилотажа в верхней точке петли

Нестерова получил информацию о пожаре левого двигателя и после применения системы пожаротушения совершил посадку на ВПП в точку касания в полосе точного приземления. На пробеге был установлен невыход тормозного парашюта и отказ тормозной системы колес – условия, требовавшие применения аэродромных средств торможения. За 330 м до конца ВПП скорость самолета составила 248 км/ч, и по команде руководителя полетов летчик (п/п-к Макаров Г.) благополучно катапультировался. Далее самолет прорвал сетку АТУ-2 на скорости ниже максимально допустимой, столкнулся с препятствием, разрушился и сгорел.

Применение аэродромных средств аварийного торможения может оказаться успешным лишь при соответствующей подготовке экипажей к экстремальным посадкам и режимам прерывания взлета. 25 июля 1996 г. самолет МиГ-31 взлетел с аэродрома Хотилово-2. Во второй половине разбега перед отрывом самолет начало увести влево от оси ВПП. Командир корабля принял решение о прерывании взлета, получив подтверждение от РП. Высокая скорость и ограниченный остаток длины ВПП привел к выкатыванию самолета за ее пределы на скорости 250 км/ч. РП дал команду экипажу на катапультирование, увидев, что самолет порвал сетку АТУ. Далее самолет столкнулся с препятствием, перевернулся и загорелся. Экипаж не успел катапультироваться и погиб, погиб также офицер части, находившийся в районе АТУ.

В официальном сообщении НИИТМ (текстильных материалов) о разработке нового типа текстильных тормозных амортизаторов (ТТА) выражается уверенность, что результаты испытаний и опыт их эксплуатации подтвердили эффективность ТТА и целесообразность их применения для аварийных АТУ. Там же отмечается, что модульные ТТА (по аналогии с зарубежными МВ.60.9.9.С) на основе специальной тканой ленты с петлями особого переплетения должны стать основными элементами оснащения заводских, испытательных, военных и гражданских аэродромов. Подобные модульные амортизаторы, как поглотители энергии торможения в системах АТУ, способны предотвратить выкатывания самолетов посадочной массой до 150 т при скоростях до 300 км/ч. Приведенные выше случаи применения (два последних – в непосредственном контакте с сетью) установок АТУ-2М не дают оснований для такого оптимизма, если учесть, что оба случая привели к порыву улавливающих сетей, разрушению самолетов и гибели экипажей. В пользу допущения о несоответствии прочностных характеристик улавливающей сети заявленным предельным параметрам посадок свидетельствуют приведенные примеры. Трудно также согласиться с утверждением разработчика, что «аэродромы, оборудованные системами АТУ2МЛ, значительно повышают безопасность полетов, обеспечивают психологическую устойчивость летных экипажей... при прерванном взлете или аварийной посадке».

Приведенные данные не дают однозначного ответа о надежности установок АТУ, но оставляют сомнения при рассмотрении развития данных ситуаций и последовавших итогов. Эти проблемы могут быть рассмотрены и в другом аспекте, на других примерах. В статистике авиапроисшествий отмечен ряд случаев, когда выкатывания самолетов за пределы ВПП и концевых полос безопасности с разрушением техники и с человеческими жертвами могли быть предотвращены, а последствия их минимизированы размещением на торце ВПП аварийных тормозных установок. Сложные метеосостояния и скользкие ВПП создают нестандартные ситуации при прерванном взлете, приводящие к ошибкам при выполнении этого ответственного маневра. В аэропорту Адлер 10 мая 1979 года самолет Ил-18Д по метеословиям прервал взлет на скорости 250 км/ч (выше «точки возврата»). Экипажу не удалось остановить самолет в пределах ВПП – он выкатился и столкнулся с деревьями. Из-за ошибки командира воздушного судна (КВС) о поспешном прекращении взлета самолет был списан.

Психологическое состояние экипажа и согласованность его действий определяют успех работы при заходе на посадку и ее

выполнении. Самолет Ан-12БП, ведомый майором Петрушиным В.П., 7 января 1980 г. по вине КВС заход на посадку выполнил с нарушениями, что привело к перелету на 2300 м. Аварийное торможение из-за возникшей паники применено не было. Штурман, не успев покинуть рабочее место, погиб из-за выкатывания самолета за пределы ВПП на 660 м и столкновения с препятствием. Самолет списан. Недостаточная подготовка к посадкам в сложных и нестандартных условиях выполнения этого заключительного этапа приводит к аварийным ситуациям, последствия которых могут быть минимизированы аэродромными тормозными системами.

Самолет Ан-12БП, ведомый капитаном Левченко Л.Ф., выполнял посадку в условиях высокогорья с посадочной массой 54 т. Борясь с боковым ветром при пробеге, КВС не убрал РУДы в нулевое положение, что снизило эффективность основной и аварийной систем торможения. На скорости 140 км/ч самолет выкатился за пределы ВПП на 400 м, столкнулся с бруствером, разрушился и сгорел.

Беспечность КВС и утрата контроля за действиями членов экипажа при подготовке и выполнении посадки зачастую приводят к аварийным ситуациям. При заходе на посадку в а/п Адлер 6 января 1981 г. самолет Ту-134Б в сложных метеословиях, нарушив схему захода на посадку, приземлился с заторможенными колесами и неправильной установкой механизации крыла. Произошло выкатывание на полосу безопасности, где самолет получил серьезные повреждения и был впоследствии списан.

В аэропорту Новый Уренгой 24 апреля 1982 года при взлете Ан-12Б командир не выполнил операции для надежного включения взлетно-посадочного управления. В процессе разбега самолет начало увести вправо, но экипаж, пытаясь парировать это отклонение, не прекратил взлет. Произошло выкатывание за полосу безопасности – самолет столкнулся с насыпью, разрушился и сгорел.

Ошибочное определение расчетной точки приземления осложняет режим посадки, зачастую приводя к выкатываниям за пределы ВПП. 24 августа 1984 г. в Тюменской области при заходе на посадку при попутном ветре из-за ошибок пилотирования КВС самолет Ан-26 коснулся полосы в 1500 м от торца и в 300 м от конца ВПП. Самолет столкнулся с препятствиями, получил значительные повреждения и признан не подлежащим восстановлению.

Последствия ошибок при выполнении прерванного взлета также могут быть нейтрализованы применением аэродромных аварийных средств торможения. В аэропорту Пенза 22 июня 1986 г. экипаж самолета Ту-134А через 420 м разбега на скорости 245 км/ч прервал взлет из-за ложного срабатывания табло «Отказ двигателя». Произошло выкатывание за пределы КПБ длиной 400 м, и на скорости 120 км/ч самолет упал в овраг и раскололся на две части.

Сложные метеословия при отказе техники также становятся причинами летных происшествий при выполнении посадок. Пилот самолета МиГ-25ПД 25 мая 1990 г. при заходе на посадку доложил РП об отказе указателя скорости. Из-за несогласованных между РП и пилотом действий самолет приземлился с перелетом более 2000 м, выкатился за пределы ВПП, столкнулся с препятствием и получил значительные повреждения.

Чудом удалось избежать человеческих жертв из-за ошибок экипажа при посадке в аэропорту Якутск 30 июня 1990 г. самолета Ил-62М. После ошибочных действий бортинженера на момент выключения всех двигателей и применения аварийного торможения самолет набрал скорость около 270 км/ч. За 660 м от конца ВПП из-за нарушения правил пользования аварийным торможением были разрушены все внешние пневматики основных опор. На скорости 200 км/ч самолет выкатился на грунт и через 400 м после КПБ, столкнувшись с препятствием, разрушился.

Невыполнение нормативов обустройства концевых полос безопасности чревато катастрофическими последствиями на аэродромах коммерческого назначения. Самолет Ан-24РВ в аэропорту Навои 23 марта 1991 г. совершил посадку с перелетом более 700 м и выкатился на 320 м – произошло столкновение со штабелем ж/б плит. Погибли экипаж и 30 пассажиров.

Рассмотренные авиационные происшествия охватывают широкий спектр причин и условий, сопутствовавших аварийному развитию ситуаций, однако тяжелые последствия этих происшествий могли быть минимизированы. Не вызывает сомнения необходимость применения страховочных тормозных устройств различного типа для прекращения полета и аварийного торможения в нестандартных ситуациях – в пользу такого вывода свидетельствует печальная статистика, отражающая тяжелые последствия случаев выкатывания пассажирских самолетов за пределы ВПП. Эти же проблемы приобретают особый характер для аэродромов совместного использования, в частности, при ограничениях длины посадочных полос и проблем с обустройством конечных полос безопасности. Широкая география (64 страны мира) аэродромов, оснащенных аварийными тормозными системами, в промышленно развитых странах подтверждает тенденции повышения безопасности полетов в свете требований ИКАО.

Когда верстался номер



Когда эта статья готовилась к верстке, произошло интересное для нашей редакции событие – во время нахождения турецкой пилотажной группы «Турецкие звезды» в Кубинке в рамках участия в Форуме «Армия-2017», на этом аэродроме была развернута аварийная тормозная установка ВАК-12, доставленная транспортным самолетом турецких ВВС. По требованиям безопасности, тормозными машинами оснащены все аэродромы НАТО и многих стран мира. Как известно, все типы истребителей НАТО имеют тормозные гаки-крюки. Истребитель «Турецких звезд» F-5E Tiger – в том числе. Тормозные машины ВАК-12 были установлены по обоим сторонам ВПП Кубинки, напротив Дембазы, но трос разворачивался только на период тренировочных и показательных полетов «Турецких звезд». [Подробнее об этом в следующем номере журнала.](#)