

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР
И
БЕЗОПАСНОСТЬ ПОСАДКИ**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЕННО-ВОЗДУШНЫЕ СИЛЫ

В. А. ПОНОМАРЕНКО, В. В. ЛАПА, Н. А. ЛЕМЕЩЕНКО

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОСАДКИ

МОСКВА
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1993

В книге раскрываются психофизиологические особенности взаимодействия летчика с современными системами посадки в простых и сложных метеорологических условиях, анализируются причины ошибочных действий летного состава, предлагаются пути повышения надежности системы «летчик — самолет».

Книга предназначена для летного состава, методистов летного обучения, инженеров, занимающихся разработкой систем управления посадкой самолета, психологов и эргономистов, решающих вопросы оптимизации взаимодействия компонентов системы «летчик — самолет».

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава 1. Проблема человеческого фактора и безопасность полетов	5
Глава 2. Профессиограмма деятельности летчика при использовании систем инструментальной посадки	29
Глава 3. Психологические проблемы обеспечения безопасности посадки при использовании новых средств отображения информации и визуальных посадочных систем	60
Глава 4. Характеристика отказобезопасности системы «летчик — самолет» при заходе на посадку	81
Глава 5. Психологическая подготовка летчика к выполнению захода на посадку в усложненных условиях	98
Использованная литература	112

Человеческий фактор и безопасность посадки

Редактор *Г. Ф. Лесина*

Технический редактор *С. А. Митрофанова*

Корректор *А. В. Тетерин*

Сдано в набор 26.03.92.

Подписано в печать 29.04.93.

Формат 60×90/16. Печ. л. 7. Усл. печ. л. 7. Усл. кр.-отг. 7,13. Уч.-изд. л. 7,68.

Изд. № 7/7001

Бесплатно

Зак. 5945

Воениздат, 103160, Москва, К-160

ПРЕДИСЛОВИЕ

Научно-технический прогресс в авиации остро поставил проблему взаимодействия человека и техники. Сегодня стало очевидным, что именно человеческий фактор определяет безопасность полета, поскольку с ошибками человека связано до 70% летных происшествий. Известно, что большая часть летных происшествий в авиации происходит при заходе на посадку и посадке [3, 18]. Для повышения регулярности полетов и безопасности посадки в настоящее время разработано и внедрено такое бортовое и наземное оборудование, которое по своим техническим возможностям способно обеспечить посадку в самых сложных метеорологических условиях. Однако эффективность освоения летным составом новых средств управления посадкой самолета определяется не только их техническим совершенством, но и уровнем подготовки экипажей. Формирование профессионального мастерства как важнейшей составляющей человеческого фактора немислимо без учета психофизиологических возможностей летчика в различных условиях захода на посадку, без опоры на знание психологических особенностей конкретных видов летной деятельности.

Книга преследует следующие цели: во-первых, познакомить авиационных специалистов с особенностями психологии деятельности летчика (экипажа) при выполнении захода на посадку в различных режимах управления самолетом; во-вторых, показать, как эти особенности сказываются на эффективности их действий и безопасности полетов; в-третьих, раскрыть причины возможных ошибок летчика на посадке и, наконец, в-четвертых, предложить психофизиологические рекомендации и методики для подготовки летного состава.

По сравнению с уже имеющимися изданиями, посвященными проблемам психофизиологии летного труда, в данной книге наиболее полно и систематически изложено психологическое содержание деятельности летчика при выполнении захода на посадку и посадках с использованием современных инструментальных посадочных средств.

Авторы выражают глубокую признательность летчикам и инженерам, принявшим участие в исследованиях, благодаря ответственному и заинтересованному отношению которых удалось получить достоверные данные в достаточно сложных экспериментах.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность своим коллегам Г. В. Анисимову, Е. Е. Букалову, А. А. Обознову, В. В. Полякову, А. Н. Разумову, А. М. Сафронову за помощь в проведении экспериментов и за любезное разрешение воспользоваться некоторыми их материалами при написании книги.

Глава 1

ПРОБЛЕМА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

1.1. Системный подход к проблеме безопасности полетов

Проблема безопасности полетов, несмотря на колоссальный прогресс в области развития авиационной техники, приобрела в настоящее время исключительную социальную остроту. Это объясняется количеством аварий и катастроф, причиняющих не только моральный, но и огромный материальный ущерб. Успешность решения проблемы обеспечения безопасности полетов определяется не только достижениями технического прогресса, эксплуатирующего авиационную технику, но и возможностями человека.

Безопасность полетов зависит от многих компонентов, что наглядно иллюстрирует рис. 1. Каждый компонент характеризуется своей, весьма сложной структурой. Наличие большого количества разнородных компонентов делает необходимым анализ взаимоотношений между ними. Такой анализ возможен только на основе методологии системного подхода, рассматривающего изучаемый объект как систему.

Целостная система функционирует в процессе взаимодействия составляющих ее компонентов. Это обуславливает наличие новых интегральных (системных) качеств, не свойственных образующим ее частям, компонентам [2].

В любой сложной системе вначале раскрывается зависимость между ее компонентами, затем между ее свойствами и, наконец, выводятся интегральные свойства системы — системные качества. Для дальнейшего анализа сложных авиационных систем используется понятие о системообразующем факторе. По мнению академика П. К. Анохина [1], в любой системе — биологической, социальной, экономической — происходит не простое взаимодействие, а взаимодействие, направленное на достижение конкретного результата, цели, стоящей перед системой. Следовательно, системообразующим фактором, который организует систему, является результат.

Рассматривая систему «лётчик — самолет — среда», заметим, что нередко техническому совершенствованию этой системы пре-

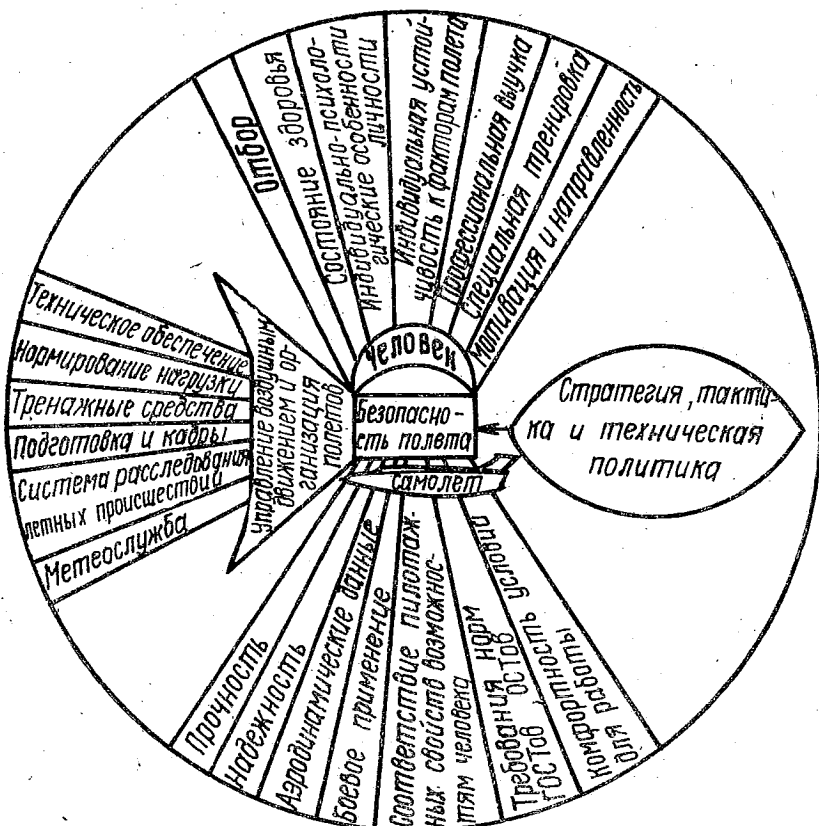


Рис. 1. Схема системного подхода к обеспечению безопасности полета

пятствует не ограниченность возможностей человека, а недостаток знаний о его системных качествах. Иначе говоря, наступил период развития техники, когда знания из области физиологии, биомеханики, гигиены и других наук о человеке, необходимые для создания среды обитания в кабинах летательных аппаратов (ЛА), оказались недостаточными для обеспечения жизнедеятельности экипажа, его работоспособности в полете, а также надежности и эффективности системы «человек — машина». Это связано с тем, что в человеко-машинной системе человек выступает не только как один из компонентов системы, но и как субъект труда, т. е. носитель важнейших системных качеств, определяющих результат работы системы.

Рассмотрение летчика как субъекта труда, в основе деятельности которого лежит достижение сознательно поставленной цели, позволяет отнести систему «летчик — самолет» к классу целеустремленных систем. Система действует целеустремленно, если она продолжает преследовать одну и ту же цель, изменяя свое

поведение при изменении внешних условий. Именно включение человека в систему обуславливает ее целеустремленность, и не только потому, что он ставит цели, определяет задачи, но и потому, что он может менять цели при появлении незапрограммированных внешних условий. Если летчик в системе рассматривается как субъект труда, а его связь с техническим компонентом представляется в виде деятельности, то такую систему относят к классу активных, ибо функционирование определяется целями системы, а воздействие среды имеет подчиненную роль.

Попытаемся показать продуктивность системного подхода к конкретной проблеме, в данном случае — к проблеме безопасности полета, ошибочных действий летчика.

Рассмотрим, как взаимодействуют два компонента системы обеспечения безопасности полета: летчик и ЛА.

Прежде всего оба эти компонента обладают только им присущими специфическими натуральными качествами и в то же время, будучи объединенными в системе «летчик — самолет», приобретают совершенно новое, так называемое системное качество.

В рамках системы обеспечения безопасности полета ЛА может обеспечивать требуемую надежность, если он отрабатывается на уровне мировых стандартов по технике и технологии производства, оригинальности конструкторского решения и т. д. Именно высокий уровень научных достижений, реализуемых в ЛА, придает ему высокую надежность.

Летчик как компонент системы рассматривается главным образом в плане его подготовки для управления ЛА. Подготовка включает профориентацию и профотбор, обучение и тренировку (в том числе и организма к воздействию факторов среды), организацию и дисциплину, медицинский контроль и социальную стимуляцию целенаправленности.

Все перечисленные элементы создания ЛА и подготовки летчика еще не несут в себе системного качества. Пока можно констатировать следующее: и летательный аппарат (ЛА), и летчик на конечном этапе перед их объединением в единую человеко-машинную систему несут в себе все свои натуральные качества. И в летательном аппарате, и в летчике, как в фокусе, отражается цена тех больших усилий, которые были затрачены на создание ЛА и подготовку летчика. Проверить конечный результат этих усилий, естественно, можно только в условиях профессиональной деятельности, т. е. в процессе взаимодействия летчика с самолетом. Именно взаимодействие двух компонентов образует основание того системного качества, благодаря которому обеспечивается конечный результат — эффективность и безопасность системы «летчик — самолет».

С рассматриваемых позиций для обеспечения безопасности полета самолет с его оборудованием, летно-техническими характеристиками должен быть не просто надежен, но и соответствовать возможностям летчика как человека с его психофизиологическими ограничениями.

Возьмем, к примеру, взаимодействие и взаимовлияние таких свойств рассматриваемых компонентов, как профессиональная выучка и специальная тренировка, с одной стороны, и аэродинамические характеристики самолета — с другой. Задача обеспечения приемлемых аэродинамических характеристик самолета в широком диапазоне скоростей — от взлетно-посадочных до сверхзвуковых — потребовала применения крыльев изменяемой геометрии. С позиции согласованности характеристик ЛА и летчика это означает, что поскольку в полете будет меняться реакция самолета на управляющие движения летчика (в зависимости от углов стреловидности), постольку потребуются определенная переориентация в формировании сенсомоторных навыков. Обычно у летчиков вырабатываются автоматизированные сенсомоторные навыки по управлению самолетом. Однако в данном случае выработка таких навыков в виде жестких стереотипов может помешать летчику эффективно пилотировать.

Для предупреждения причин ошибок летного состава, а следовательно, для повышения безопасности в процессе обучения следует учесть различия в летных характеристиках самолетов, которыми летчику предстоит управлять. Особенно велики различия в устойчивости и управляемости при различных отказах систем управления. Если при обучении формируется жестко детерминированный стереотип навыков и нет направленности на выработку способности переадаптации к меняющимся условиям, это может привести не только к ошибкам пилотирования, но и, что самое главное, к увеличению вероятности появления таких ситуаций полета, где действия летчика будут затруднены и он не сможет обеспечить безопасность.

Рассмотрим еще один пример, показывающий важность соответствия свойств ЛА и его систем возможностям летчика в интересах обеспечения безопасности. Имеется в виду влияние аэродинамических характеристик ЛА на формирование «чувства самолета». В частности, при полете на современных реактивных самолетах у летчика может возникнуть закономерная ошибка в переработке информации, приводящая к искажению представления о режиме полета и, следовательно, к неправильным управляющим воздействиям.

Дело в том, что реактивные самолеты взлетают и приземляются на значительных углах атаки. При этом пилотажные приборы могут давать искаженные показания. Так, на взлете индикатор вертикальной скорости из-за косоного обтекания приемника воздушного давления иногда показывает снижение, а на малых высотах баровысотометры в некоторых режимах показывают отрицательную высоту.

Опасные закономерные ошибки могут появляться в случае, когда нарушается чувство времени. Это происходит при переучивании на новые самолеты, которые имеют иную длину разбега. Суть ошибки сводится к стремлению «подорвать» самолет или прервать взлет. Изучение случаев прерванных взлетов показало,

что летчику кажется, будто самолет не отрывается от полосы. При этом у него появляется физическое ощущение, что тяга падает. Иначе говоря, наступает рассогласование в чувственном восприятии информации, поступающей от различных источников. Рефлекс на время, выработанный в прежних полетах на другом самолете, «требует» начать отрыв самолета, а мышечно-суставное чувство сигнализирует, что скорость еще недостаточна. В итоге у летчика появляется так называемое трудное состояние, которое может выразиться в недоверии к показаниям приборов, в ошибочных решениях. Их следствием и является прекращение взлета или отрыв самолета на малой скорости, что еще более опасно.

Таких и подобных им закономерных ошибок можно избежать только при системном подходе к подготовке летчика и безопасности полета в целом. Особенности психологии и физиологии человека должны быть не просто учтены, но обязательно отражены в соответствующих нормативных документах, которыми обязаны руководствоваться и создатели новой техники, и методисты летного обучения, и все другие специалисты, участвующие в обеспечении безопасности полета.

Таким образом, для повышения надежности действий летчика как компонента системы безопасности полета необходимо согласование характеристик оборудования и психофизиологических характеристик человека. Это в равной степени относится к любой системе, любому оборудованию самолета. К примеру, катапультное кресло как элемент безопасности полета есть средство спасения, и в этом его натуральное качество. А системное качество катапультного кресла состоит в том, что в кабине самолета оно выступает как рабочее место, обеспечивающее удобство позы, досягаемость до органов управления, углы обзора из кабины и пр. Неучет этих положений обязательно в том или ином виде приведет к снижению профессиональных возможностей летчика. То же самое относится к высотному снаряжению, натуральное качество которого состоит в обеспечении выживаемости на случай разгерметизации кабины, а системное — в обеспечении высокой работоспособности, точнее, эффективности деятельности летчика, в него одетого.

Из этих примеров становится ясно, что сами по себе компоненты системы «летчик — самолет» без соотнесения их с целью системы, с конечным результатом, для получения которого предназначена эта система, не в состоянии дать в руки специалистов те рычаги, используя которые можно на научных основах осуществлять профилактику летных происшествий.

Мы коснулись лишь некоторых аспектов взаимозависимости двух ведущих компонентов, входящих в большую систему обеспечения безопасности полета, — летчика и самолета. Резюмируя приведенные рассуждения, можно заключить, что надежное функционирование системы безопасности полета зависит не столько от ее элементов, сколько от их взаимодействия и взаимосвязи.

Суть этих научных посылок для практики обеспечения безопасности человека в самолете означает, что ни подготовленный специалист, ни совершенная техника изолированно не могут гарантировать безопасность полета, поскольку система — это целостное образование, обладающее новыми качественными характеристиками, не содержащимися в образующих его компонентах, взятых изолированно. Из этого следует основополагающий вывод о сути системного подхода к безопасности полета, а именно: предметом изучения и целенаправленного влияния становятся не только сами компоненты системы, но и их взаимодействие.

1.2. Современные представления о психологическом содержании деятельности летчика

Рассматриваемые в этом разделе представления о психологическом содержании деятельности летчика необходимы для понимания материалов, изложенных в последующих разделах. Без выявления психологических особенностей деятельности летчика нельзя определить, насколько закономерны результаты его действий, каковы причины, обусловившие тот или иной результат, нельзя в конечном итоге разработать систему мероприятий, обеспечивающих эффективность выполнения полетов и их безопасность.

Профессиональная деятельность летчика как специфический вид трудовой деятельности принадлежит к числу наиболее сложных и динамичных.

Известно, что любая деятельность исходит из определенных мотивов и направлена на достижение определенных целей. Мотивы — это то, что побуждает и направляет деятельность человека, а цели — это те результаты, на достижение которых она направлена. Мотивированность деятельности летчика зависит от объективной и субъективной значимости поставленной перед ним задачи, от понимания ее важности и отношения к ней. Например, уровень мотивированности будет различным в зависимости от того, выполняется учебный полет, или полет, связанный с выполнением ответственного задания, или упражнение для отработки действий при отказе, или ликвидация реальной аварийной ситуации, поскольку в этих случаях меняется их объективная и субъективная (разная степень опасности, разные последствия для летчика в случае невыполнения задания) значимость. В зависимости от мотива меняется качество деятельности, поскольку меняется степень усилий и стараний летчика.

Содержание и структура деятельности, побуждаемой тем или иным мотивом, определяются ее целями.

Для летчика при управлении ЛА цель его деятельности выступает как идеальное представление заданного состояния объекта управления, отражаемого в сознании в виде образа-цели. Целенаправленность — важнейшая психологическая характеристика деятельности. Достижение поставленной цели — это не одномоментный акт, а более или менее длительный процесс, развертывающий-

ся во времени в систему частных промежуточных задач, каждая из которых реализуется путем выполнения отдельного действия.

Так, цель деятельности летчика рейсового самолета состоит в том, чтобы благополучно доставить пассажиров в аэропорт назначения. Выполняя эту цель, он ставит перед собой такие промежуточные цели, как пилотирование самолета, оценка метеоситуации по трассе полета, установление связи с наземными диспетчерскими пунктами и т. д.

Элемент деятельности, посредством которого осуществляется достижение цели, в психологии называют действием. Одно и то же действие человек может выполнять разными способами (операциями). Операции являются элементами действий, их состав определяется теми внешними обстоятельствами, в которых возникла цель действия. Например, действие, направленное на уменьшение скорости полета, в зависимости от конкретных условий может быть выполнено разными операциями: движением штурвала, приводящим к увеличению угла тангажа, движением рукоятки управления двигателем для уменьшения тяги, включением тумблера, управляющего выпуском воздушных тормозов. Примерами операций у летчика могут служить: количество фиксаций взгляда на приборах, отработанные движения органами управления, автоматизированные навыки включения тумблеров и т. п.

Схематично деятельность летчика можно описать следующим образом. Цель деятельности летчика состоит в том, чтобы перевести объект управления — летательный аппарат (ЛА) из одного состояния в другое или удержать его в заданном состоянии, преодолевая внешние возмущения. На основе имеющейся информации летчик формирует образ задаваемого (будущего) состояния ЛА: образ — цель, которая должна быть достигнута в результате деятельности. Воспринимая сигналы, поступающие от системы отображения информации и окружающей среды, летчик оценивает текущее состояние ЛА, сличает его с образом-целью, анализирует возможные способы действий, принимает решение и выполняет управляющие действия.

Сигналы, возникающие в результате этих действий, передаются через технические устройства в ЛА, изменяя его состояние. Сигналы об изменившемся состоянии ЛА поступают к летчику, который оценивает, насколько достигнута поставленная цель. В зависимости от результата оценки летчик либо прекращает данное управляющее воздействие, либо выполняет новое (в последнем случае цикл управления повторяется).

В приведенной схеме летчик рассматривается в качестве особого звена системы «летчик — самолет», направляющего ее на достижение заданного результата. Универсальным психофизиологическим механизмом, с помощью которого организуются психические процессы восприятия и переработки информации, принятия решения в процессе управления ЛА, является так называемый образ (концептуальная модель) полета. Образ полета — это форми-

руемое у летчика в полете на основе чувственного восприятия, знаний и прошлого опыта представление о положении самолета и режиме полета.

При выполнении конкретных действий в образе полета на первый план выступает один из трех его компонентов: образ пространственного положения, «образ приборов» и чувство самолета.

Образ пространственного положения регулирует пространственную ориентировку летчика: представление о положении и движении самолета относительно земли.

В визуальном полете ориентировка осуществляется, естественно, благодаря непосредственному восприятию окружающего пространства. Для оценки положения самолета летчику не нужно затрачивать специальных усилий, т. е. ориентировка осуществляется, как правило, без контроля сознания.

В полете по приборам пространственная ориентировка требует интенсивной умственной работы. Так как летчик не видит непосредственно своего пространственного положения и перемещения относительно земной поверхности, то он должен (чтобы действовать сознательно, а не вслепую) мысленно представлять пространственное положение самолета, т. е. на основе показаний приборов формировать образ пространственного положения. В изменении способа определения положения самолета в пространстве, а именно в переходе от ориентировки непосредственной к опосредованной, на основе показаний приборов, и состоит основное, принципиальное отличие полета по приборам от визуального.

Как известно, для человека фундаментальным ориентиром является направление силы земного притяжения. Отсюда большинство случаев нарушения пространственной ориентировки возникает оттого, что направление результирующей перегрузки (при искривлении траектории полета) принимается за направление силы земного тяготения. Реально это означает, что даже в перевернутом полете летчик не чувствует себя повисшим вниз головой, не смотря на то что он в этом положении видит землю над собой.

Таким образом, в конкретном применении к системе «летчик — самолет» ориентировка в пространстве включает умственное преобразование комплекса противоречащих друг другу сигналов. Это означает, что ориентировка в пространстве требует активной направленности сознания на постоянную умственную оценку воспринимаемого потока информации.

В условиях полета ощущения нередко противоречат интеллектуальной оценке, поэтому и появляются затруднения в создании образа пространственного положения. Возникающие в полете ускорения действуют на анализаторы человека как сила тяжести, но при этом они не являются постоянными ни по направлению, ни по величине, и это нарушает естественную схему ориентирования. Возникает противоречие между визуальными и interoцептивными сигналами, между восприятием и мышлением, внутренним ощущением и умственной оценкой положения тела летчика (самолета) в пространстве. Объективное положение самолета в простран-

ве, определяемое на основе зрительных сигналов, не соответствует субъективным ощущениям. Если это несоответствие осознается, летчик усиливает волю старается подавить ложные ощущения. Если нет правильной умственной оценки пространственного положения, то, подчиняясь ощущениям, летчик может совершить грубую ошибку в управлении и нарушить безопасность полета.

Итак, формирование образа пространственного положения протекает осознанно, причем летчик использует весь свой опыт. Основной компонент образа полета — образ пространственного положения — должен постоянно поддерживаться, видоизменяться соответственно поступающей приборной информации, противостоять разрушительному влиянию неинструментальных сигналов.

Следующий компонент образа полета — «образ приборов» — это представление о режиме полета, формируемое на основе сопоставления заданных и фактических показаний приборов, которое летчик постоянно поддерживает в сознании, фиксируя взглядом положение стрелок, индексов и других сигналов на приборной доске. Преобладание «образа приборов» на каком-либо этапе пилотирования приводит к автоматичности выполнения управляющих действий, которая может наблюдаться, например, в длительном и спокойно протекающем полете по маршруту. В других случаях «образ приборов» выступает на первый план при необходимости срочно вывести самолет из сложного (непонятного) положения в горизонтальный полет, при этом автоматичность исполнения может подчас стать причиной ошибки из-за отсутствия осознаваемого образа пространственного положения.

«Образ приборов» лаконичен, в нем доминирует не осмысливание существа происходящих изменений, а значение самих сигналов, непосредственное восприятие которых обеспечивает быстроту и точность двигательных реакций, но снижает потенциальную надежность действий летчика.

Специфическим содержанием обладает третий компонент образа полета — чувство самолета. Его формирование связано с поступлением неинструментальных сигналов: ускорений, усилий на органах управления, шумов и пр.

Неинструментальные сигналы играют сложную, противоречивую роль. Во-первых, многие из них относятся к так называемым отрицательным факторам полета, выступают как неприятные, иногда вредные для организма физические воздействия. Во-вторых, они могут неправильно интерпретироваться летчиком и служить причиной его ошибочных решений. В-третьих, они очень важны для ощущения летчиком своей слитности с самолетом и помогают упреждать изменения положения самолета, обеспечивают наиболее экономный способ построения управляющих движений.

Использование летчиком неинструментальных, невизуальных сигналов для пилотирования подтверждается экспериментальными данными. Согласно исследованиям [8] подавляющее большинство движений связано с поступлением зрительных сигналов, однако в

13% случаев движения явились результатом тактильных или иных ощущений летчика. В экспериментах, проведенных В. В. Давыдовым и А. Б. Васильевым, установлено, что 23% управляющих движений летчика в горизонтальном полете выполняется без зрительного контроля и 20% — с частичным зрительным контролем [9]. Характерно, что при полетах на статическом пилотажном тренажере (т. е. при отсутствии акселерационных воздействий на летчика) число движений, выполняемых при частичном зрительном контроле, составило 12%, без зрительного контроля — всего 1%.

Летчики с большим опытом полетов по приборам не только не отрицают возможность использования неинструментальных сигналов, но и подчеркивают необходимость воспитания способности управлять на их основе. Развитое чувство самолета позволяет ощущать малейшие движения самолета. Это способность летчика к восприятию и правильному выбору всех важных для управления полетом сенсорных раздражителей и к своевременному реагированию на них движениями органов управления.

В процессе пилотирования на летчика воздействуют линейные и угловые ускорения по трем осям связанной системы координат самолета*. При увеличении скорости возникают только линейные ускорения n_x по продольной оси самолета X , при искривлении траектории полета в вертикальной плоскости — линейное ускорение n_y по нормальной оси Y и угловое ускорение n_z вокруг поперечной оси Z . Искривление траектории в горизонтальной плоскости связано с появлением угловых ускорений ω_x и ω_y , а также линейного ускорения по поперечной оси ω_z . Воздействие линейных и угловых ускорений воспринимается вестибулярным анализатором. Авиационными специалистами было установлено, что акселерационные ощущения полезны для повышения точности пилотирования.

Если угловые ускорения или градиент их нарастания ниже пороговых (при длительностях воздействия порядка 0,5—1 с, 1,1—2 с, 2,1—3 с), порог равняется соответственно 2,4 град/с², 1,6 град/с² и 1,2 град/с² [10], то могут произойти значительные изменения положения самолета, которые не будут восприняты летчиком из-за отсутствия акселерационных ощущений (если он по каким-либо причинам отвлекся от контроля за показаниями приборов).

Важную роль играют ощущения летчиком положения и движений собственного тела, усилий и амплитуды при перемещении штурвала управления, обеспечиваемые мышечным чувством. В целом чувство самолета, безусловно, не дает точного представления об изменении параметров полета, но оно призвано обеспечить направленность сознания на контроль тех параметров полета, которые нуждаются в первоочередном обслуживании.

Итак, образ полета — динамическая, изменчивая структура. Его содержание зависит от условий полета, решаемой задачи, состоя-

* Под связанной системой координат самолета понимается прямоугольная система координат, образованная продольной (X), нормальной (Y) и поперечной (Z) осями, жестко связанными с ним.

ния летчика, объема его знаний, памяти, летного опыта. Важно подчеркнуть роль образа как регулятора действий летчика в полете. Управляющие действия летчика регулируются образом полета, который в свою очередь все время корректируется, уточняется на основе восприятия приборной и инструментальной информации. Чем точнее и полнее образ полета, тем увереннее действия летчика.

Процесс пилотирования включает восприятие информации из окружающей среды, от приборов и сигнализаторов, формирование образа полета и исполнение действий, направленных на сохранение или изменение режима полета.

Внешне процесс пилотирования характеризуется показателями сбора информации (данными о перемещении и длительности фиксации взгляда), двигательной активности (число, амплитуда и скорость движений), а также качеством выдерживания параметров полета.

Когда земная поверхность не видна (полет ночью или в облаках), летчик обращается к пилотажно-навигационным приборам от 50 до 200 раз в минуту, фиксируя взгляд на каждом приборе в течение 0,3—0,9 с. Кроме того, он периодически воспринимает показания других приборов и сигнализаторов, зрительно контролирует манипуляции органами управления бортовыми системами. Даже кратковременное лишение возможности получать зрительную информацию от приборов приводит к потере представления о пространственном положении. При отсутствии визуальных сигналов летчик не в состоянии определить, что пространственное положение самолета изменилось. Таким образом, роль зрительных сигналов в полете по приборам является решающей для выдерживания заданного режима полета.

Пилотажная информация поступает от следующих основных приборов: авиагоризонта, вариометра, указателей высоты, скорости, курса. Установлено, что параметры движения самолета, которые измеряют перечисленные выше приборы, изменяются с различной скоростью: быстро изменяются крен, вертикальная скорость и тангаж; во много раз медленнее изменяются курс и высота полета. В связи с этим в процессе пилотирования приборы используются также по-разному. Вариометр и авиагоризонт используются чаще и служат для организации управляющих воздействий и их корректировки. Это — основные приборы выдерживания режима — приборы управления. Другие приборы служат преимущественно для контроля и используются с меньшей периодичностью.

В зависимости от использования летчиком показаний приборов для контроля или управления информация делится на контрольную и управляющую. Взаимодействие летчика с этими видами информации различно. Контрольную информацию летчик воспринимает и оценивает за время одной короткой фиксации взгляда. Перерывы восприятия такой информации составляют в среднем 5 с, но иногда достигают 20 с и более.

Если летчик оценил информацию как отклонение от заданного режима, он начинает движение по управлению. Для корректировки движения он обращается к приборам управления, которые фиксирует взглядом каждые 1—2 с. Маршруты перемещения взгляда по приборам определяются содержанием информации, значимостью сигналов для данного режима управления. Частота фиксации взгляда зависит и от степени устойчивости самолета: чем меньше устойчивость, тем чаще фиксации взгляда. Повышение требований к точности выдерживания параметров полета обязательно влечет интенсификацию сбора информации: так, на посадке частота фиксаций взгляда на пилотажных приборах может увеличиваться до 3—4 в секунду.

Различие режимов пилотирования, многообразие воздействий внешней среды, изменение в течение одного полета характеристик устойчивости и управляемости самолета — все это не позволяет использовать заученную схему перемещения взгляда по приборам, эффективную для любых (или, точнее, для большинства) условий полета. Так, на сравнительно коротком этапе полета — заходе на посадку — летчик неоднократно перестраивает способ сбора информации в зависимости от потребностей управления. Материалы, характеризующие длительность контроля основных пилотажных приборов на двух участках захода на посадку (табл. 1.1), показывают, что летчик, используя различные приемы сбора информации, может перестраивать способы контроля параметров полета в зависимости от задачи управления.

Таблица 1.1

Показатели визуального контроля приборов в зависимости от задачи управления

Участок полета	Показатель контроля	Авиагоризонт	Вариометр	Указатель курса	Высотомер	Прочие приборы
Вывод из расчетного разворота	Суммарное время, % от общего времени полета	49	15	30	4	2
	Среднее время одной фиксации, с	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6
Снижение с высоты 1000 до 400 м	Суммарное время, % от общего времени полета	14	30	27	12	17
	Среднее время одной фиксации, с	0,5	0,9	0,9	0,6	0,6

Как видно из табл. 1.1, если на первом участке полета преимущественное внимание уделяется параметрам управления в боковом канале (крен, курс), то на втором произошло перераспределение контроля приборов в пользу высотных параметров (вариометр,

высотомер). При этом на втором участке летчик тщательно продолжал контролировать указатель курса, уделяя сравнительно мало времени контролю авиагоризонта.

Восприятие приборной информации происходит в интересах построения управляющих движений. Структура управляющих движений (их число, амплитуда, скорость, направление, состав) при выполнении одной и той же частной задачи пилотирования очень разнообразна. Изменчивость двигательных актов характерна не только для разных летчиков, но и для одного и того же летчика в одном полете. Это разнообразие приемов — показатель того, что у летчика не строго автоматизированный двигательный навык, а формируется умение, для которого характерно варьирование движений в зависимости от условий. Движения летчика требуют непрерывной корректировки и, следовательно, восприятия и переработки управляющих сигналов; при этом ведущими являются зрительные сигналы — показания пилотажных приборов. Устранение любого отклонения требует активного внимания летчика. В случае появления отклонений одновременно по двум основным каналам управления (боковому и продольному) задача управления значительно усложняется. На трудность одновременного и одинаково эффективного управления сразу по двум основным каналам указывают факты типичных аварийных ситуаций на посадочной прямой, когда летчик, занятый исправлением отклонений от курса посадки, упускает контроль высоты полета и допускает опасное снижение.

Возникает вопрос: как строятся управляющие воздействия при наличии отклонений сразу по двум каналам управления? Прекращает ли летчик, например, управление по каналу крена, когда он воспринимает информацию от вариометра? Как показали исследования, не прекращает. Установлено, что управляющие воздействия под контролем зрения сменяются управляющими воздействиями без зрительного контроля соответствующего прибора. Благодаря этому зрение высвобождается для восприятия информации по второму каналу управления.

Оказывается, только 50—80% общего времени выполнения движений элеронами и рулем высоты при выполнении захода на посадку летчик смотрит на указанные выше пилотажные приборы. Это объясняется тем, что, зная динамические характеристики самолета, летчик способен предвидеть результаты своих управляющих движений.

Способность предвидеть предстоящие эволюции самолета и прогнозировать необходимые действия обеспечивается благодаря наличию у летчика образа полета. На основе образа полета опытный летчик может, в частности, точнее прогнозировать показания приборов, которые предстоит считать. Вот почему, обращаясь к прибору, опытный летчик не воспринимает его показания как совершенно новые, а лишь убеждается, что они соответствуют его представлению о режиме полета. Не случайно время считывания пока-

заний приборов у более опытного летчика в 1,5—2 раза меньше, чем у менее опытного.

В целом знание основных закономерностей трудовой деятельности летчика, ее психологического содержания является необходимым условием для выбора путей и способов обеспечения его надежности. Именно с позиций психологического учения о деятельности возможно выявление истинных причин недостатков взаимодействия и нарушений безопасности в системах «человек — авиационный комплекс — среда».

1.3. Роль личного и человеческого факторов в аварийности

Причины летных происшествий в подавляющем большинстве случаев связывают с ошибкой летчика, а также с плохим руководством и управлением полетами. Как правило, личностные (физические, психические и профессиональные) качества членов летных экипажей и лиц группы руководства полетами, объединяемые понятием «личный фактор», и считаются той главной причиной, которая в конце концов приводит к летному происшествию. На протяжении 60 лет, как показывает статистика, относительная доля летных происшествий по причине личного фактора составляет от 50 до 90% всех летных происшествий. Существует мнение, что по мере повышения надежности технических систем значение личного фактора увеличивается, поэтому снижение количества летных происшествий в будущем должно достигаться в основном путем устранения недостатков, несовершенств человека [23].

Содержание понятия «личный фактор» претерпело определенную эволюцию. Специалисты в области авиационной медицины и психологии под личным фактором понимают те отклонения в нервно-психической сфере летчика, которые могут быть конкретными причинами происшествий [16, 21]. Наиболее полную трактовку понятию «личный фактор» дал отечественный авиационный психолог С. Г. Геллерштейн [7]. По его определению, личный фактор — совокупность всех врожденных и приобретенных физических и психических свойств личности, которые могут быть поставлены в связь с причинами возникновения, характером течения и исходом летного происшествия.

Итак, понятие «личный фактор» охватывает летные способности, индивидуальные физические и психофизиологические особенности, эмоционально-волевые качества, состояние здоровья, физическую выносливость, психическую устойчивость, уровень профессиональной и морально-психологической подготовленности к полетам, дисциплинированность.

При установлении причин летных происшествий в рубрику «личный фактор» стали относить все ошибки летчика, возникающие в результате заболеваний, функциональных нарушений организма под влиянием факторов полета, нарушений в методике обучения, недостатков в технике пилотирования, недисциплинированности. Постепенно понятие «личный фактор» стало отождествлять-

ся с понятием «ошибка летчика». Ограниченность концепции личного фактора при анализе ошибок летчика состоит в ее односторонности, учете только личных качеств человека в отрыве от особенностей авиационной техники, комплекса условий и факторов, влияющих на летчика в процессе его профессиональной деятельности.

Не случайно в авиационной практике систематически наблюдается комплекс ошибок, которые проявляются у здоровых, работоспособных, эмоционально устойчивых и хорошо подготовленных людей. Наиболее распространенным видом ошибок такого класса являются так называемые «провоцируемые» ошибки, вызываемые самими условиями и средствами летной деятельности. Известно, что человек при определенных условиях всегда испытывает затруднения, а порой допускает ошибки. И в авиации есть условия, провоцирующие ошибки подготовленного летчика. К таким условиям можно отнести:

- восприятие сигналов в условиях, близких к физиологическим пределам анализаторных систем;
- поступление неопределенной, ложной информации;
- принятие решений в условиях жесткого лимита времени;
- физиолого-гигиенический дискомфорт условий летного труда;
- антропометрическое несоответствие рабочих мест экипажа размерам тела человека;
- недостатки оформления лицевых частей авиационных приборов, затрудняющие восприятие и оценку информации о параметрах полета, и др.

Перечисленные условия приводят к закономерным ошибкам, детерминированным ограничениями, которые характерны для всех летчиков при наличии объективных затруднений, обусловленных несоответствием процессов и средств деятельности психофизиологическим возможностям человека. Совокупность психофизиологических возможностей и ограничений человека, характерных для летного контингента в целом, неучет которых в конструкции авиационной техники, условиях и организации летной деятельности может приводить к ошибочным действиям, объединяет понятие «человеческий фактор».

Разграничение понятий личного и человеческого факторов имеет глубокий смысл. Если в понятии «личный фактор» подчеркиваются индивидуальные, преимущественно отрицательные характеристики конкретной личности летчика, которые мешают ей успешно управлять самолетом, то понятие «человеческий фактор» включает идею зависимости характеристик деятельности от особенностей используемого оборудования и условий труда. Концепция человеческого фактора дает возможность найти причину, дифференцирующую личную вину летчика от ошибки, опосредованной объективными обстоятельствами, в частности техническим несовершенством оборудования.

В авиации ошибочные действия летчика обычно определяются как неправильные или несвоевременные действия по управлению

самолетом (или его оборудованием). Среди них выделяют две основные группы: ошибки случайные и закономерные.

Случайные ошибки, составляющие только 1—2% общего количества ошибок летчика, носят очень неустойчивый, временный характер. Наблюдаются они при выполнении как сложных, так и простых отработанных действий. Установить их причины крайне трудно. Иногда случайные ошибки происходят вследствие ослабления внимания, снижения чувствительности органов чувств в зависимости от времени суток, летной смены и т. п.

Закономерные ошибки можно не только выявить, но и предвидеть. Они, как правило, обусловлены следующими причинами:

- недостаточной профессиональной подготовкой (неустойчивостью навыка, недоученностью, утратой навыка после длительного перерыва в полетах, отрицательным переносом навыка и др.);

- измененным состоянием человека (болезнью, утомлением, эмоциональной напряженностью, предстартовой лихорадкой, снижением работоспособности из-за воздействия на организм факторов полета и т. д.);

- индивидуальными психофизиологическими качествами летчика (недостатками внимания, памяти и др.);

- личностными особенностями человека (недисциплинированностью, халатностью, небрежностью, переоценкой своих возможностей и т. д.);

- несоответствием оборудования, рабочего места экипажа характеристикам человека, задачам его деятельности;

- недостатками в организации управления полетами.

Каждый из перечисленных факторов может способствовать появлению ошибок в технике пилотирования, самолетовождении, боевом применении и эксплуатации авиационной техники.

Из приведенных ранее определений следует, что категория ошибки включена в систему деятельности человека, нацеленной на достижение заданного результата. Неосуществление цели, недостижение системой запрограммированного результата порождаются причинной зависимостью, выявление которой и определит суть ошибки.

К сожалению, и сегодня ошибки часто рассматривают как результат нарушения выполнения отдельных операций (например, при работе с органами управления). При этом упускается из виду, что деятельность — это не отдельная реакция и не совокупность реакций человека на информацию, получаемую при помощи органов чувств. Человеческая деятельность обязательно имеет мотивы и включает действия, которые определяются конкретной целью, и операции, являющиеся элементами выполнения действий. Ошибка может возникнуть на любых уровнях структуры деятельности.

На первом уровне — в процессе деятельности — ошибка возникает в результате изменения или искажения мотива, потребности, направленности деятельности.

На втором уровне — действий — ошибка возникает в результате непонимания, искажения цели, недостаточного развития образа

полета, обедненности, неполноценности оперативных образов, регулирующих действия.

На третьем уровне — операций — ошибка, проявляющаяся в невыполнении или в подмене операций, возникает в результате недостаточной автоматизации, интерференции навыков. Во многих случаях подобные ошибки относятся к третьему уровню только по внешнему проявлению, а по содержанию и причине — к выше лежащим уровням.

Следует сказать, что системный подход к деятельности присущ лишь последнему этапу психологических исследований в авиации. До недавнего времени движения, например, представлялись как элементарные операции, в осуществлении которых участвует навык (автоматизм), понятие «образ полета» отсутствовало, т. е. места для психической регуляции не отводилось. В связи с этим ошибки трактовались механически, а главной причиной их считалась недоученность. Вся деятельность летчика сводилась к схеме «стимул — реакция».

Использование системного подхода предполагает опору на учение о целостной деятельности человека, при этом прежде всего учитывается связь ошибки с целью действия, с мотивом деятельности, признается недостаточным анализ ошибки только на уровне операций, рассматривается возможность происхождения ошибки вследствие искажения мотива и образа-цели. Системный подход позволяет вскрыть глубокие внутренние причины ошибок.

Рассмотрим пример системного анализа распространенной ошибки — «невыпуск шасси». Обычно эта ошибка связывается с недоученностью, с недостаточным закреплением навыка. Но при анализе всей совокупности факторов, включающей личность летчика, его настроение, воздушную обстановку, можно установить, что причина может быть не в слабости навыка, а, например, в изменении цели.

Так, в одном из полетов летчик взлетел с подвесными баками, но вскоре получил указание вернуться на аэродром в связи с ухудшением погоды. Он поставил себе цель один раз пройти над стартом на форсаже, не выпуская шасси, чтобы уменьшить остаток топлива, однако при подлете получил дополнительное указание сбросить баки и немедленно садиться. На выравнивании летчик внезапно услышал команду «На второй круг», так как садился с невыпущенным шасси. Пример показывает, что изменение цели — немедленная посадка вместо ранее намеченного пролета — и стало источником ошибки.

Другой летчик, выполняя полет по кругу, перед третьим разворотом приготовился выпустить шасси. В этот момент руководитель полета запросил сведения об остатке топлива. Летчик ответил: «Все в норме, шасси выпустил, три зеленые горят...» — и попытался выполнить посадку с убранными шасси. Психологическая суть данной ошибки состоит в следующем. Деятельность летчика в полете можно представить как непрерывную цепь выполняемых друг за другом действий: по окончании одного действия автома-

тически начинается следующее. Если по какой-либо причине одно из действий пропущено из-за отвлечения внимания на другое, непредусмотренное, то высока вероятность того, что это действие так и не будет выполнено. В рассматриваемом случае летчик как бы «заменял» действие по выпуску шасси разговором с руководителем полетов и, продолжая заход на посадку, выполнял последующие действия с привычным динамическим стереотипом.

В летной практике известны также случаи, когда летчики забывали выпустить шасси, концентрируя внимание на устранении отклонений от посадочной траектории. Профилактические мероприятия по предупреждению одной и той же ошибки — невыпуска шасси — в рассмотренных примерах, естественно, должны быть разными. В первом случае можно ограничиться разъяснением психологической сущности ошибки. Во втором разъяснение следует дополнить тренировками (вводить в процессе полетов на тренажере отвлекающие моменты), обратить внимание руководителя полетов на необходимость дополнительного контроля за выпуском шасси. В третьем — важно тренировать навыки распределения внимания при выполнении совмещенных действий.

Системный подход необходим при разборе двигательных ошибок типа перепутывания кнопок, тумблеров, которые из года в год повторяются, хотя тренаж направлен на отработку двигательного автоматизма. Обычно исследователи лишь устанавливают факт ошибки и расценивают ее как результат невнимательности или необученности. Следует расценивать эти ошибки не как причину аварий, а как системный признак, характеризующий взаимодействие человека с техникой.

Рассмотрим внутренние причины двигательных ошибок. Основной причиной мы считаем нарушение регуляции за счет ослабления роли чувствования, которому принадлежит главное место в регуляции движений [5, 15]. Большинство типовых ошибок летчика происходит в момент выполнения так называемых автоматизированных действий, т. е. в условиях, когда манипуляция органами управления производится без зрительного контроля и достаточного внимания.

Специфическая особенность профессиональных движений летчика при работе со многими тумблерами, переключателями состоит в том, что они протекают как совмещенные действия. Процесс формирования прочных навыков, необходимых для совмещения действий, представляет собой переход от контроля сознания за управляющими действиями при их выполнении к опоре на мышечные ощущения. Действия по выключению или включению тумблера структурно разобщены с основным действием пилотирования, например с выдерживанием самолета на пробеге и т. п., поэтому они могут не быть объектом целенаправленного внимания.

Кроме того, информация о выполненном движении поступает по тактильному и мышечному каналам. Если человеку предлагаются сходные по форме и способам манипулирования, а также расположенные рядом органы управления, то происходит не случай-

ная, а «провоцируется» закономерная ошибка, потому что она физиологична. Перед выполнением исполнительного движения возбуждается система корковых клеток в ожидании подкреплений в виде обратных нервных импульсов от выполненного движения. Хотя движение выполнено неправильно, но обратный импульс не сигнализирует об ошибке, и поэтому она не осознается, так как поступил сигнал, подтверждающий выполненное движение, а сознательный контроль направлен на другие действия.

Таким образом, автоматизированное движение может быть реализовано в виде не только правильного, но и ошибочного действия, если имеются условия, провоцирующие ошибку. Условия легкой деятельности неблагоприятны с этой точки зрения, поскольку они, как правило, предполагают дефицит времени, обязательное совмещение действий на фоне концентрации внимания на определенном действии, антропометрический дискомфорт, снижение тактильной и проприоцептивной чувствительности при работе в снаряжении и перчатках.

Вывод: даже простые двигательные ошибки при работе с органами управления далеко не всегда можно отнести за счет недостаточного развития навыков, т. е. за счет недоученности летчика. Их причина может быть не в личном факторе, а в человеческом, т. е. они определяются системным качеством и должны предотвращаться путем оптимизации системы «летчик — самолет», взаимодействия человека с оборудованием кабины.

Системный подход к рассмотрению ошибки как интегрального показателя взаимодействия человека с техникой позволил вскрыть совершенно новый класс ошибок: так называемые ошибки, овеществленные в технике (т. е. связанные с человеческим фактором), из-за незнания (неучета) психических особенностей человека. Они обладают именно системным качеством, так как фактически не принадлежат отдельно ни человеку, ни самолету, а проявляются при взаимодействии двух основных подсистем.

Отсутствие системного подхода привело к тому, что ошибки, которые закладывались в технику (причина — в технике), впоследствии (по их проявлению) сводились к ошибке в деятельности, а следовательно, к ошибке по вине человека, по причине личного фактора. В результате использования принципов системного подхода намечился и второй путь в профилактике ошибок летчика: учет человеческого фактора в процессе проектирования самолета и его оборудования.

В заключение подчеркнем, что происхождение ошибки имеет не один источник. Каждая конкретная ошибка вызывается множеством причин. Если при этом можно выделить основную причину и установить связь причин, ошибка классифицируется как закономерная. Если ошибка вызывается неблагоприятным стечением многих обстоятельств, связь между которыми далеко не обязательна, ошибка считается случайной. С закономерными ошибками можно и должно бороться, но для этого надо выявить их причину, а

не списывать за счет вины летчика. Возникновение случайной ошибки меньше поддается регуляции, но этот вид ошибок встречается значительно реже и существенно меньше сказывается на безопасности полетов.

Случайные ошибки, как правило, — это ошибки, происходящие на уровне операций, когда подготовленный, здоровый летчик при кратковременном снижении бдительности в результате колебания внимания перепутывает орган управления, пропускает значимый сигнал. При конкретном анализе ошибочных действий следует руководствоваться правилом: если ошибку невозможно предсказать и после ее появления трудно установить причину, ее можно (условно) отнести к категории случайной.

Вышеизложенное показывает сложность такого обыденного на первый взгляд явления, как ошибка летчика. Причина ошибки обладает системным качеством и не может быть выявлена вне анализа системы и основных связей между ее элементами.

Системный анализ ошибок летчика позволяет получить важные для практики **в ы в о д ы**:

— ошибки чаще всего закономерны, и, следовательно, можно найти путь к их устранению;

— ошибки не связаны исключительно с личным фактором, т. е. не всегда происходят по вине летчика, поэтому мероприятия, направленные только на усиление воспитания, подготовки и медицинского контроля, недостаточны;

— многие ошибки связаны с человеческим фактором, т. е. с недостатками взаимодействия летчика с техникой.

Отсюда вытекает необходимость конкретного анализа всех моментов этого взаимодействия в целях выработки рекомендаций по направленной подготовке летного состава; а также по инженерно-психологическому совершенствованию оборудования ЛА и его систем.

1.4. Характеристика ошибочных действий летного состава при выполнении захода на посадку

Анализ причин происшествий в нашей стране и за рубежом показывает, что в гражданской авиации примерно половина из общего числа ошибок, связанных с ошибочными действиями летного состава, происходит на этапах захода на посадку и посадку [18].

Причины летных происшествий и предпосылок к ним при выполнении захода на посадку и самой посадки многообразны. В 22% полетов, закончившихся катастрофами, были выявлены неподготовленность пилота к действиям в усложненных условиях захода на посадку, неиспользование маневра ухода на второй круг, в том числе при потере из поля зрения ВПП ниже высоты принятия решения, ошибки при выполнении навигационных процедур [22]. До 7% катастроф происходит вследствие недостаточных навыков пилотирования.

Большая группа причин ошибочных действий летчика на посад-

ке обусловлена условиями визуального наблюдения взлетно-посадочной полосы, возникновением различных видов зрительных искажений (иллюзий) даже при полете в простых метеорологических условиях. При этом наиболее значимыми с позиций безопасности посадки являются ошибки в оценке высоты полета (особенно снижение на недопустимо малую высоту, включая полную ее потерю). Вследствие преждевременных снижений в гражданской авиации имеют место ежегодно не менее 20% летных происшествий, из них примерно 25% происходит на подходе и 75% — на предпосадочной прямой [3]. Надо отметить, что реальные возможности зрительно оценивать высоту над взлетно-посадочной полосой появляются лишь на высотах 60—30 м, причем механизм бинокулярной оценки расстояния вступает в действие лишь на высоте около 10 м.

Большое значение для оценки летчиком высоты над ВПП имеют ее наклон и размеры. Когда полоса имеет подъем от точки касания к ее дальнему концу, летчик чаще всего завышает оценку высоты над полосой и расстояние до точки касания, в результате чего совершает низкий заход с тенденцией к недолету. При приближении к необычно широкой полосе у летчиков отмечается тенденция недооценивать расстояние. В случае узкой и длинной полосы наблюдается противоположная тенденция. Понижение рельефа в районе подхода к ВПП (овраги, склоны, широкие канавы и пр.) способствует возникновению ошибочного восприятия высоты — большей, чем в действительности. Это нередко приводит к чрезмерному снижению самолета и посадке с недолетом.

Существенное влияние на оценку высоты полета оказывает цвет подстилающей поверхности. Получив практику полетов в летний период при резкой контрастности земных покровов, летчики, сталкиваясь с однотонными покровами зимнего периода (снег), иногда ошибаются в оценке высоты — завышают ее и, как следствие, высоко выравнивают самолет. Привыкнув летать на аэродромах с насыщенным зеленым покровом, летчики, подлетая к незнакомому аэродрому с выгоревшей или пожелтевшей травой, допускают недооценку высоты, что приводит к посадке с перелетом. При перелетах с аэродромов, имеющих светлые покровы, на аэродромы с темно-зелеными покровами возможна переоценка высоты, приводящая к посадкам с недолетом. К высокому выравниванию приводит иллюзия ускоренного приближения к земле, возникающая при переходе на более скоростной самолет, при посадке по ветру или на повышенной скорости. Для ее предупреждения важно научить летчиков оценивать скорость не только по «бегу земли», но и по другим признакам — восприятию времени выдерживания, величине и темпу изменения давления на штурвал.

При заходе на посадку в СМУ и ночью в оценке удаления самолета от ВПП и высоты полета летчику помогает светотехническое оборудование аэродрома. Вместе с тем изменения интенсивности освещения посадочных огней могут приводить к ошибочному восприятию им удаления самолета от ВПП, поскольку кажется, что более яркие огни расположены ближе к наблюдателю, а менее

яркие — дальше от него. Так, например, дождь рассеивает свет и создает впечатление, что интенсивность огней меньше. Это может вызвать у летчика ошибочное предположение, что огни ВПП находятся дальше, чем в действительности. Попадание небольшого количества капель воды на лобовое стекло самолета может создать впечатление, что огни ярче и вдвое большего размера. В результате летчик недооценивает удаленность и начинает преждевременное снижение на ВПП.

Ясной ночью может казаться, что огни на ВПП расположены ближе, чем на самом деле, особенно когда в окружающем районе нет огней. Так, при заходе на посадку в темную ночь над водной поверхностью в направлении ярко освещенного города летчики нередко ошибочно оценивают высоту самолета над ВПП и выполняют заход на посадку ниже заданной глиссады планирования. В таких условиях имеют место аварийные посадки со значительным недолетом до ВПП [19].

Ошибки в определении высоты часто отмечаются и при подлете к одиночному источнику света: при положительном угле тангажа (когда нос самолета направлен кверху) летчики обычно переоценивают высоту, а при отрицательном — недооценивают.

В условиях ночного полета отсутствуют такие ориентиры, как тени, цвет, отдельные детали объектов. Эту потерю должны компенсировать огни, но они не дают достаточной видимости ориентиров. Отсутствие видимых ночью вертикальных ориентиров во многом затрудняет определение высоты полета самолета. Это приводит к преждевременному или слишком быстрому снижению.

Способствует ошибкам летчиков при заходе на посадку ночью и наличие поверхностного тумана над ВПП. В этих условиях все освещение ВПП летчик хорошо наблюдает со значительного расстояния. При снижении видимость наземных ориентиров быстро ухудшается, становится намного меньше видимости цепочки посадочных огней. Это может вызвать иллюзию поднятого носа самолета и спровоцировать летчика сделать ошибочные движения: отдать штурвал «от себя», что приводит к увеличению вертикальной скорости снижения и, следовательно, к повышению вероятности столкновения с землей.

В условиях плохой видимости (туман, снег) рассеянный свет от самолетной фары приводит к появлению «светового экрана» и впечатлению чрезмерной близости земли, что может вызвать грубую ошибку летчика — резкое взятие штурвала «на себя» и потерю скорости. По мнению летчиков, весьма трудным элементом выполнения посадки в условиях тумана является определение момента начала выравнивания. Именно в этих условиях часто наблюдается раннее или позднее выравнивание.

В целом выполнение захода на посадку в сложных метеорологических условиях представляет наибольшую сложность для летчиков. Характерная особенность обстоятельств летных происшествий в этих условиях состоит в том, что в значительном числе случаев они происходят на заключительном этапе захода, после того

как летчики, пилотируя по приборам, устанавливали контакт с огнями подхода или ВПП и пытались перейти на визуальное пилотирование. Дело в том, что для этого этапа захода на посадку характерна попеременная смена опосредованной ориентировки (по приборам) на визуальную. Подобные условия для функционирования анализаторных систем и сложных психических процессов могут провоцировать задержки с принятием решения на посадку или уход на второй круг, ошибки в технике пилотирования и даже частичную потерю пространственной ориентировки.

1.5. Методические рекомендации по изучению ошибочных действий летного состава

Основной смысл изучения ошибок летного состава должен состоять в поиске их главных причин для проведения целенаправленных и эффективных профилактических мероприятий. Процесс изучения ошибочных действий складывается из нескольких этапов.

Первый этап предшествует непосредственному изучению ошибочных действий летного состава. Он заключается в их выявлении, осуществляемом на основании личных наблюдений, записей, сделанных руководителем полетов в журнале, бесед с командирами, другими членами экипажей, данных средств объективного контроля качества выполнения полетного задания, участия в разборе полетов.

Ошибки внешне проявляются в изменении положения самолета в пространстве, в невыполнении или выполнении с нарушениями каких-либо действий по управлению самолетом или его системами. Большое значение при этом имеет анализ записей, сделанных в полете на специальных регистрирующих приборах. По ним можно судить о допущенных отклонениях от заданных значений параметров полета, о величине и направлении перегрузок, о движениях органами управления. Прослушивание магнитофонной ленты, на которой записан радиообмен с экипажами самолетов, позволит точно установить, доложил ли летчик о допущенной ошибке и в какое время, какие ему указывались выходы из создавшегося положения.

Вторым этапом в изучении ошибочных действий является выяснение характера рабочего движения, приведшего к тому или иному отклонению. По своему характеру ошибочные действия могут быть преждевременными (или послешными) либо запаздывающими (или замедленными, произвольными). Одни действия могут выполняться вместо других или совсем отсутствовать. Обязательным условием выявления психофизиологической сущности ошибки летчика является изучение профессиограммы и циклограммы его деятельности на этапе полета, где произошла ошибка.

При изучении структуры действий летчика следует прежде всего выделить те общие и промежуточные цели, достижение которых обеспечивает успех. Далее следует определить состав и взаимосвязь действий, рассмотреть возможные способы их выполнения, а также выяснить требования, которые предъявляются к различ-

ным психологическим функциям человека, и условия деятельности, обеспечивающие успешное выполнение отдельных звеньев и всей целостной структуры деятельности на этапе полета, где произошла ошибка. Это позволит выработать конкретные меры, направленные на совершенствование физических и психических качеств летчика и касающиеся системы обучения, режима труда и отдыха, физической и психологической подготовки.

На третьем этапе выявляются причины ошибочных действий, рассматривается возможность возникновения причин ошибочных действий на уровне процессов восприятия информации, ее переработки и принятия решения. При этом следует учитывать многостороннюю зависимость их от функции внимания, памяти, мышления, прогнозирования и функционального состояния организма. Нужно сопоставить и проанализировать, какие явления и в каких условиях привели к возникновению каждой ошибки, какие факторы лежали в основе неправильных действий или решений летчика, случайно ли возникла ошибка или ее возникновение является результатом определенных недостатков в организации и обеспечении полетов, особенностей авиационной техники, индивидуально-психологических качеств данного летчика и уровня его подготовки.

В необходимых случаях проводится экспериментально-психологическое обследование летчика для выявления отклонений в состоянии его здоровья и индивидуально-психологических особенностей, которые могли способствовать возникновению ошибки. В этих целях целесообразно проводить и психофизиологический анализ действий летчика при выполнении им заданий на комплексном тренажере самолета (вертолета), оборудованном аппаратурой для регистрации основных физиологических функций, двигательных реакций и параметров полета. При этом следует имитировать на тренажере те условия полета, в которых летчик допускал ошибочные действия.

При определении лиц, ошибочные действия которых подлежат анализу, целесообразно использовать статистический метод изучения ошибок. При его проведении вначале рассчитывается групповой показатель количества ошибочных действий на 100 полетов (или 100 ч налета) у летчиков различной квалификации (с учетом типа самолета). Индивидуальный статистический анализ заключается в сравнении показателей частоты ошибочных действий отдельных летчиков с результатами группового анализа.

Увеличение числа ошибок, полученное в результате индивидуального статистического анализа, по сравнению с данными группового анализа является показанием для всестороннего изучения личности летчика.

Профилактические рекомендации в зависимости от причин конкретного случая могут включать мероприятия по проведению специальных тренировок и летного обучения с учетом психофизиологических особенностей летчика, по упорядочению режима труда и отдыха, укреплению физической и психофизиологической выносливости летного состава, по рационализации рабочих мест и т. д.

Глава 2

ПРОФЕССИОГРАММА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕТЧИКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОСАДКИ

2.1. Краткая характеристика инструментальных средств и способов захода на посадку по приборам

Заход на посадку по приборам — трудный и ответственный этап полета. Для него характерны большая загруженность летчика процессом управления, жесткий лимит времени, повышенное нервно-эмоциональное напряжение, вызванное как сложностью структуры сенсомоторных действий, так и осознанием той или иной степени опасности при отклонениях самолета от посадочной траектории.

Для обеспечения захода на посадку созданы различные радиотехнические системы: оборудование слепой посадки (ОСП) с использованием приводных радиостанций и радиоконюаса на борту самолета, радиолокационная система посадки (РСП) с применением наземных локаторов слежения за самолетами и передачей летчику команд по радио и, наконец, наиболее совершенные курсоглиссадные системы посадки.

В системе ОСП с помощью радиоконюаса определяется направление на приводную радиостанцию (ПРС) и на приборе индицируется угол между направлением на ПРС и осью самолета, т. е. направлением полета (без учета угла сноса). Стрелка курсового угла радиостанции (КУР) на приборе непосредственно показывает направление на ПРС. На отклонение оси самолета в какую-либо сторону стрелка сразу же реагирует, отклоняясь в противоположную сторону. Летчик (при отсутствии бокового ветра) должен удерживать стрелку указателя КУР на нуле, что обеспечит точный выход на ПРС.

Пилотирование с использованием ОСП является сложным и, главное, не обеспечивает высокой точности управления. От летчика требуется непрерывно контролировать 5—6 параметров полета. Для переработки информации и принятия решения о способе действия он вынужден выполнять специальные расчеты. Например,

при исправлении только курса посадки летчик должен определить путем сопоставления показаний двух-трех приборов, какой нужно создать крен самолету и какое время его необходимо выдерживать для выхода на заданный курс; оценивать по взаимному расположению стрелок магнитного курса и радиокурса правильность выбранного способа действия; следить за индексом крена и предугадывать момент вывода самолета из крена. При этом необходимо также контролировать положение самолета относительно глиссады снижения и обеспечить согласно показаниям высотомера и вариометра заданный режим снижения. Естественно, что даже интенсивный сбор информации не избавляет летчика от ошибок пилотирования: при попытке исправить отклонения по курсу он нередко упускает контроль показаний других приборов, а иногда теряет представление о режиме полета в целом, что нарушает его безопасность.

Системы типа РСР используются, как правило, в качестве средств контроля за заходящими на посадку самолетами, а также для обеспечения посадки самолетов, не оборудованных инструментальными системами навигации и посадки. В состав РСР входят посадочный и диспетчерский радиолокаторы. Оператор диспетчерского радиолокатора осуществляет контроль и управление самолетами в зонах подхода к аэродрому посадки и в зонах ожидания. С помощью посадочного радиолокатора осуществляется контроль выхода самолета на посадочную прямую и полета по заданной глиссаде снижения. При необходимости оператор посадочного локатора оказывает помощь летчику подачей соответствующих команд по радио.

Наибольшее распространение получили курсоглиссадные системы посадки, которые с высокой точностью обеспечивают летчика текущей информацией о положении самолета относительно линий курса и глиссады и об удалении до начала ВПП.

В этих системах траекторией захода на посадку является линия пересечения плоскостей курса и глиссады снижения, создаваемых курсовыми и глиссадными радиомаяками соответственно. Обычно эти плоскости представляют собой равносигнальные зоны. Отклонения самолета от равносигнальных зон курсового и глиссадного радиомаяков определяются приемными устройствами на борту самолета. В состав наземного оборудования системы инструментальной посадки входит также ретранслятор дальнометра, обеспечивающий летчика информацией об удалении до начала ВПП. Кроме того, для обозначения (маркирования) нескольких, обычно двух-трех, контрольных точек на земле устанавливают маркерные радиомаяки, момент пролета над которыми определяется с помощью маркерного радиоприемника.

Курсоглиссадные системы посадки непрерывно совершенствуются. Они получили широкое распространение для решения задачи автоматизации управления заходом на посадку. Если курсовые маяки позволяют автоматизировать боковое движение самолета до приземления, то использование глиссадных возможно до высоты

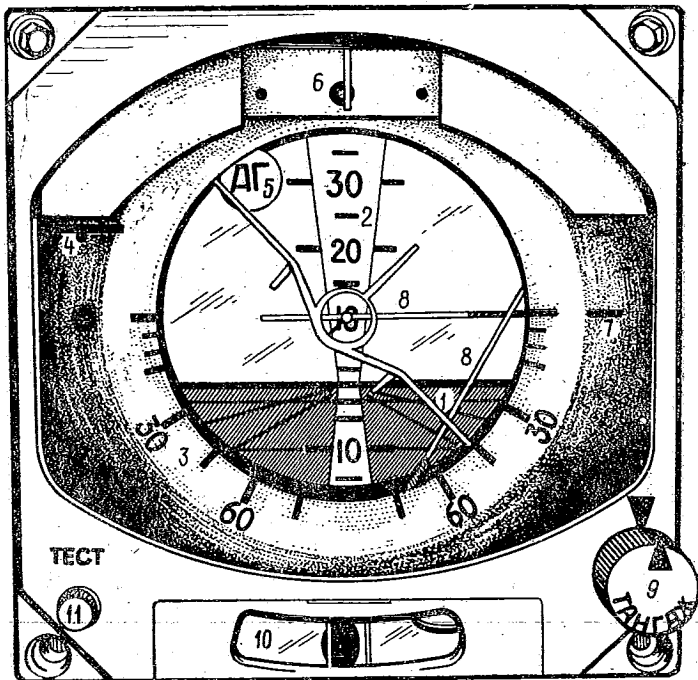


Рис. 2. Лицевая часть командно-пилотажного прибора (ИКП-81):

1 — силуэт самолета; 2 — шкала тангажа; 3 — шкала крена; 4 — шкала и индекс отклонения от глиссады; 5 — флажок отказа авиагоризонта; 6 — шкала и индекс отклонения от курсовой зоны; 7 — шкала и индекс отклонения от заданной скорости; 8 — директорные стрелки; 9 — кремальера установки начальных углов тангажа; 10 — указатель отклонения; 11 — кнопка тест-контроля

15 м. Дальнейшее построение траектории продольного движения самолета осуществляется с помощью радиовысотомеров.

Способ захода на посадку, когда летчик выполняет задачу управления, используя информацию об отклонениях самолета от линий курса и глиссады, называют позиционным. Пилотирование в этом режиме управления достаточно сложное, что связано с необходимостью переработки большого объема поступающей информации (от планок положения, авиагоризонта, вариометра, курсовой системы). Дело в том, что планки положения на командно-пилотажном приборе — КПП (ИКП, рис. 2) и навигационно-плановом приборе — НПП (рис. 3) изменяют величину своего отклонения только при изменении места самолета относительно равносигнальных зон. Это исключает возможность обнаружения тенденции к уклонению самолета от посадочной траектории и прогнозирования его движения: в боковом канале — без использования информации от курсовой системы и радиоконпаса, в продольном — без информации о вертикальной скорости и угле тангажа. Указан-

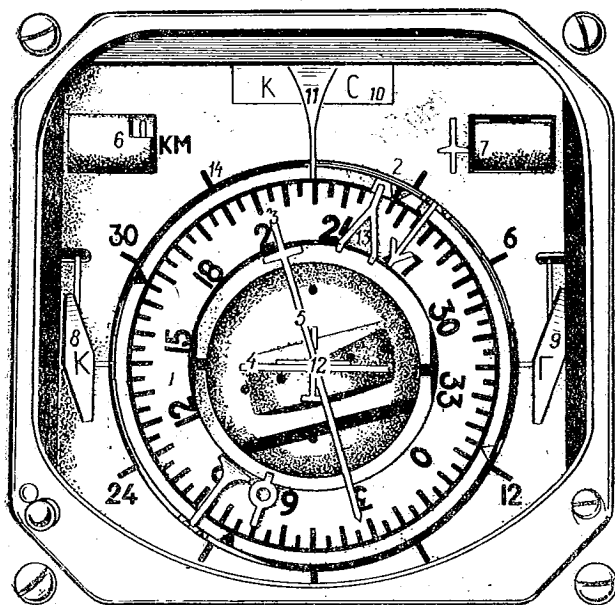


Рис. 3. Лицевая часть навигационно-планового прибора (НПП-72-2):

1 — шкала текущего курса; 2 — индекс заданного курса; 3 — стрелка заданного путевого угла; 4 — стрелка отклонения от равносигнальной зоны глассадного радиомаяка; 5 — стрелка отклонения от заданной линии пути или равносигнальной зоны курсового радиомаяка; 6 — счетчик дальности; 7 — счетчик заданного путевого угла или заданного азимута; 8 — флажок бленкера отказа курсового радиоприемника; 9 — флажок бленкера отказа глассадного радиоприемника; 10 — флажок бленкера отказа датчика и канала текущего курса; 11 — индекс отсчета текущего курса; 12 — неподвижный силуэт самолета; 13 — стрелка текущего азимута А1 и курсового угла радиостанции КУР1; 14 — шкала курсовых углов радиостанции

ные обстоятельства обуславливают запаздывание в принятии решений относительно двигательных воздействий и неизбежно приводят к ошибкам пилотирования, что снижает его точность.

В целях упрощения действий летчика и повышения точности управления сложная работа по переработке приборной информации перекладывается на вычислительные устройства (ВУ). ВУ, обрабатывая информацию, поступающую с приемных устройств радиотехнической системы ближней навигации, курсовой системы самолета, измерителей скорости и высоты, вырабатывает командные сигналы, которые определяют оптимальную траекторию доворота до равносигнальных направлений, т. е. указывают необходимую величину угла крена и угловую скорость тангажа. Если эти команды исполняются автопилотом, то такой режим захода на посадку называется автоматическим, если летчиком — полуавтоматическим или директорным.

Команды ВУ поступают к летчику в виде изменения положения двух директорных стрелок (горизонтальной и вертикальной) на командно-пилотажном приборе. Возможна выдача директорных сигналов на подвижной моноиндекс. Задача летчика сводится к выполнению движений органами управления самолетом, движений по слежению за перемещающимися директорными стрелками (моноиндексом) и к прекращению этих движений, когда стрелки занимают нулевое положение. При необходимости внести коррекцию в боковом канале управления вертикальная стрелка отходит от нуля и тем самым выдает команду летчику на вмешательство в управление и указывает направление и величину угла крена. Вмешательство в управление по продольному каналу требуется при перемещении горизонтальной директорной стрелки.

Следует подчеркнуть, что директорные стрелки не отражают действительного положения самолета. С точки зрения летчика можно сказать, что директорные стрелки показывают, какое направление отклонения рулевых органов должно быть, чтобы самолет начал движение к заданной траектории полета. Удерживание директорных стрелок в пределах центрального кружка КПП обеспечивает полет самолета по необходимой траектории снижения и точный выход на ВПП. Поскольку отклонение стрелок является функцией нескольких параметров, они занимают центральное положение не только в том случае, когда самолет находится в равносигнальных зонах курса и глиссады, но и тогда, когда самолет совершает правильный выход к равносигнальным зонам.

Вычислитель САУ, управляющий директорными стрелками, получает сигналы не только о значениях параметров полета, но и о скорости их изменения, что существенно повышает его точность и чувствительность. По этой причине движение директорных стрелок может появляться и тогда, когда информация от обычных приборов не позволяет принять решение о начале управляющего движения. Таким образом, директорный сигнал указывает на необходимость выполнения упреждающего маневра для сохранения заданной траектории.

Для пояснения методики использования директорного управления отметим, что, если, например, директорная стрелка начнет отклоняться в сторону, прекратить ее движение можно установлением нужного угла крена. Однако для определения величины крена нет необходимости считывать различные показания приборов, достаточно зафиксировать величину крена, при которой директорная стрелка займет центральное положение. Тем самым сложная работа по обработке приборной информации перекладывается на вычислитель. Единственный сигнал, поступающий от директорной стрелки, позволяет летчику формировать двигательные действия, ранее требовавшие осмысливания показаний двух-трех приборов.

Новые способы захода на посадку могут стать эффективным средством повышения безопасности полета только у подготовленного летчика. В связи с указанным перед авиационной психологией была поставлена задача выявить те принципиальные изменения,

которые вносят использование курсоглиссадной системы посадки и автоматизация управления самолетом в содержание и структуру действий летчика.

2.2. Особенности деятельности летчика при использовании инструментальных способов захода на посадку

Остановимся на принципиальных особенностях деятельности летчика при использовании разных способов захода на посадку.

Заход на посадку в позиционном режиме — сложная задача для летчика любой квалификации. И хотя наличие информации о положении самолета относительно заданной траектории полета и освобождает летчика от необходимости выполнять некоторые мыслительные операции, все же осуществлять пилотирование только на основе этой информации летчик не может. Во-первых, позиционные планки отклоняются лишь тогда, когда уже имеются ошибки в выдерживании траектории захода, соответственно и информацию о результатах управляющих воздействий на самолет по планкам летчик получает с большим запаздыванием. Во-вторых, летчик вынужден использовать еще информацию о курсе или курсовом угле радиостанции, чтобы ясно представлять положение самолета относительно оси ВПП, а также контролировать вертикальную скорость (по вариометру) или угол тангажа (по авиагоризонту), поскольку глиссадная планка положения не дает информации об угле тангажа и поэтому не позволяет прогнозировать движение самолета в вертикальной плоскости.

Таким образом, использование позиционных планок не освобождает летчика от необходимости воспринимать и перерабатывать информацию от нескольких приборов для формирования управляющих воздействий на самолет. В целом для позиционного режима специфичен вынужденный порядок сбора информации. Уменьшение доли внимания тому или иному прибору часто диктуется отсутствием времени, а не уменьшением потребности в информации.

В полуавтоматическом (директорном) режиме управления задача обработанных вычислителем командных пилотажных сигналов освобождает летчика от необходимости самому перерабатывать и обобщать отдельные пилотажные сигналы. Преимущества управления по директорным сигналам выражаются в облегчении действий летчика, в частности, за счет уменьшения количества переносов взгляда между пилотажными приборами по сравнению с позиционным режимом (табл. 2.1).

Естественно, что, пилотируя в директорном режиме, летчик поиному организует сбор информации; преобладающая доля фиксаций взгляда приходится теперь на командно-пилотажный прибор (75—85% времени полета), причем половина этого времени приходится на контроль за директорными стрелками.

Высокая концентрация внимания на директорных стрелках приводит к значительным перерывам восприятия таких приборов,

Характеристики структуры сбора информации
в разных режимах пилотирования

Показатели структуры сбора информации	Режим пилотирования	
	директорный	позиционный
Количество активно контролируемых приборов	2—3	5—6
Число переносов взгляда в минуту	20—50	60—120

Таблица 2.2

Характеристики структуры сбора пилотажной информации
на этапе снижения от ДПРМ до 60 м

Режим управления	Доля времени фиксации взгляда на приборах, %					Продолжительность перерывов фиксации взгляда на приборах, с				
	КПП	НПП	указателе скорости	вариометре	высотомере	КПП	НПП	указателе скорости	вариометре	высотомере
Автоматический	46	18	15	10	11	1,4	3,1	4,3	8,2	5,8
Директорный	76	12	5	3	4	0,6	4,6	8,0	16,6	12,5
Позиционный	57	23	6	9	5	0,9	1,9	5,1	9,1	7,7

как вариометр, высотомер (табл. 2.2). Такое перераспределение внимания вытекает из потребностей пилотирования. Оно необходимо для обеспечения высокой точности управления в директорном режиме. Таким образом, первая принципиальная особенность директорного режима управления по сравнению с позиционным, которую необходимо иметь в виду при обучении летного состава, состоит в высокой сосредоточенности внимания на КПП за счет снижения доли внимания к другим пилотажным приборам. Сосредоточение внимания на директорных стрелках (и это подтверждает опыт эксплуатации САУ) мешает поддержанию четкого представления о пространственном положении самолета.

При полуавтоматическом управлении в сознании летчика происходит как бы подмена привычного образа полета (включающего представление о пространственном положении самолета) приборным аналогом в виде директорных стрелок. Доказательством того, что летчик при пилотировании в директорном режиме снижает контроль за пространственным положением, могут служить данные летных экспериментов: при имитации отказов курсоглиссадных маяков, сигналы от которых индицируются на КПП планками положения по глиссаде и курсу, и при введении отказов авиагоризонта летчики длительное время не замечали их (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Показатели избирательности восприятия директорной информации

Вероятность обнаружения отказов планок глиссады и курса	Время обнаружения отказов авиагоризонта, с	
	по крену	по тангажу
0,12	От 10 до 30	От 20 до 80

Кроме того, в директорном режиме контроль параметров полета по пилотажным приборам является пассивным и поверхностным. Это происходит потому, что если в позиционном режиме управления информация, например о крене, использовалась летчиком для пилотирования, то в директорном — только для справки. Результаты экспериментов также показывают: несмотря на тот факт, что в директорном режиме управления количество активно контролируемых приборов значительно уменьшается, внимание летчика не высвобождается. Причина этого кроется в том, что вся информация для построения управляющих движений поступает от директорных стрелок. Поскольку отклонение директорных стрелок происходит гораздо быстрее, чем стрелок на обычных приборах, летчик вынужден постоянно за ними «гоняться». Изменение двигательных действий летчика заключается в том, что в директорном режиме пилотирования он не предупреждает отклонение стрелок, а следует за ними. Это — вторая принципиальная особенность, которую внесла автоматизация обработки информации и без учета которой трудно понять, почему летчик стал пассивен при контроле пилотажных приборов.

Преимущества директорных сигналов для управления очень быстро усваиваются летчиками. Это видно из анализа структуры сбора полетной информации двумя группами летчиков: только приступивших к освоению полуавтоматического режима и имевших опыт его эксплуатации (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Распределение времени (%) контроля основных пилотажных приборов на посадочной прямой в директорном режиме управления в зависимости от опыта полетов

Контролируемые приборы	Летчики с малым опытом		Опытные летчики	
	до ДПРМ	до БПРМ	до ДПРМ	до БПРМ
КПП	66,5	52,5	75,5	82,4
НПП	19,0	22,3	11,3	2,8
Вариометр	7,2	10,4	4,7	2,2
Высотомер	3,1	10,4	2,2	4,3
Другие приборы	4,2	4,4	6,3	8,3

Как видно из табл. 2.4, по мере приобретения опыта доля внимания, уделяемая КПП, увеличивается, что является показателем повышения доверия к директорным сигналам. Так, время, уделяемое командно-пилотажному прибору между ДПРМ и БПРМ, у опытных летчиков составляет 82% общего времени контроля приборов против 52% у летчиков, осваивающих систему директорного управления.

Определенный интерес представляют данные, характеризующие периоды дискретности восприятия приборов (табл. 2.5). Их мож-

Таблица 2.5

Интервалы (с) между фиксациями взгляда на приборах в директорном режиме управления в зависимости от опыта полетов с использованием ДУ

Контролируемые приборы	Летчики с малым опытом		Опытные летчики	
	до ДПРМ	до БПРМ	до ДПРМ	до БПРМ
КПП	0,57	0,76	0,54	0,54
НПП	2,4	1,95	3,45	10,3
Вариометр	4,37	2,92	6,46	7,28
Высотомер	11,77	2,1	13,46	6,70
Указатель скорости	15,53	—	21,04	—

но рассматривать как отражение изменения информационной значимости каждого прибора. Цифры показывают, в частности, что у опытных летчиков в директорном режиме управления резко возрастает дискретность восприятия вспомогательных приборов.

Из всего сказанного вытекает важный вывод, что главным моментом в обучении летного состава пилотированию в директорном режиме является выработка твердых навыков контроля работы директорных стрелок по другим пилотажным приборам.

В автоматическом полете структура распределения внимания существенно отличается от директорного и позиционного режимов. При автоматическом управлении летчик не уделяет преимущественное внимание командно-пилотажному прибору, что имело место в директорном режиме.

Автоматический режим по структуре распределения внимания ближе к позиционному (табл. 2.2). Однако это внешнее сходство не означает совпадения внутреннего содержания восприятия. При позиционном управлении (из-за отсутствия обобщенных пилотажных сигналов) информация от каждого пилотажного прибора необходима для построения двигательных воздействий. Как уже отмечалось выше, для позиционного режима специфичен вынужденный внешними обстоятельствами порядок сбора информации. В автоматическом же режиме летчик произвольно регулирует восприятие приборной информации, распределяет свое внимание ме-

жду приборами соответственно потребностям в показаниях каждого из них.

При использовании автоматического и директорного способов захода на посадку снижается нервно-эмоциональное напряжение летчика по сравнению с позиционным режимом управления (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Показатели нервно-эмоционального напряжения летчика
в разных режимах управления

Режим управления	Частота сердечных сокращений, уд./мин	Частота дыхания, цикл/мин
Автоматический	86	22
Директорный	94	24
Позиционный	102	25

Наименьшее напряжение летчик испытывает в автоматическом режиме как благодаря существенному упрощению деятельности, так и вследствие уверенности в точности захода на посадку. Описывая специфику действий в разных режимах управления заходом на посадку, заслуженный летчик-испытатель С. А. Микоян отмечает:

«Разница существенная. Суть этой разницы — в эмоциональной напряженности. В позиционном режиме управления очень напряженная работа, направленная на сравнение целой группы параметров. Почти всегда имеются отклонения, приходится напряженно ждать ВПП, чтобы определить конкретно величину ошибки.

...Наиболее легко с САУ, так как заранее видишь, что заход точный на полосу. При управлении по планкам положения работа летчика наиболее напряженная, так как приходится все время сравнивать положение планок со стрелкой АРК (или курсом) и вариометром. Поэтому ожидание полосы больше ощущается, и при этом летчик опасается неточного выхода и стремится скорее увидеть, где находится ВПП, попадает ли он на нее (особенно если заход был шероховатый). Наиболее легко и спокойно в режиме САУ: летчику легко контролировать правильность захода, поэтому ВПП оказывается там, где ожидалась, и переход к визуальному полету спокойный».

Итак, при пилотировании в автоматическом режиме деятельность летчика характеризуется рядом благоприятных изменений по сравнению с режимом позиционного управления. Прежде всего уменьшается напряжение психических процессов, направленных на переработку информации и формирование образа пространственного положения; кроме того, повышается уверенность в точности управления, а следовательно, в отсутствии рассогласований

между ожидаемым и реальным положением самолета относительно ВПП; наконец, снижается нервно-эмоциональное напряжение. Вот почему в сложных метеоусловиях, особенно при низких метеоминимумах, основным режимом для захода на посадку должен быть автоматический, так как он не только повышает точность управления, но и обеспечивает психофизиологический комфорт.

2.3. Особенности захода на посадку при метеоминимуме

Под минимумом погоды для посадки самолета понимаются минимально допустимые значения высоты нижней границы облаков и горизонтальной дальности видимости, при которых обеспечивается возможность безопасной посадки.

Однако высота нижней границы облаков как параметр метеоминимума обладает рядом существенных недостатков, в числе которых отсутствие в ряде случаев четкой границы, ошибки при ее измерении, вероятность существенного изменения от момента измерения до передачи информации о высоте нижней границы летчику. В связи с этим в качестве параметра метеоминимума Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) принята высота принятия решения.

Напомним, что высотой принятия решения называется высота, на которой должен быть начат маневр ухода на второй круг, если до этой высоты не установлен надежный контакт с огнями светоборудования аэродрома или с другими ориентирами по курсу посадки, позволяющий выполнить безопасную посадку самолета, или если отклонения самолета от посадочной траектории превышают допустимые значения.

ИКАО определила ряд посадочных минимумов, характеризуемых высотой принятия решения и дальностью видимости на ВПП:

- посадочный минимум I категории — выполнение захода на посадку до высоты принятия решения 60 м при дальности видимости на ВПП не менее 800 м (60×800 м);
- II категории — до высоты принятия решения 30 м при дальности видимости на ВПП не менее 400 м (30×400 м);
- IIIA категории — выполнение захода на посадку, посадки, руления по ВПП при дальности видимости не менее 200 м (0×200 м);
- IIIB категории — при дальности видимости на ВПП не менее 50 м (0×50 м);
- IIIC категории — без возможности использования наземных ориентиров (0×0 м).

Существенное повышение точности захода на посадку в автоматическом и директорном режимах управления является реальной основой снижения существующих посадочных минимумов. Однако возможности, заложенные в технике, реализуются человеком. Поэтому посадочный минимум определяется не только техническими достоинствами САУ, аэродинамикой самолета, его пилотажно-навигационным оборудованием, качеством наземных

средств посадки, но и квалификацией летчика, его психологическими характеристиками.

В связи с указанным авиационными психологами были исследованы возможности летчика, в частности закономерные изменения характеристик его действий, особенности распределения внимания, динамика эмоциональной напряженности, особенности принятия решения при выполнении посадки в условиях дефицита времени и смены способа ориентировки (приборной на визуальную).

Было проведено специальное летное исследование, которое выявило, что действия летчика при посадке в условиях минимума погоды отличаются рядом специфических особенностей, на которые необходимо обратить внимание специалистам, занимающимся вопросами методики летного обучения, и летчикам, осваивающим полеты при низком минимуме с использованием САУ.

Исследование проводилось в полете. Летчики выполняли заход на посадку в автоматическом и директорном режимах управления при простых метеоусловиях (полет осуществлялся под шторкой до высоты 60 м) и при минимуме погоды 60×800 , 100×1000 , 150×1500 м. Заход мог завершиться либо реальной посадкой, либо пролетом над ВПП. В процессе полетов регистрировались точность пилотирования, направление взгляда летчика, его физиологические реакции, радиообмен между летчиком и инструктором. После полетов с летчиками проводилась беседа и в специальной анкете фиксировалось их мнение.

Проанализируем полученные результаты.

Точность выдерживания параметров полета как в автоматическом, так и в директорном режиме управления вполне обеспечивает безопасность посадки при указанных метеоусловиях. Это внушает доверие к новому оборудованию, вызывает положительное отношение к его применению. Однако с точки зрения освоения летчиками полетов при минимуме погоды важен не только конечный результат деятельности, но также способы и особенности действий летчиков в этих условиях. В частности, наибольший интерес представляют следующие вопросы:

- как летчик распределяет внимание между приборной и внекабинной информацией;
- какую информацию он использует для принятия решения о посадке или об уходе на второй круг;
- какие отличия в действиях наблюдались в разных условиях захода.

Рассмотрим сравнительно простые условия — заход на посадку под шторкой до высоты 60 м с последующей посадкой.

По сравнению с заходом под шторкой до высоты 150—200 м отмечались следующие особенности сбора информации: по мере приближения к высоте открытия шторки наблюдалась интенсификация сбора информации с командно-пилотажного и навигационно-планового приборов, на лицевой части которых сосредоточена ин-

формация о местоположении самолета относительно посадочной траектории. Этот факт расценивается нами как объективный показатель активации умственных действий, направленных на визуализацию, наглядное зрительное представление ожидаемого положения самолета относительно ВПП, с целью подготовиться к принятию решения о посадке (в связи с малым запасом времени на принятие решения после открытия шторки).

Летчики заранее мысленно формируют наглядное представление о положении самолета относительно ВПП, чтобы при переходе к визуальному восприятию полосы не оценивать заново ситуацию, а сличать готовый образ пространственного положения с непосредственно воспринимаемым.

В связи с указанным можно констатировать выполнение летчиком сопряженных действий: собственно управления самолетом и дополнительного умственного действия по созданию образа своего пространственного положения относительно ВПП. Подтверждением этому могут служить данные В. В. Полякова о функциональных связях между пилотажно-навигационными приборами (рис. 4—6).

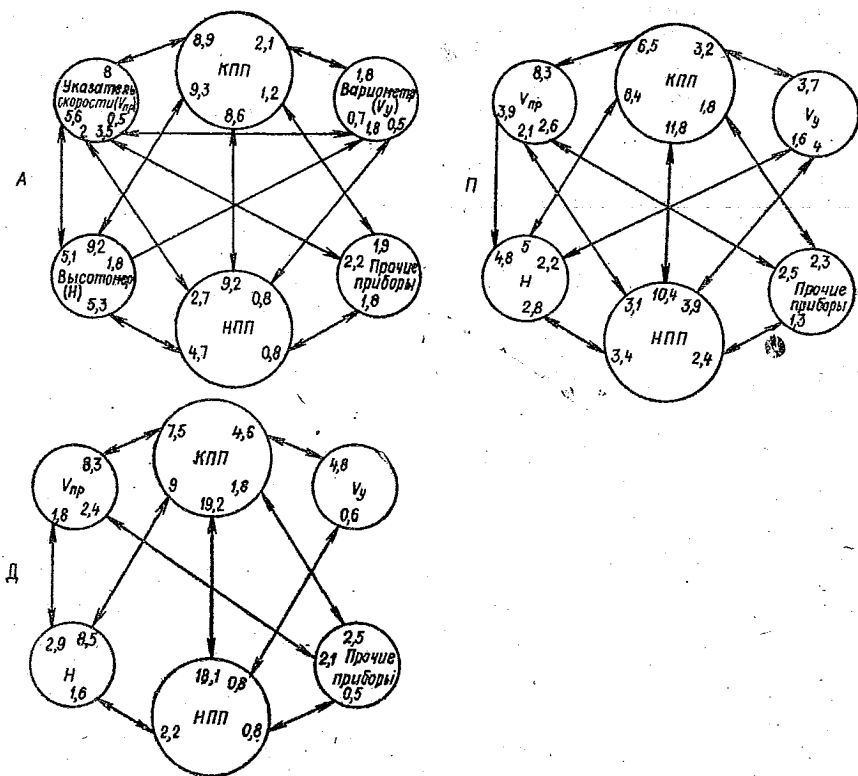


Рис. 4. Относительное количество (%) переносов взгляда между приборами на этапе от ДПРМ до открытия шторки при полете в режиме автоматического (А), директорного (Д) и позиционного (П) управления.

В автоматическом режиме управления (рис. 4, А) анализ приборной информации преследует две цели:

- контроль правильности работы автоматической системы;
- формирование образа пространственного положения самолета относительно ВПП.

Судя по маршрутам переноса взгляда, летчик оценивает положение директорных стрелок, сравнивает их с положением позиционных планок. Он также соотносит положение глассадной планки с показаниями высотомера и вариометра. При этом не только качественно оценивается отклонение от глассады, но и воспринимается количественная информация о высоте полета и удалении до ВПП. Таким образом, одновременно с функцией контроля режима осуществляется функция оценки положения самолета относительно посадочной траектории, удаления от ВПП и высоты относительно земли.

При заходе на посадку в автоматическом режиме управления сбор информации носит преимущественно циклический характер, охватывающий последовательно 5—6 приборов. Можно выделить несколько характерных циклов перемещения взгляда:

- КПП — скорость — высота — НПП — вариометр — КПП;
- КПП — скорость — высота — НПП — КПП и др.

Кроме того, можно выделить пары связей между приборами:

- скорость — вариометр; НПП — высота;
- вариометр — высота; скорость — обороты, т. е. челночные

переносы между взаимосвязанными приборами. Циклические связи, охватывающие последовательно несколько приборов, обеспечивают функцию образной деятельности летчика, челночные переносы — функцию контроля выдерживания отдельных параметров полета.

В директорном режиме управления (рис. 4, Д) переносы взгляда осуществляются, как правило, через КПП.

Преобладают челночные связи между КПП и остальными пилотажными приборами:

- КПП — высота — КПП — скорость;
- КПП — НПП — КПП — вариометр.

Других связей значительно меньше, чем в автоматическом режиме управления. Циклические связи встречаются редко. Следовательно, можно предположить, что в директорном режиме управления деятельность летчика, направленная на формирование оперативного образа полета, протекает дискретно. Это и обуславливает обеднение (редуцирование) содержания образа в директорном режиме управления.

В позиционном режиме управления (рис. 4, П) преобладают связи между КПП и НПП. Отмечаются связи и между другими приборами по типу челночных и циклических переносов взгляда.

Однако по сравнению с автоматическим режимом управления количество циклических связей, характеризующих функцию образной деятельности, меньше, т. е. в меньшей степени обеспечивается динамичность оперативного образа.

Таким образом, можно заключить, что по мере приближения к ВПП летчик во всех режимах управления интенсифицирует свою умственную деятельность, направленную на формирование образа полета и актуализацию пространственного представления о положении самолета относительно ВПП. Усиление умственной деятельности в позиционном режиме управления имеет двойственный характер и отражает как потребность повышения точности пилотирования, так и потребность визуализации образа своего пространственного положения перед открытием шторки. В директорном режиме управления образ полета в значительной мере подменяется образом положения директорных стрелок, и, чем ближе самолет приближается к ВПП, тем больше внимания концентрируется на директорных стрелках. Это приводит к снижению возможностей летчика по актуализации образа своего пространственного положения к моменту выхода из облаков.

Различные возможности летчика по актуализации образа полета, зависящие от степени автоматизации управления, сказываются на процессе принятия решения на посадку после открытия шторки. Рассмотрим функции распределения времени принятия решения на посадку после открытия шторки (рис. 5). В данном

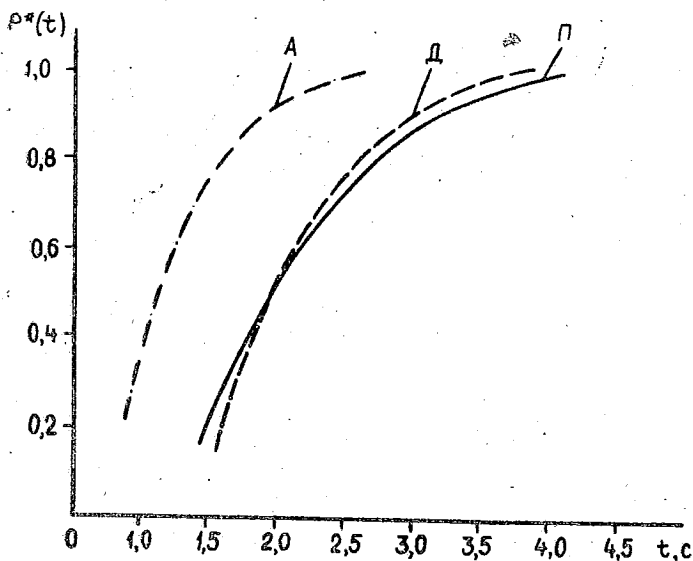


Рис. 5. Функции распределения времени принятия решения в автоматическом (А), директорном (Д) и позиционном (П) режимах управления

случае время принятия решения регулируется психическим актом сличения оперативного образа полета с реальным положением самолета относительно ВПП. Как видно, в автоматическом режиме управления летчик быстрее принимает решение на посадку по

сравнению с директорным режимом управления. В то же время точностные характеристики захода на посадку в автоматическом и директорном режимах управления мало отличаются друг от друга (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Точность (м) захода на посадку при имитации сложных метеословий

Режим управления	Удаление от ВПП, м			
	1000		4000	
	2σH	2σZ	2σH	2σZ
Автоматический	7,9	28,8	17,2	37,4
Директорный	14,2	23,4	23,6	50,8
Позиционный	37,4	120	36,3	13,8

Следовательно, именно более благоприятные условия для формирования образа полета в автоматическом режиме управления способствуют прогнозированию ожидаемого положения самолета к моменту выхода из облаков. Вместе с тем, несмотря на существенную разницу в точности пилотирования при позиционном и директорном режимах захода на посадку, времена принятия решения на посадку почти совпадают, очевидно, благодаря большей полноте оперативного образа, формируемого в позиционном режиме.

Усиление умственной активности, направленное на визуализацию образа пространственного положения самолета при подходе к высоте открытия шторки, объясняется возникновением особого состояния ожидания. Если при полете под шторкой состояние ожидания менее характерно, поскольку летчику точно известна высота открытия шторки и он вполне уверен в хорошей видимости наземных ориентиров, то для условий реального низкого минимума состояние ожидания визуального контакта с землей является специфической особенностью полета.

Дело в том, что в условиях низкого минимума погоды альтернатива — принять решение на посадку или на уход на второй круг — может быть связана с возможным обнаружением после установления визуального контакта с землей неустранимых расхождений между ожидаемым и реальным положением самолета относительно ВПП. Кроме того, принятие решения на посадку или на уход на второй круг связано с выходом или невыходом из облачности, несмотря на достижение высоты, указанной в метеосводке в качестве высоты нижнего края облаков. Поэтому летчик должен заранее готовиться принять решение и следить за тем, чтобы не снизиться ниже высоты, на которой должно быть принято решение уйти на второй круг.

В СМУ состояние ожидания непроизвольно (видимо, не всегда осознанно) побуждает летчика еще до выхода из облаков просматривать внекабинное пространство, т. е. осуществлять попеременный контроль приборов и естественных ориентиров. Доля внимания, уделяемая последним, зависит от двух переменных: режима управления и минимума погоды (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Время (с) просмотра внекабинного пространства до выхода из облаков в разных режимах управления

Режим управления	Метеоусловия, м		
	60×800	100×1000	150×1500
Позиционный	15	10	6
Директорный	10	6	3
Автоматический	52	41	36

Данные табл. 2.8 свидетельствуют о том, что, чем ниже метеоминимум, тем больше, по-видимому, у летчика потребность получить информацию о наземной обстановке. Кроме того, только автоматический режим позволяет на достаточно большое время отвлекаться от приборов. В директорном и позиционном режимах такая возможность ограничена. Это понятно, поскольку в автоматическом режиме летчик очень мало занят непосредственно управлением самолета; тогда как в директорном и позиционном режимах отвлечение от приборов не позволяет обеспечить точное пилотирование. Тем не менее и в этих режимах видно стремление летчика как можно скорее установить визуальный контакт с землей. И чем ниже минимум погоды, тем больше проявляется это стремление, хотя требования к точности пилотирования повышаются. Следовательно, в СМУ принятие решения на посадку основывается не только на оценке показаний приборов, но и на попытках обнаружить отдельные ориентиры в просветах облаков.

Наиболее благоприятные условия для принятия решения создаются в автоматическом режиме; так как летчик фактически выполняет одно действие — ориентирование путем наложения сформированного по приборам представления на реальные наземные объекты. В этой связи следует подчеркнуть, что длительность каждой фиксации взгляда на внекабинных объектах не превышает 0,5—0,8 с. За это время образ полета, сформированный на основании показаний приборов, у летчика не разрушается.

Анализ структуры сбора информации летчиком до установления визуального контакта с ВПП в автоматическом режиме управления (рис. 6, А) показывает, что для установления визуального контакта с ВПП по мере приближения к высоте выхода из облаков летчик все чаще и на более длительное время обращает взгляд

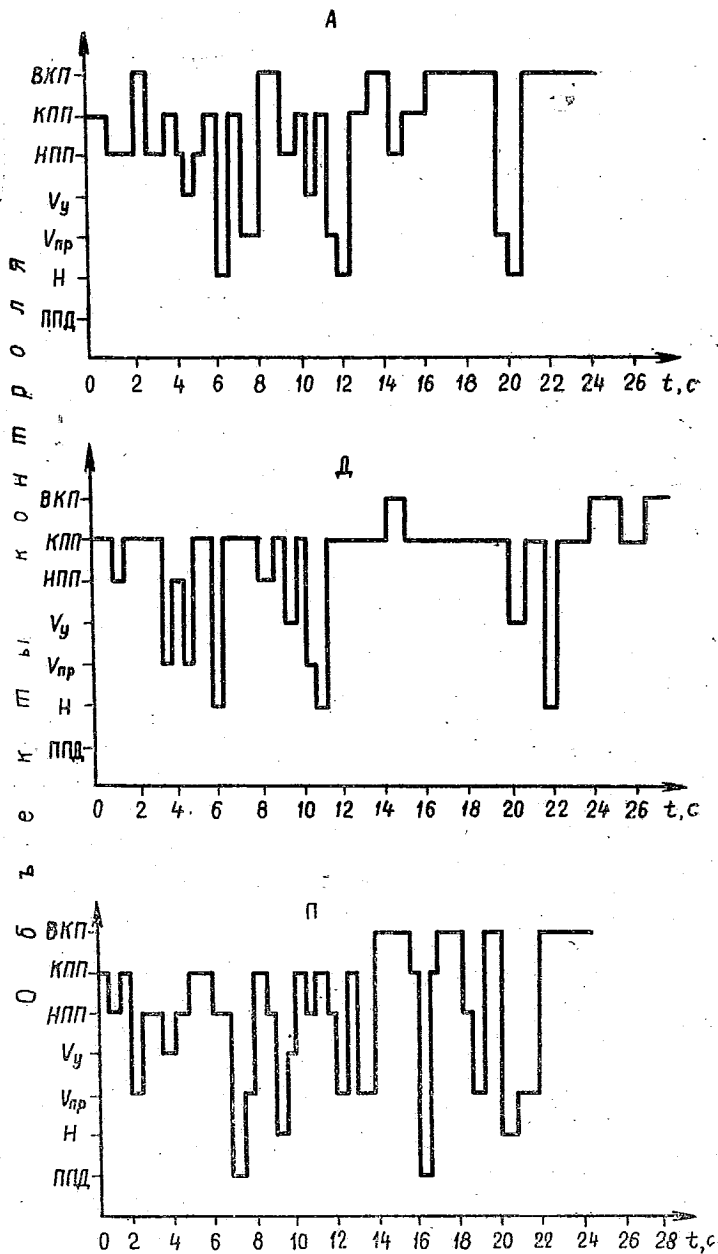


Рис. 6. Структура сбора летчиком информации на посадочной прямой до обнаружения ВПП при метеоусловиях 150×1500 м в режимах автоматического (А), директорного (Д) и позиционного (П) управления

вперед в ожидаемом направлении появления ВПП. Это свидетельствует о том, что психическое состояние ожидания может характеризоваться различной степенью выраженности, усиливаясь по мере приближения к высоте выхода из облаков.

В директорном режиме управления летчик реже отвлекается на поиск земных ориентиров, по-видимому, по двум причинам: объективной — из-за сосредоточенности внимания на директорных стрелках КПП и субъективной — из-за боязни допустить ошибку в выдерживании посадочной траектории в момент отвлечения внимания во внекабинное пространство. Вот почему доля времени, уделяемая поиску наземных ориентиров, в зависимости от сложности метеоусловий составляла 2,8—22,7%.

Анализ структуры распределения внимания при выполнении захода на посадку в директорном режиме управления при минимуме погоды 150×1500 м (рис. 6, Д) свидетельствует также и об увеличении концентрации внимания на КПП по мере приближения к моменту выхода из облаков.

В позиционном режиме управления, несмотря на высокую степень загрузки пилотированием, состояние ожидания также сопровождается «прощупыванием» внекабинного пространства по следующим причинам: во-первых, точность выдерживания параметров полета в этом режиме недостаточно высокая и, во-вторых, у летчика нет полной уверенности в истинности представления о положении самолета относительно посадочной траектории из-за задержек в поступлении и переработке информации. Продолжительность контроля внекабинного пространства находилась в диапазоне от 3,9 до 23,7%.

Структура сбора информации в позиционном режиме управления при нижнем крае облачности 150 м и горизонтальной видимости 1500 м показана на рис. 6, П.

Остановимся еще на одном факте, который связан с состоянием ожидания, а именно: в условиях низкого минимума перед выходом из облаков у летчиков наблюдается повышение показателей физиологических функций (табл. 2.9). Еще один подъем физиологических показателей отмечается после принятия решения на посадку. Таким образом, в условиях полета при низком минимуме

Таблица 2.9

Показатели эмоционального напряжения при заходе на посадку в разных условиях полета

Режим управления	Частота пульса, уд/мин		Частота дыхания, цика/мин	
	при полете в облаках	перед выходом из облаков	при полете в облаках	перед выходом из облаков
Директорный	120	132	27,5	29,5
Автоматический	118	126	26,6	27,8

погоды летчик должен обладать дополнительным резервом выносливости, чтобы обеспечить на последнем участке полета высокую продуктивность деятельности.

Совокупность материалов исследований показывает, что состояние ожидания усугубляется как неопределенностью информации о метеоусловиях, так и большими перерывами между полетами в реальных СМУ. Характерно, что в первых заходах на посадку при метеоминимуме 100×1000 м как на одноместном самолете, так и на самолете с двойным управлением состояние ожидания выражено весьма значительно и время, затрачиваемое на поиск ВПП, было максимальным. В повторных заходах этот феномен был менее выражен: летчики обращались к внекабинному пространству уже после выхода из облаков и на дальности от ВПП, при которой видимость ее была устойчива, так как в повторных заходах они точно знали высоту выхода из облаков и дальность устойчивой видимости ВПП. Другим фактором, снижающим выраженность состояния ожидания выхода из облаков, является формирование психологической готовности к выполнению посадки при низком минимуме погоды. Так, при выполнении регулярных полетов в этих условиях летчики (при перерывах между полетами до 7 дней) меньше отвлекались на поиск внекабинных ориентиров.

На этапе полета после выхода из облаков все летчики использовали попеременный контроль приборов и визуальных ориентиров (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Распределение времени контроля приборов и наземной обстановки после выхода из облаков в разных режимах управления

Режим управления	Метеоусловия, м	Время наблюдения, %	
		наземных ориентиров	приборов
Позиционный	60×800	56	44
	100×1000	68	32
	150×1500	71	29
Директорный	60×800	34	66
	100×1000	53	47
	150×1500	58	42
Автоматический	60×800	82	18
	100×1000	73	27
	150×1500	76	26

Время контроля приборов зависит от режима управления и условий видимости. Если при автоматическом режиме преобладает визуальное наблюдение внекабинного пространства, то при позиционном и особенно при директорном управлении значительно возрастает доля приборной информации. После установления визуального контакта с землей это обстоятельство, по-видимому,

нельзя считать положительным фактором с точки зрения безопасности, поскольку оно способно привести к дефициту времени. Судя по полученным материалам, в директорном режиме летчику трудно сразу переключиться на визуальный полет. Этому мешает загруженность его пилотированием, в связи с чем он не может заранее подготовиться к переходу и сформировать достаточно полный и точный образ своего положения относительно ВПП.

Длительность отвлечения внимания на восприятие внекабинного пространства зависит как от сложности метеоусловий, так и от степени автоматизации управления самолетом на посадке. Так, в автоматическом режиме управления, как видно из табл. 2.11,

Таблица 2.11

Длительность (с) фиксации взгляда вне кабины после обнаружения ВПП в разных режимах управления

Метеоусловия, м	Режим управления		
	автоматический	директорный	позиционный
250×3000	1,79	2,52	1,91
	0,4—5,8	0,4—8,9	0,5—10,1
200×2000	2,17	2,03	1,89
	0,3—7,6	0,4—7,5	0,9—4,3
150×1500	2,32	1,38	1,33
	0,3—4,3	0,3—4,7	0,5—4,1
100×1000	2,70	0,63	2,13
	0,5—4,8	0,4—0,9	0,9—5,3

Примечание. В числителе — среднее арифметическое значение, в знаменателе — минимальное и максимальное значения.

по мере снижения нижнего края облачности и ухудшения горизонтальной видимости среднее время фиксации взгляда на внекабинном пространстве увеличивается. В директорном режиме управления наоборот — чем ниже минимум погоды, тем меньше длительность фиксации взгляда вне кабины. В позиционном режиме управления четкой зависимости длительности фиксации взгляда на визуальных ориентирах от сложности погодных условий не прослеживается.

Основной смысл результатов исследования деятельности летчика в условиях низкого минимума сводится к установлению важного для практики факта: переход на визуальный полет не является одномоментным действием, это — протяженный по времени процесс. Для его осуществления летчик старается заранее подготовиться к визуальной встрече с землей, эпизодически переключая внимание с приборов на внекабинное пространство. Известно, что

до последнего времени при обучении летчиков придерживались следующих правил: до обнаружения ВПП полет должен выполняться только по приборам, после ее обнаружения — путем визуального наблюдения. Однако факты, полученные в экспериментальных полетах, позволяют рекомендовать попеременный контроль приборов и визуальных ориентиров.

Применяя описанные выше способы управления самолетом, летчик в СМУ пилотирует самолет до определенной высоты, где он должен принять решение на посадку или на уход на второй круг, если не установлен визуальный контакт с землей или заход оказался недостаточно точным. В психологическом плане процесс принятия решения представляет собой умственное действие. Причем это не одномоментный акт. При подходе к высоте нижней кромки облаков этот умственный процесс должен быть завершен. Начинается он еще до выхода из облаков с соотнесения показаний основных приборов, на основе которого формируется представление о предполагаемом положении самолета относительно ВПП или наземных ориентиров. Летчик пытается наглядно представить, предугадать истинное положение самолета относительно ВПП, для чего мысленно актуализирует образ полета.

В автоматическом режиме управления после выхода из облаков и обнаружения торца ВПП процесс актуализации пространственного положения занимает 2 с (рис. 7, А). В схему сбора информации включаются приборы: КПП, НПП, высотомер (H), вариометр (V_v). Затем летчик переносит взгляд вперед. За это время самолет перемещается на 500 м ближе к ВПП. Установив надежный контакт с ВПП, летчик принимает решение на посадку и полностью переходит на визуальный полет, обращаясь только к указателю скорости полета. Следовательно, окончательное решение на посадку летчики принимали после устойчивой видимости ВПП. Это дает возможность предположить, что психическим регулятором процесса принятия решения на посадку является горизонтальная видимость.

В позиционном режиме управления процесс актуализации пространственного положения занимает более продолжительное время по сравнению с автоматическим заходом — около 4 с (рис. 7, Б). Летчик осуществляет опрос информации в следующем порядке: скорость — КПП — НПП — скорость — вариометр — КПП — НПП — высотомер. Более длительный процесс актуализации образа пространственного положения свидетельствует о том, что в позиционном режиме управления требуется более длительная информационная подготовка за счет рассогласования образа полета с реальным положением ВПП (из-за ухудшения динамических характеристик оперативного образа). Приняв решение, летчик переходит в основном на визуальное пилотирование, вместе с тем эпизодически контролируя помимо скорости также КПП и высотомер.

В директорном режиме управления (рис. 7, Д) после выхода

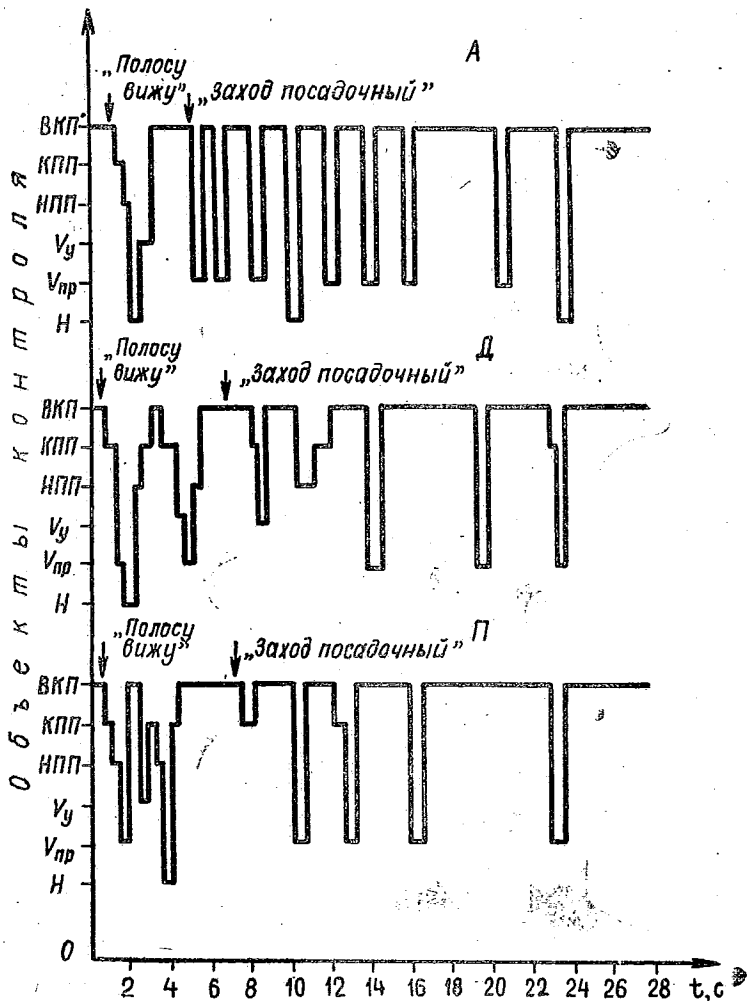


Рис. 7. Структура сбора летчиком информации на посадочной прямой после обнаружения ВПП при метеоусловиях 150×1500 м в режимах автоматического (А), директорного (Д) и позиционного (П) управления

из облаков и обнаружения ВПП летчик продолжает пилотировать по КПП. Это связано, по-видимому, с тем, что летчики стремятся использовать преимущества директорной системы для сохранения точности пилотирования. Процесс перехода на визуальный полет растянут по времени по сравнению с автоматическим и позиционным режимами управления.

Итак, после выхода из облаков начинается завершающий этап принятия решения, протекающий как психический акт сличения образа полета с реально видимым положением самолета относи-

тельно наземных ориентиров. Естественно, что время принятия решения на посадку зависит от величины рассогласования между ожидаемым и действительным положением самолета относительно ВПП.

Вот как описывают этот этап летчики: «...Вначале происходит качественная оценка положения самолета относительно ВПП в сравнении с тем, что представлял по приборам, — подсознательная оценка, без рассуждений. Искусственно ее можно расчленить на две: 1) направление, т. е. попадаю ли на ВПП по направлению; 2) расчет — попадаю ли на начало ВПП. Следующее — уже сознательное рассуждение: какова скорость, не мала ли для выравнивания? Затем — решение и действия: довернуть, убрать РУД и пр.».

В отличие от полетов под «шторкой» время принятия решения на посадку в СМУ увеличивается (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Характеристики деятельности при полетах под шторкой и в СМУ

Условия полета	Прирост ЧСС, уд/мин	Время принятия решения, с	Частота смены ориентировки
Под шторкой	29	1,5—4,0	3—4
В СМУ (100×1000 м)	54	3,5—9,8	7—9

Это связано с тем, что при обнаружении ВПП по ее торцу летчики не могут точно оценить пространственного положения и только при видимости значительного участка ВПП (более 500 м) они принимают решение, вот почему после обнаружения ВПП в СМУ летчики от 7 до 9 раз переносят взгляд от приборов во внекабинное пространство.

Итак, особенностью действий при посадке в СМУ является предшествующий решению на посадку процесс формирования образа предвидимого положения самолета относительно ВПП. Легкость формирования образа зависит в свою очередь от точности выдерживания режима полета. Поэтому в автоматическом режиме переход на визуальный полет осуществляется проще и быстрее, так как величина рассогласования между ожидаемым и действительным положением невелика. Эта особенность полетов в реальных СМУ требует в процессе подготовки летчика формированию специального умения сопряженной деятельности по пилотированию и построению образа пространственного представления о траектории полета относительно ожидаемой ВПП. Если летчик не имеет развитого умения оперировать наглядными образами, ему трудно представить (прогнозировать) положение самолета относительно ВПП.

Таким образом, как показали исследования, основные отличия

действий летчиков при посадке в СМУ касаются сенсорного (структура сбора информации) и мыслительного компонентов деятельности. Поэтому подготовка должна быть направлена на организацию и развитие именно этих психических процессов в специфических условиях посадки при низком минимуме погоды.

2.4. Распределение функциональных обязанностей между летчиками на многоместных самолетах при заходе на посадку в условиях минимума погоды

Для повышения безопасности посадки в СМУ на многоместных самолетах чрезвычайно важны рациональные организация взаимодействия в экипаже и распределение функций между его членами. Непременное условие обеспечения безопасности: один из пилотов не должен отвлекаться от контроля за положением самолета по приборам вплоть до его приземления. Сегодня существуют разные точки зрения на главный вопрос: кто и когда должен пилотировать самолет? Рассмотрим основные варианты.

Первый вариант: при пилотировании самолета командиром второй летчик находится в постоянной готовности взять управление на себя как по команде командира, так и при внезапной потере им работоспособности. При этом он контролирует основные параметры полета по приборам до момента выравнивания, докладывая командиру при их отклонениях от заданных значений.

Такое распределение обязанностей имеет ряд недостатков. Во-первых, загруженность командира процессом управления отрицательно сказывается на скорости оценки ситуации после выхода из облаков и принятия решения на посадку (или уход на второй круг). Во-вторых, второй летчик, непосредственно не занятый процессом управления, находится в состоянии пассивного наблюдателя, что требует от него специальных волевых усилий для переключения внимания на контроль тех или иных параметров полета, а значит, повышает вероятность пропуска важной информации.

Второй вариант решения проблемы распределения функций: самолетом управляет второй летчик, а командир управляет тягой двигателей, осуществляя контроль за режимом полета и внекабинной обстановкой, с принятием решения берет управление на себя.

Третий вариант: командир пилотирует по одному из каналов (например, по каналу тангажа) и управляет тягой двигателей, второй летчик пилотирует по курсу. После принятия решения управление самолетом полностью берет на себя командир.

В целях выбора оптимального варианта распределения функций между командиром и вторым летчиком, обеспечивающего наличие у командира дополнительного резерва внимания для своевременного принятия решения на завершение посадки или ухода на второй круг, в специальных летных экспериментах была проведена сравнительная оценка вариантов распределения функций.

Оказалось, что точность выдерживания* самолета относительно продольной оси была практически одинаковой в позиционном и директорном режимах управления независимо от варианта распределения функциональных обязанностей. При третьем варианте (командир управляет только в продольном канале, правый летчик — по курсу) точность выдерживания заданной траектории (глиссады снижения) повысилась, что видно из табл. 2.13.

Таблица 2.13

Вероятность невыхода значений отклонений параметров полета за пределы зоны допуска

Параметры полета	Режим управления	Вариант распределения функциональных обязанностей		
		первый	второй	третий
По курсу	Позиционный	0,56	0,56	0,59
	Директорный	0,78	—	0,7
По высоте	Позиционный	0,88	0,91	0,97
	Директорный	0,78	—	0,7

Разделение функций управления между командиром и вторым пилотом позволило увеличить (на 7—15%) резерв времени, который командир мог уделить дополнительным объектам наблюдения, не снижая качества пилотирования. При совместном управлении (третий вариант) снизилось и нервно-эмоциональное напряжение командира, тогда как у второго летчика его уровень повысился (табл. 2.14), что косвенно свидетельствует о повышении активности второго летчика при выполнении захода на посадку.

Таким образом, при третьем варианте распределения функций отмечаются благоприятные изменения в деятельности летчиков, выражающиеся в повышении активности второго летчика и увеличении резерва времени у командира корабля для контроля за пространственным положением и движением самолета. Вместе с тем при совместном пилотировании отмечались несогласованные движения летчиков, особенно при посадке в болтанку с боковым ветром. Отрицательное отношение к этому варианту распределения обязанностей некоторые летчики мотивировали потерей «образа захода» при управлении только по одному каналу, а также возрастанием роли «слетанности» командира и второго пилота.

С учетом объективных данных, полученных в экспериментах, и субъективных мнений летного состава наиболее рациональным для повышения безопасности захода на посадку за счет увеличения резерва внимания командиру для надежного контроля за про-

* В качестве показателя точности пилотирования была использована вероятность попадания самолета в пределы условного прямоугольника с размерами 50×64 м, находящегося в вертикальной плоскости над БПРМ.

Таблица 2.14

Частота сердечных сокращений (уд./мин) у летчиков
многоместного самолета при заходе на посадку в СМУ
в зависимости от распределения функциональных обязанностей

Режим управления	Показатели	Вариант распределения функций			
		первый		третий	
		Командир	Второй летчик	Командир	Второй летчик
Позиционный	М	92,9	88,5	104,9	78,0
	σ	6,9	2,8	9,6	3,2
Директорный	М	81,0	95,8	102,0	82,3
	σ	2,6	14,6	7,3	10,1

странственным положением самолета и принятия решения на посадку или на уход на второй круг является второй вариант распределения функциональных обязанностей. Этот вариант, получивший наибольшее признание и в международной практике, предусматривает следующую идеологию распределения функций: второй пилот непрерывно осуществляет пилотирование самолета по приборам, строго выдерживая стандартную глиссаду, и не отвлекается от него вплоть до момента касания ВПП, докладывая при этом командиру корабля о высоте.

Командир, не пилотируя самолет*, контролирует режим полета, ведет радиосвязь и на высоте, на 30 м превышающей высоту принятия решения на посадку или на уход на второй круг, переходит к наблюдению за внекабинным пространством. На высоте принятия решения командир корабля должен либо взять управление и произвести посадку, либо дать команду об уходе на второй круг. Преимуществами указанного принципа распределения функций в экипаже являются: исключение для командира корабля попеременной смены способов ориентировки (визуальная — приборная); непрерывный контроль вторым пилотом параметров положения и движения самолета по приборам.

Если по достижении самолетом высоты принятия решения второму пилоту решение командира корабля (на посадку или на уход на второй круг) остается неясным, то он без дополнительных указаний должен выполнить уход на второй круг.

Высказывалось возражение, что использование изложенной идеологии распределения функций между первым и вторым пилотами отрицательно скажется на мастерстве пилотирования самолета командирами кораблей. Однако для сохранения и закрепления навыков пилотирования на глиссаде снижения командирам

* В необходимых случаях командир вмешивается в управление, что является естественным и не вызывает отрицательных эмоций со стороны второго пилота.

достаточно практиковаться в выполнении снижения в хороших погодных условиях.

2.5. Психологические рекомендации по подготовке к посадке при низких метеоминимумах

Рассмотрим основные этапы подготовки к посадке в условиях низких метеоминимумов.

Первый этап — автоматический заход на посадку в простых метеоусловиях. Его роль двоякая: во-первых — обучение летчика контролю САУ и сопоставлению показаний директорных стрелок и других приборов с реальным положением самолета относительно наземных ориентиров и ВПП; во-вторых — воспитание доверия к САУ, наглядное доказательство высокой, точности выполнения САУ захода на посадку до высоты 60 м.

Доверие к САУ — важное психологическое качество обученного летчика. Оно приходит с опытом использования САУ. Это подтверждают сравнительные данные физиологических реакций на полет летчиков с разным опытом использования САУ (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Частота сердечных сокращений (уд./мин) у летчиков с различным опытом применения САУ

Этап, на котором проводились измерения	Опытные летчики	Летчики с малым опытом
Перед взлетом (характеристика предстартового возбуждения)	73	96
В автоматическом полете	88	120

Как видно из табл. 2.15, при малом опыте использования САУ у летчиков наблюдается высокое эмоциональное напряжение. Оно связано именно с недостаточной уверенностью летчика в точности и надежности работы САУ.

Второй этап подготовки состоит в выполнении заходов под шторкой до высоты 60 м с последующей посадкой. Заходы выполняются в автоматическом и директорном режимах. В этих условиях летчик в автоматическом полете вырабатывает способность к формированию наглядного образа пространственного положения, к визуализации представления, основанного на восприятии приборов. Директорный полет под шторкой дополняет этот этап подготовки, поскольку летчик тренирует умение выполнять сопряженную деятельность.

Хотя основным режимом захода на посадку при низком минимуме должен быть автоматический, подготовка к использованию директорного режима целесообразна по двум причинам: первая —

директорный режим должен использоваться как резервный в случае отказа автопилота, вторая — в данном случае умственная активность летчика, направленная на визуализацию образа полета, должна протекать в усложненных условиях сенсомоторных и умственных действий.

Особую сложность представляет обучение умению сочетать оперирование наглядным образом полета с инструментальным контролем за параметрами полета, что дает возможность обеспечить выдерживание точностных характеристик режима захода на посадку. Это очень важно, поскольку отсутствие умственного навыка постоянного использования представления о местонахождении самолета снижает возможности прогнозирования предстоящих ситуаций полета, что ведет к снижению безопасности. Кроме того, ослабление контроля параметров может привести к неточному выдерживанию линии заданного пути, к усложнению обстановки полета, к дефициту времени. Полет под шторкой до высоты 60 м — лишь первый шаг на пути такого обучения.

Остановимся на роли выполнения реальных посадок в тренировке требуемых умственных навыков. В полетах с проходом над ВПП в отличие от посадки заменяется целевая установка летчика. Отсюда изменение самих действий, направленности умственной активности, характеристик сбора и переработки информации, нервно-эмоционального напряжения (табл. 2.16).

Таблица 2.16

Характеристика действий летчика в заходах с проходом над ВПП и с посадкой

Характер захода	Число контролируемых приборов	Относительное время контроля высотно-скоростных параметров, %	Прирост частоты пульса (к фоновым данным), уд./мин
С проходом	2—4	8,8	37
С посадкой	4—6	13,6	54

По нашему мнению, при тренировках необходимо каждый третий заход под шторкой до высоты 60 м завершить реальной посадкой.

Третий этап подготовки предусматривает в полетах под шторкой до высоты 60 м переход с автоматического или директорного управления на позиционный режим (по указанию инструктора). Роль рассматриваемого этапа состоит в тренировке навыков управления самолетом при переходе с основного режима управления на аварийный.

Четвертый этап обучения должен включать введение отказов САУ в целях тренировки умения обнаружить, распознать отказы и переходить на резервные режимы управления (подробнее см. подразд. 5.2.3).

И наконец, заключительный, пятый этап подготовки — полеты в реальных СМУ. Полеты в СМУ отличаются от полетов под шторкой высоким уровнем умственной активности, направленной на подготовку принятия решения на посадку или на уход на второй круг, и сопровождаются повышенной эмоциональной реакцией. Кроме того, необходимость проведения тренировок в реальных СМУ обусловлена тем, что имеются специфические особенности действий как до выхода из облаков, так и после.

До выхода из облаков летчик испытывает особое психическое состояние ожидания визуального контакта с землей, выражающееся как в активизации умственных усилий, направленных на формирование наглядного образа пространственного положения, так и в периодическом переключении внимания от приборов к внекабинным ориентирам. Вот почему для повышения безопасности полета необходима выработка специального навыка визуального «прощупывания» внекабинного пространства. Цель такой тренировки состоит в том, чтобы обучить летчиков включать в структуру сбора информации внекабинное пространство как дополнительный «прибор», затрачивая на его восприятие не более 0,8—1,0 с, так как отвлечение от приборов на большее время может привести к частичной потере пространственной ориентировки.

Переход от приборного полета к визуальному является не одномоментным действием, а растянут по времени. После установления устойчивого контакта с землей летчик не сразу полностью переключается на пилотирование по естественным ориентирам. Он продолжает использовать оба источника информации — внешнюю обстановку и показания приборов. Если при посадке в простых метеоусловиях летчики уделяют контролю показаний приборов не более 2—5% времени, то в условиях низкого минимума погоды контроль показаний приборов уделяется 30—40% времени. Формирование умений перекрестного контроля приборов и внешней обстановки должно входить составной частью в подготовку к полетам в СМУ.

Поскольку полеты в условиях низкого минимума проводятся сравнительно редко, навыки летчиков в попеременной смене ориентировки, как правило, слабые. В связи с этим во время тренировок желательно использовать специальную шторку с изменяемой прозрачностью, что позволяет имитировать различные погодные условия и тем самым создавать хорошее подобие психологической реальности.

Обобщая изложенное, перечислим некоторые общие рекомендации, касающиеся обучения полетам в условиях низкого минимума погоды:

— для данных погодных условий основным режимом следует считать автоматический. Сам по себе этот режим не снимает эмоциональное напряжение на посадке, так как первоначально требует выработки психологического доверия к нему. С этой целью вначале в визуальном полете, а затем под шторкой в ПМУ следует произвести не менее 10—12 заходов до высоты 60 м с последую-

щим уходом на второй круг. Посадку осуществлять, открывая шторку последовательно на высоте 100, 80 и 60 м, акцентируя внимание на конкретном удалении от торца ВПП;

— в процессе подготовки необходимо целенаправленно отрабатывать взаимодействие между членами экипажа, предусматривающее изложенное выше разделение функций между командиром и вторым пилотом;

— определяя готовность к полетам при низком минимуме погоды, следует учитывать умение летчика выполнять посадки, определять отказы САУ и продолжать полет в позиционном режиме управления;

— на заключительном этапе подготовки — при полетах в реальных СМУ — особое внимание обращать на формирование умственных навыков к сопряженным действиям, направленным на пространственную ориентировку и пилотирование. Именно на данном этапе подготовки окончательно формируется психологическая готовность к полетам при низком минимуме погоды.

Глава 3

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОСАДКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ И ВИЗУАЛЬНЫХ ПОСАДОЧНЫХ СИСТЕМ

3.1. Инженерно-психологические вопросы внедрения индикаторов на электронно-лучевых трубках

Эффективность деятельности экипажа и безопасность посадки тесно связаны с усовершенствованием средств отображения информации, которые не в полной мере соответствуют психофизиологическим возможностям человека в полете по ее восприятию и переработке. Затруднения при управлении самолетом и ориентировке по приборам связаны с дискретным поступлением разрозненных пилотажных сигналов, которые летчик должен предварительно обобщить, чтобы иметь возможность оценить правильность выполнения режима полета и планировать управляющие воздействия. Выполнение одновременно с пилотированием задач, требующих отвлечения внимания летчика от приборов (ведение осмотровельности, поиск наземных ориентиров и др.), усугубляет трудности взаимодействия летчика с СОИ. Поэтому усовершенствование СОИ — это вопрос облегчения деятельности летчика в целях обеспечения эффективности и надежности его действий. В настоящее время как наиболее перспективные с технической точки зрения и психологически обоснованные развиваются следующие способы совершенствования СОИ:

— улучшение оформления лицевых частей приборов и оптимизация их взаимного расположения для облегчения считывания показаний и формирования образа полета;

— повышение наглядности информации о положении самолета в пространстве и относительно местности для облегчения переработки информации при дефиците времени;

— интеграция пилотажной информации, т. е. представление ее в обобщенном виде;

— выдача предварительно обработанной информации (командных сигналов);

— совмещение разных видов информации, нужных летчику одновременно, в одном поле восприятия;

— обеспечение единства принципов индикации на разных приборах и системах приборов.

Особую актуальность имеют работы, направленные на повышение наглядности индикации пространственного положения и положения самолета относительно местности, пункта назначения, аэродрома, взлетно-посадочной полосы и т. п. Наглядность индикации приобретает все большее значение в связи с увеличением интенсивности полетов, выполняемых в сложных метеорологических условиях с заходом на посадку вне видимости наземных ориентиров.

К наиболее радикальным способам совершенствования СОИ следует отнести интеграцию информации, поскольку она позволяет преодолеть основной недостаток существующей системы — дискретность контроля параметров полета. Одним из важнейших способов решения этой задачи явилось создание командных (директорных) приборов. И у нас, и за рубежом разработано большое количество модификаций директорных приборов. Следует заметить, что на всех разрабатываемых модификациях этих приборов широко используется цветовое кодирование информации (яркая раскраска сферы авиагоризонта, сигнальных бленкеров и других элементов лицевой части), способствующее улучшению восприятия летчиком пилотажной информации.

Директорные указатели на разных приборах имеют разную длину, форму, по-разному индицируют заданное значение. Так, на одних приборах директорные стрелки взаимно перпендикулярны и всегда имеют точку пересечения при выполнении летчиком заданных вычислителем команд по управлению положением центра масс самолета на глиссаде планирования. Точка пересечения находится в центре авиагоризонта, когда команда выполнена точно. На других индикаторах имеется дельтовидный указатель (моноиндекс), расположенный над силуэтом самолета, как бы указывая ему путь, по которому он должен следовать.

При любой форме представления пилотажной информации летчику выдаются команды на выполнение движений по пилотированию, обеспечивающие оптимальный способ сохранения заданного режима полета.

Наиболее широкие возможности для реализации перспективных способов оптимизации СОИ представляют индикаторы на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ). Эти индикаторы постепенно входят в обиход. БЦВМ обеспечивает воспроизведение на индикаторах информации в соответствии с режимом полета и выполняемой каждым из них функцией.

Разрабатываемые пилотажно-навигационные комплексы с СОИ на ЭЛТ включают: коллиматорный индикатор (или по другой терминологии — индикатор на лобовом стекле), индикатор обстановки в вертикальной плоскости, индикатор обстановки в горизон-

тальной плоскости, индикаторы контроля состояния бортовых систем. Предполагается, что единая интегральная система информации на ЭЛТ позволит успешно решить не только технические проблемы (в частности, обеспечить предъявление возрастающего объема информации от различных средств на ограниченной площади приборной доски), но и психологические (оптимизировать условия для восприятия количественной приборной и наглядной естественной информации, повысить ее наглядность, сократить объем одновременно выдаваемой летчику информации).

Одним из наиболее ценных нововведений, полученных главным образом благодаря использованию ЭЛТ, многие специалисты считают индикатор на лобовом стекле (ИЛС). Последний представляет специальный полупрозрачный экран, устанавливаемый перед передней частью остекления кабины на уровне головы летчика. Сквозь этот экран летчик видит внекабинное пространство, и на него проецируется с помощью специальной оптики информация о параметрах движения самолета, формируемая на ЭЛТ.

Предполагается, что индикация на лобовом стекле облегчит летчику получение информации на тех этапах полета, где отвлечение на обзор внекабинного пространства создает предпосылки для пропуска важной пилотажной информации, потери пространственной ориентировки и ориентировки на местности. При выполнении многих этапов, прежде всего при заходе на посадку, летчику приходится пилотировать частично по приборам, частично с использованием наземных ориентиров. Направление взгляда и фокусировка глаз летчика при этом непрерывно меняются, создаются два поля обзора и два значимых, пространственно разнесенных объекта внимания. В таких условиях процессы восприятия и переработки информации более эффективны при совмещении двух полей обзора.

При использовании индикации на лобовом стекле летчик смотрит на землю и одновременно видит шкалы пилотажных и навигационных параметров. Эти шкалы фокусируются на бесконечность. Летчику нет нужды переводить взгляд в кабину и адапти-

Таблица 3.1
Характеристики восприятия летчиком лицевой части ИЛС

Показатель качества восприятия	На нейтральном фоне		На фоне ориентиров	
	Простая лицевая часть	Сложная лицевая часть	Простая лицевая часть	Сложная лицевая часть
Латентное время оценки показаний, с	1,34	2,7	1,76	2,19
Пропущенные ориентиры, %	—	—	6	31

Примечание. Простая лицевая часть — 3—5 параметров, сложная — 6—9 параметров.

ровать глаза к новым значениям освещенности и дальности до объектов наблюдения (приборов). Таким образом, индикатор на лобовом стекле обеспечивает возможность летчику сосредоточить внимание на обзоре внекабинного пространства с одновременным наблюдением нужных параметров, и, следовательно, его использование при выполнении захода на посадку и посадки вполне оправдано.

Вместе с тем установлено, что совмещение в одном поле зрения разнородной информации требует ограничения количества индицируемых на ИЛС параметров. Результаты проведенного эксперимента (табл. 3.1) позволяют доказать:

— для надежности восприятия не безразлично, на каком фоне предъявляется информация (на фоне изображения наземных ориентиров или без такового);

— эффективность взаимодействия летчика с ИЛС зависит от степени насыщенности лицевой части индикатора; чрезмерное насыщение информативными единицами (более 5) оказывает отрицательное влияние на надежность восприятия (увеличиваются время восприятия и число ошибок).

На первых порах широкого обсуждения в печати функций пилотажных индикаторов на ЭЛТ больше всего внимания уделялось пропаганде идеи визуализации полета, которую, казалось, помогут реализовать экранные индикаторы. Обсуждались так называемые аналоги визуального полета, изображения типа «дороги в небо», телеизображения внешнего пространства [6, 13]. Считали, что внедрение ЭЛТ принципиально изменит способ представления информации и, следовательно, структуру действий летчика (прежде всего процессы восприятия и преобразования информации), сблизив тем самым условия полета по приборам и визуального полета.

Однако к началу 70-х годов стало ясно, что с помощью ЭЛТ не может быть достигнута та реальная визуальная картина, которая открывается взору летчика непосредственно через стекло фонаря кабины. Кроме того, пилотирование современного самолета требует инструментальной количественной информации. Эти два обстоятельства, по-видимому, обусловили конструирование пилотажных индикаторов на ЭЛТ, в которых, как и на привычных электромеханических приборах, используется параметрический, условный принцип представления информации. Правда, вместо круглых шкал используются линейные (вертикальные и горизонтальные), часто без оцифровки; для индикации пилотажных параметров широко применяются и счетчики.

Применение пилотажных индикаторов на ЭЛТ вносит ряд изменений в способы выдачи информации, с их особенностями нельзя не считаться при оценке взаимодействия летчика с системой информации. Речь идет о новой компоновке шкал, о нетрадиционном внешнем их оформлении, о качественно новых способах кодирования пилотажных сигналов, которые требуют от летчика перестройки и даже новой организации перцептивных и мыслительных процессов, что, несомненно, скажется на качестве его действий.

Гибкость индикаторов на ЭЛТ, т. е. возможность выдачи информации с разделением во времени, быстрой смены способов кодирования одних и тех же параметров, позволяя максимально использовать площадь приборной доски, уменьшая в какой-то степени насыщенность информацией оперативного поля восприятия, одновременно создает проблему загрузки мышления, поскольку летчик должен выбрать тот или иной режим работы индикатора, состав предъявляемых сигналов. Смена состава информации, изменение масштаба шкал при переходе от одного этапа (режима) полета к другому предъявляют повышенные требования к оперативному мышлению и памяти летчика.

Изучение существующих электронных индикаторов свидетельствует о разном в представлении основных пилотажно-навигационных параметров. Так, например, такие параметры, как скорость и высота, представляются счетчиками, шкалой и точкой, шкалой и индексом, столбиком по типу термометра и т. д. Форма представления директорных индексов, линии искусственного горизонта, силуэта самолета имеет более десяти вариаций.

Как показали экспериментальные исследования, от используемых на электронных индикаторах способов кодирования параметров полета прямо зависят эффективность и надежность действий летчика. Например, пилотирование по электронному индикатору, на котором информация о скорости и вертикальной скорости была представлена в виде подвижных вертикальных шкал, а высота индицировалась летчиком, сопровождалось нарушением ранее выработанных сенсомоторных навыков при заходе на посадку в позиционном режиме управления, следствием которой явилось снижение точности пилотирования, изменение двигательной активности (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Показатели эффективности и структуры действий летчика при заходе на посадку в зависимости от используемой системы индикации

Режим захода	Система индикации	Отклонение от заданных значений, мКА		Расход рулей, усл. ед.		Амплитуда ЭМГ правой руки, мкВ	
		по курсу	по глиссаде	направления	высоты	М	σ
Позиционный	Электронный индикатор	0,94	0,48	8,9	6,3	104	29,8
	Приборная доска	0,56	0,21	3,3	3,4	84	27,3
Директорный	Электронный индикатор	0,28	0,12	3,7	0,8	72	25,7
	Приборная доска	0,32	0,11	4,3	0,85	69	20,6

Важно подчеркнуть, что при пилотировании в директорном режиме управления не отмечалось нарушений навыка пилотирования и структуры действий летчика. Это объясняется двумя обстоятельствами. Первое: способ кодирования директорной информации мало вариативен из-за высокой степени обобщенности сигналов. В данном случае на ЭЛТ изменены лишь форма и чувствительность индекса. Последняя характеристика — единственная, к которой должен приспособливаться летчик. Второе: пилотируя по директорным сигналам, летчик пользуется обедненным, «редуцированным» образом полета, и эффективность его действий в меньшей степени зависит от способов кодирования пилотажных параметров.

Причина нарушения навыка при позиционном управлении в том, что в связи со спецификой кодирования пилотажных сигналов затруднена регуляция двигательных актов по управлению самолетом. Навык пилотирования сформирован на основе информационной модели, представленной на приборной доске: круглые неподвижные шкалы выдают информацию не только о количественном значении параметра, но и о тенденции его изменения; более простым при их использовании является качественное считывание. Реализованные способы кодирования пилотажной информации на ЭЛТ (счетчики высотно-скоростных параметров или подвижные вертикальные шкалы, индикация только качественных характеристик отдельных параметров и др.), как показало исследование, требуют сознательного контроля при построении двигательных актов. Прежде чем сделать какое-то движение, отмечали летчики, приходится мысленно его рассчитывать.

Казалось бы, в этих условиях обращение к приборам на приборной доске должно повысить эффективность пилотирования, ибо выработанный у летчиков навык приспособлен именно к данной информационной модели. Однако, как показали эксперименты, переход от электронной СОИ к индикаторам на приборной доске не только не облегчает пилотирование, но даже снижает его качество (табл. 3.3), что связано с затруднениями как в восприятии инфор-

Таблица 3.3

Изменение показателей качества и структуры деятельности летчика после перехода с электронного индикатора на приборную доску

Анализируемый показатель	Изменение, %
Снижение точности выдерживания режима	На 27
Увеличение расхода рулей	На 36
Увеличение числа зрительных фиксации в единицу времени	На 50

мации, так и в построении управляющих движений. Отмеченные затруднения проявились в увеличении (на 36%) расхода рулей, а также в изменениях структуры сбора информации. Если при

венным фактором, определяющим надежность действий по пилотированию самолета. Полученные факты дают основание считать, что для повышения эффективности действий, а соответственно и безопасности полета при совместном использовании электронной СОИ и традиционных электромеханических пилотажно-навигационных приборов важную роль играет их психологическое сходство, означающее обеспечение идентичности способов индикации параметров, преемственности взаиморасположения шкал, а также сходство основных элементов их оформления (одно и то же расположение нулевой отметки, знака отклонения от нее, масштаба и цены деления). Реализация этих требований и, в частности, представление на электронном индикаторе информации о высотно-скоростных параметрах на неподвижных шкалах, индикация тенденций изменения параметров, кодируемых цифровыми счетчиками, исключение изменения масштабов шкал в зависимости от этапа и режима полета позволили существенно повысить точность выдерживания параметров полета (табл. 3.4) и его безопасность при сохранении преемственности структуры навыка пилотирования (в сравнении с пилотированием по традиционным электромеханическим приборам).

Таблица 3.4

Сравнение характеристик действий летчика при заходе на посадку в позиционном режиме управления

Анализируемый показатель	Тип СОИ	
	электронная	ПД
Вероятность выхода за пределы допуска:		
по курсу	0,07	0,07
по глиссаде	0,04	0,05
Уровень нервно-эмоционального напряжения, отн. ед.	0,8	1,0
Величина расхода рулей, усл. ед.	12	11

В специальных экспериментах на пилотажном тренажере эффективность взаимодействия летчика с системой электронной индикации на ЭЛТ, способы кодирования для которой были выбраны с учетом изложенных выше принципов, оценивалась при моделировании условий захода на посадку в СМУ.

В состав СОИ на ЭЛТ входили индикатор вертикальной обстановки и индикатор на системе (ИЛС).

Полетное задание предусматривало выполнение заходов на посадку в различных режимах управления (автоматическом, директорном и позиционном) с использованием одного из следующих вариантов СОИ: I — обычная приборная доска; II — приборная доска и индикатор на стекле (ПД + ИЛС); III — электронный ин-

дикатор вертикальной обстановки (ИВО) и ИЛС. Моделировались условия захода на посадку при метеовидимости 3 и 1 км.

Эффективность действий летчика оценивалась в сравнительном плане. Условиями для сравнения были: вариант СОИ, уровень автоматизации управления самолетом, степень сложности полетного задания («выход из облаков» на удалении 3 и 1 км, наличие бокового уклонения).

Для оценки надежности пространственной ориентировки и выявления особенностей принятия решения на посадку в зависимости от используемой СОИ имитировались условия увода самолета с посадочного курса. Линейное боковое уклонение самолета составляло 100 и 200 м от оси ВПП.

Полученные в экспериментах данные о структуре сбора информации (табл. 3.5) показывают, что ИЛС активно используется летчиком как на этапе полета до установления контакта с ВПП, так и после «выхода из облаков». Это свидетельствует о соответствии представленной на ИЛС информации потребностям летчика.

Таблица 3.5

Относительная продолжительность (%) контроля ИЛС и внекабинного пространства в зависимости от используемой СОИ (до контакта с ВПП)

Вариант СОИ	Режим управления		
	автоматический	директорный	позиционный
ПД	2,3	1,1	0,2
ПД+ИЛС	19,2	26,1	18,6
ИВО+ИЛС	24,6	18,2	15,9

Таблица 3.6

Относительная продолжительность (%) контроля средств индикации в кабине после появления ВПП

Вариант СОИ	Режим управления	Появление ВПП на удалении	
		3 км	1 км
ПД	Автоматический	43,2	20,9
	Директорный	46,3	29,4
	Позиционный	34,5	39,3
ПД+ИЛС	Автоматический	16,1	6,2
	Директорный	14,0	13,7
	Позиционный	17,6	9,5
ИВО+ИЛС	Автоматический	4,8	3,0
	Директорный	3,5	4,0
	Позиционный	2,7	2,6

Характерно, что при наличии в составе СОИ ИЛС летчики на этапе полета после «выхода из облаков», попеременно обращаясь к внекабинному пространству и информации на СОИ, существенно меньше времени уделяли средствам индикации в кабине (табл. 3.6). Очевидно, наличие ИЛС облегчает осуществление попеременной ориентировки: приборы — внешняя среда. При использовании СОИ, содержащей ИЛС, время восприятия внутрикабинных индикаторов было наименьшим и в наиболее сложных условиях захода на посадку (с боковым уклонением). Это способствовало повышению эффективности действий летчика в усложненных условиях полета (выход из облаков на удалении 1000 м с уклонениями от оси ВПП). Как видно из гистограммы (рис. 9), качество захода на посадку при использовании СОИ, включающей ИЛС, было выше, чем при пилотировании по ПД.

Наилучшее качество деятельности в усложненных условиях

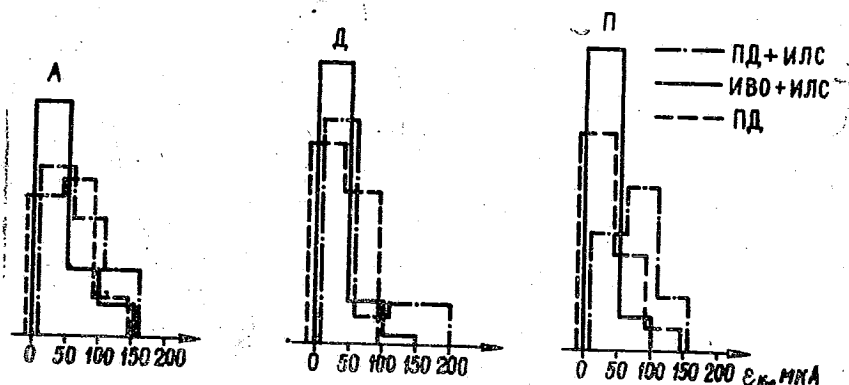


Рис. 9. Гистограмма отклонений от равносигнальной зоны курсового маяка при заходе на посадку в зависимости от используемой системы индикации в автоматическом (А), директорном (Д) и позиционном (П) режимах управления: ПД + ИЛС — приборная доска и индикатор на стекле; ИВО + ИЛС — электронный индикатор вертикальной обстановки и индикатор на стекле; ПД — приборная доска

Таблица 3.7

Средняя амплитуда ($M \pm m$) биоэлектрической активности мышц в зависимости от используемой СОИ, мкВ

Вариант СОИ	Участок захода	Режим управления	
		позиционный	директорный
ПД+ИЛС	До появления ВПП	158±9,2	118±7,8
	После появления ВПП	176±10,8	140±8,3
ИВО±ИЛС	До появления ВПП	135±10	107±14,7
	После появления ВПП	164±14,2	136±17,2

обеспечила СОИ, состоящая из ИВО и ИЛС. Можно полагать, что этому способствует идентичность кодирования пилотажных параметров на ИВО и ИЛС, благодаря которой исключаются отрицательные последствия смены оперативных образов и связанные с ними затруднения в построении управляющих движений, которые имеют место при необходимости совместного использования двух СОИ — ИЛС и ПД, различающихся видами кодирования отдельных параметров. Об этих затруднениях косвенно свидетельствует величина биоэлектрической активности мышц (табл. 3.7). При сравнении СОИ-2 (ПД+ИЛС) и СОИ-3 (ИВО+ИЛС) наблюдались достоверные ($P < 0,05$) различия величины средней амплитуды ЭМГ. Вероятно, при попеременном использовании разнокодовых СОИ актуализируются разные двигательные программы, соответствующая перестройка структуры движений и проявляется в увеличении амплитуды ЭМГ при пилотировании по СОИ-2 (в сравнении с СОИ-3).

Таким образом, результаты экспериментов подтвердили принципиальную возможность эффективного использования системы индикации на ЭЛТ при условии психологически обоснованного выбора объема информации и способов ее представления.

Из всего вышеизложенного следует принципиальный вывод: нельзя внедрять новые технические средства деятельности экипажа без учета психофизиологических возможностей человека, содержания и структуры его деятельности при управлении летательным аппаратом. Только при такой постановке вопроса можно быть уверенным, что будут созданы все необходимые условия для надежной работы экипажа и обеспечения безопасности полета.

3.2. Особенности деятельности летчика при заходе на посадку с использованием лазерной посадочной системы «Глиссада»

Анализируя психофизиологическую сторону результатов научно-технической революции в авиации, касающихся средств посадки, систем отображения информации и управления ЛА, можно утверждать, что уровень их технического совершенства существенно возрос, а уровень сложности деятельности летчика при выполнении захода на посадку остается еще достаточно высоким. Специалисты в области авиационной психологии доказали, что одним из ведущих направлений, обеспечивающих оптимизацию условий деятельности летчика на посадке, является техническое решение проблемы визуализации полета [13].

Под термином «визуализация полета» понимается представление информации о пространственном положении самолета в естественной, привычной для летчика форме. Практически необходимо создать такую картину перед глазами летчика при отсутствии видимости земли, которая была бы сходна с окружающим самолет миром в реальном полете. Основное преимущество визуализации полета состоит в том, что такая информация не требует декодирования, в то время как любой вид индикации предполагает опе-

рацию декодирования, т. е. требует преобразования сигналов-символов в представление реальной обстановки, что само по себе является одним из труднейших умственных действий.

За рубежом интенсивно разрабатываются и уже используются визуальные индикаторы угла наклона глиссады [10, 17].

В одной из таких систем VASI применяются огни красного и белого цвета, установленные таким образом, что при нахождении самолета на заданной глиссаде планирования летчик видит смешанный розовый цвет огней, а при отклонениях самолета от глиссады (вверх или вниз) — соответственно только огни белого или красного цвета.

В системе PAPI используются четыре группы красных и белых огней, установленных под углами, слегка отличающимися друг от друга, благодаря чему летчик самолета, снижающегося точно по глиссаде, видит в каждой группе определенное количество красных и белых огней. При отклонениях самолета от заданной глиссады летчик видит разное количество красных и белых огней, что позволяет ему определять положение самолета относительно глиссады с точностью до 2 м.

Еще одна система визуальной индикации глиссады снижения PLASI основана на использовании пульсирующих источников света красного и белого цвета. Постоянный белый свет виден летчику, когда самолет движется точно по заданной глиссаде, пульсирующий красный — при нахождении самолета выше глиссады, пульсирующий белый — ниже глиссады. При этом частота пульсаций увеличивается с увеличением отклонения самолета, уменьшается по мере его приближения к заданной глиссаде.

К средствам визуальной индикации посадочной траектории относится и разработанная в нашей стране лазерная система посадки (ЛСП). Система построена на использовании принципов проективной геометрии и эффекта рассеяния в атмосфере лазерного излучения видимого диапазона [4]. В этой системе расчетная посадочная траектория представлена тремя протяженными, видимыми в пространстве линейными ориентирами (лучами), один из которых обозначает курс посадки, два других — глиссаду снижения. Лучи, проецируясь на плоскость перпендикулярно к направлению взгляда летчика, создают определенный посадочный символ, форма которого однозначно определяет положение самолета на траектории посадки (рис. 10). Лазерная система посадки предназначена для пилотирования самолета на посадочной прямой и выполнения посадки в сумерках и ночью.

Система состоит из трех групп лазерных источников видимого диапазона: курсоглиссадной, маркерной и посадочной. Курсоглиссадная группа включает курсовой лазерный маяк с лучом в курсовой плоскости, обозначающим курс посадки, и два глиссадных лазерных маяка с лучами, располагающимися в плоскости планирования и обозначающими глиссаду. В маркерную группу входят два дальних маркерных лазерных маяка, лучи которых обозначают точку пролета ДПРМ, и два ближних маркерных ла-

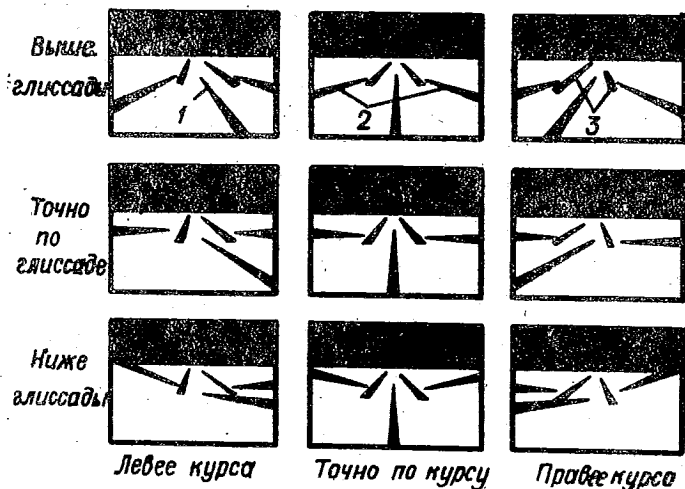


Рис. 10. Индикация лазерной системы посадки:
 1 — курсовой луч; 2 — глиссадные лучи; 3 — лучи, обозначающие границы ВПП

зерных маяка, лучи которых обозначают точку пролета БПРМ. Посадочная группа включает два посадочных лазерных маяка, их лучи обозначают границы взлетно-посадочной полосы.

Безусловно, эффективность использования летчиком ЛСП будет определяться не только ее техническими характеристиками. Внедрение новой инструментальной посадочной системы означает изменение привычной для летчика информационной среды, а следовательно, затрагивает как внешние, так и внутренние (способы восприятия и переработки информации, навыки действий) средства его деятельности. Вот почему возникла необходимость в проведении всестороннего инженерно-психологического исследования взаимодействия летчика с ЛСП, конечной целью которого было определение места ЛСП в комплексе средств для посадки ЛА.

Исследования были направлены на решение следующих задач:

1) оценку эффективности и изучение структуры деятельности летчика при заходе на посадку по ЛСП в простых и сложных метеорологических условиях;

2) выявление особенностей пространственной ориентировки летчика при пилотировании по ЛСП;

3) исследование психофизиологических возможностей летчика по завершению посадки в условиях смены способа ориентировки — при внезапных переходах от пилотирования по ЛСП к пилотированию по приборам (в случае отказов ЛСП), а также при переходе с приборного полета на визуальный с использованием ЛСП.

Эксперименты проводились в реальных полетах. Программа исследований предусматривала выполнение заходов на посадку

ночью по курсоглиссадной системе (СП-50) и ЛСП в нормальных и усложненных (при отказах ЛСП) условиях. Отказы ЛСП (выключение курсового, глиссадных лазерных маяков или всей системы) имитировались в районе ДПРМ неожиданно для летчика. Для сравнения надежности оценки пространственного положения при пилотировании по ЛСП и приборам использовались следующие методические приемы:

— создание «сложного положения», условно названного «дезориентацией». Самолет плавно уводился инструктором с заданной траектории (при этом приборная доска и остекление кабины летчика закрывались шторками). После открытия шторок летчик брал управление, оценивал пространственное положение самолета и возвращал самолет на заданную траекторию;

— имитация полетов в сложных метеоусловиях. С этой целью использовалась шторка, закрывающая остекление кабины летчика. На высоте 150 м шторка открывалась, и летчики заканчивали заход, используя ЛСП или стандартное светотехническое оборудование аэродрома.

Полеты в реальных СМУ выполнялись при метеоусловиях трех уровней сложности: первый — нижний край облачности 300 м, горизонтальная видимость 4000 м; второй — 200×2000 м; третий — 100×1000 м. Реальные метеоусловия колебались в пределах $(60 \div 100) \times (1000 \div 1500)$ м. При выполнении заходов в СМУ летчик после выхода из облаков должен был сообщить: «Огни подхода (луч ЛСП) вижу». Величины дальности и высоты в момент доклада являлись определяющими для реального минимума погоды. Оценив обстановку, летчик должен был сообщить: «Заход посадочный», если посадка возможна в зоне точного приземления; «Заход с отклонениями», если посадка возможна вне зоны точного приземления; «Пролет», если посадка невозможна. Уход на второй круг выполнялся на высоте 50 м.

Для сравнительной оценки загруженности летчика при пилотировании по СП-50 и ЛСП использовалась дополнительная задача — тест «Резервы». Тест состоял в выборе заданной цифры из случайной их совокупности на экране индикатора. В процессе захода летчику в случайном порядке предъявляли цифры от 0 до 9, на заданную цифру он должен был реагировать нажатием кнопки на штурвале.

Для регистрации параметров деятельности и состояния летчика использовались осциллограф К-20-21, электроэнцефалограф, магнитные накопители, киносъемочная аппаратура, магнитофон. Все виды регистрации осуществлялись синхронно благодаря единой отметке времени. После полета с летчиками проводилась беседа и они заполняли анкету-опросник.

В качестве основных критериев оценки эффективности взаимодействия с ЛСП использовались:

— показатели качества пилотирования (отклонения от равносигнальных зон курсового и глиссадного радиомаяков, высота полета контрольных точек — ДПРМ, БПРМ);

— показатели структуры сбора информации (относительное время контроля приборов и внекабинного пространства; средняя длительность фиксаций и дискретность контроля пилотажных приборов);

— временные характеристики (среднее время отвлечения внимания летчика от процесса пилотирования при работе с тестом «Резервы»; латентное время от момента ввода «сложного положения» до первого управляющего движения, время от момента ввода «сложного положения» до возвращения самолета на заданную траекторию);

— физиологические показатели (частота сердечных сокращений, уд./мин; величина средней амплитуды электромиограммы сгибателей кисти и пальцев правой руки, мкВ);

Таблица 3.8

Качество выдерживания высоты при полете БПРМ

Условия захода	Распределение нормативных оценок, %		
	«отлично»	«хорошо» (+10; -5 м)	«удовлетворительно» (+15; -10 м)
ЛСП	31	59	10
СП-50	6	63	31
ЛСП при отказе глиссидных лучей	22	44	34
Под шторкой с переходом на ЛСП	41	50	9
Под шторкой с переходом на светотехническое оборудование	8	65	27

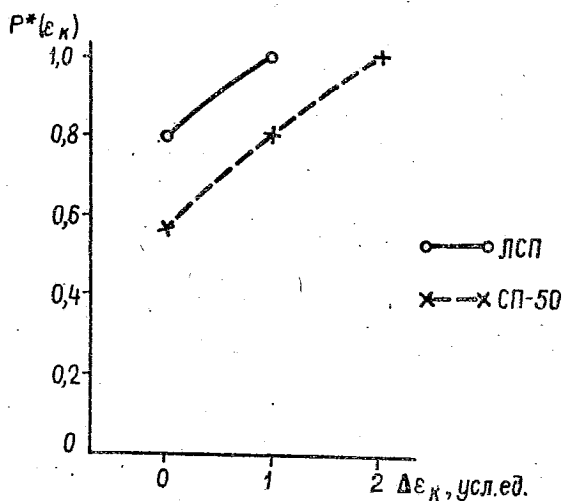


Рис. 11. Функции распределения отклонений от равносигнальной зоны курсового маяка при полете ДПРМ

— субъективные мнения летчиков (по материалам анкетного опроса и радиоинтервью).

Рассмотрим некоторые характеристики качества действий летчиков. Как видно из табл. 3.8 и рис. 11, точность выдерживания посадочной траектории при пилотировании по ЛСП была выше, чем по СП-50. В частности, при пилотировании по СП-50 в 3 раза большим было число случаев предельно допустимых отклонений по высоте пролета БПРМ (как правило, в сторону понижения).

Анализ данных о структуре сбора информации показал, что в полете по ЛСП подавляющую часть времени (95—97%) летчики уделяли восприятию информации из внекабинного пространства, практически не обращаясь к приборам (табл. 3.9). Имели место лишь отдельные фиксации взгляда, чаще всего на высотомере и указателе скорости.

При пилотировании по СП-50 даже в простых метеоусловиях, как показывают материалы табл. 3.9, летчику недостаточно качественной информации о положении самолета, которую он получает из внекабинного пространства (уделяя ему 35—55% времени на участке от ДПРМ до БПРМ). Следовательно, ночной полет при пилотировании по СП-50 (в отличие от полета с использованием ЛСП) не является чисто визуальным, а связан с попеременной сменой способов ориентировки (непосредственной по визуальным

Таблица 3.9

Относительная продолжительность (%) контроля приборов и внекабинного пространства при заходе на посадку

Условия захода	Внекабинное пространство	Приборы
ЛСП	96,7	3,3
СП-50	35,5	64,5

ориентирам и опосредствованной по показаниям приборов). К тому же при пилотировании по курсоглиссадной системе летчик не может управлять только по планкам положения. Ему необходимо использовать еще информацию о курсе или курсовом угле радиостанции, чтобы ясно представлять положение самолета относительно оси ВПП, а также контролировать вертикальную скорость снижения (по вариометру) или угол тангажа (по авиагоризонту), поскольку глиссадная планка положения не дает информации о положении самолета по углу тангажа и поэтому не позволяет прогнозировать движение самолета в вертикальной плоскости. Визуальный же контроль режима снижения на глиссаде при полетах ночью недостаточно эффективен.

В отличие от пилотирования по курсоглиссадной системе использование ЛСП позволяет летчику контролировать положение

самолета на глиссаде снижения (до высоты выравнивания) только по лучевому символу, прогнозировать возможные изменения положения самолета и режима полета, что и обеспечивает повышение точности управления.

Как известно, задача управления самолетом не исчерпывает содержания процесса пилотирования. Второй его составляющей является пространственная ориентировка. При выполнении захода на посадку ночью ориентировка в пространстве требует как восприятия естественной информации, так и активной оценки инструментальной информации о положении и характере перемещения самолета относительно поверхности земли и других внекабинных ориентиров, т. е. осознанного формирования образа пространственного положения. В связи с этим возникают затруднения в выдерживании заданных значений параметров полета, поскольку летчик не всегда может отреагировать на все необходимые для точного управления сигналы. Раздвоенность процесса восприятия и переработки информации на два самостоятельных действия — собственно управление и ориентировку в пространстве — определяет психологическую сложность пилотирования. Такое понимание особенностей процесса пилотирования лежит в основе требования к наглядности индикации пространственного положения. Чем нагляднее представляемая летчику картина положения самолета в пространстве, тем легче сформировать образ пространственного

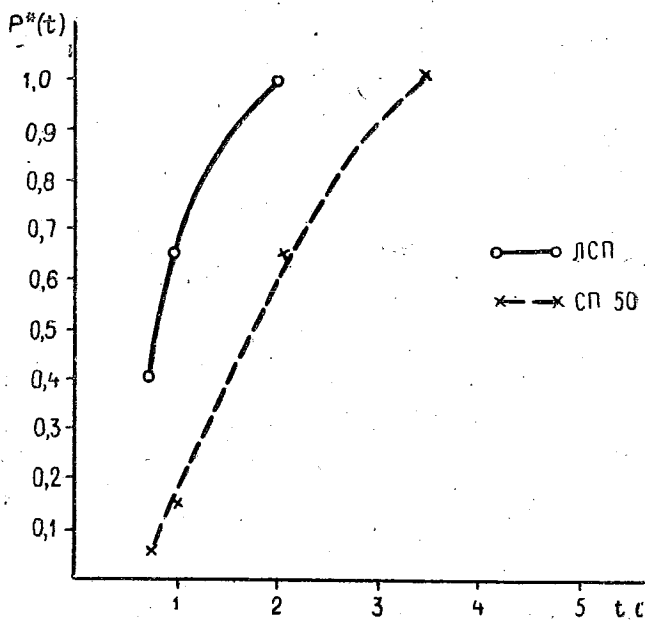


Рис. 12. Функции распределения латентного времени восстановления пространственной ориентировки

положения. Тем самым обеспечивается и более высокая эффективность действий в процессе пилотирования.

Реализованный в ЛСП наглядный способ индикации пространственного положения позволяет летчику достаточно надежно и эффективно выполнять задачу управления и ориентировку в пространстве. Об этом свидетельствуют характеристики действий летчиков при выводе самолета из «сложных положений». Анализ распределения латентного времени первого движения по выводу самолета на заданную траекторию (рис. 12) свидетельствует, что по ЛСП летчики быстрее оценивают свое пространственное положение, чем по приборам. Если при пилотировании по ЛСП в 65% случаев это время не превышало 1 с, то при пилотировании по приборам только в 15% случаев летчики начинали устранять отклонения от посадочной траектории в первую секунду. В подавляющем большинстве случаев ($P=0,95$) латентное время первого движения при пилотировании по ЛСП не превышало 2 с, а по приборам оно в 50% случаев лежит в диапазоне 2—3,5 с. Отмеченные различия не случайны. Оценка пространственного положения по приборам связана с сопоставлением показаний нескольких приборов. Как показал анализ маршрутов движений глаз летчика, первому движению, как правило, предшествовало сопоставление показаний авиагоризонта, навигационно-планового прибора с информацией, полученной из внекабинного пространства; в 25% случаев зона ориентировки расширялась за счет включения в нее кроме перечисленных приборов также вариометра и высотомера. Таким образом, оценка пространственного положения по приборам представляет процесс решения, протекающий на речемыслительном уровне.

При пилотировании по ЛСП летчики определяли свое пространственное положение в 85% случаев только по лучевому символу, а в 15% использовали и показания приборов (в основном при отклонениях по крену). Пространственная ориентировка при пилотировании по ЛСП осуществляется, как правило, на сенсорно-перцептивном уровне, при этом не требуется специальной интеллектуальной деятельности. Отсюда и меньшие затраты времени на оценку пространственного положения.

Вывод из сложного положения по ЛСП проходит быстрее, чем по СП-50. Если время восстановления режима по ЛСП не превышало 12 с (рис. 13), то по приборам за 12 с режим удалось восстановить: по глиссаде — в 75% случаев, по курсу — только в 35%.

Данные о структуре сбора информации убедительно показывают, что в полетах с использованием ЛСП летчики восстанавливали режим, как правило, не обращаясь к приборам (более 95% времени уделяли восприятию лучевого символа). Точность прохода БПРМ в заходах с вводом «сложных положений» при пилотировании по ЛСП была выше (по сравнению с пилотированием по приборам).

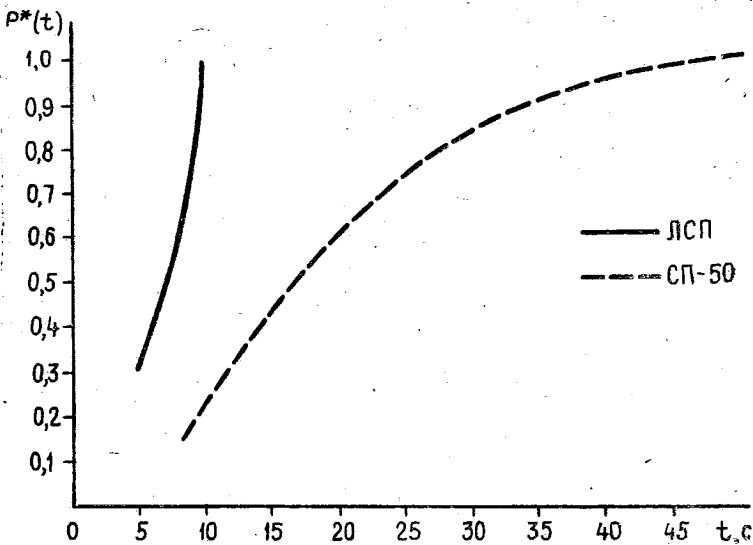


Рис. 13. Функции распределения времени восстановления режима после дезориентации

Таким образом, при полете ночью в простых метеорологических условиях ЛСП обеспечивает как надежность восстановления пространственной ориентировки после частичной дезориентации, так и более высокую точность пилотирования (по сравнению с управлением в позиционном режиме), а следовательно, и вероятность успешного завершения посадки.

Рассмотрим, в чем же заключается основное преимущество ЛСП по сравнению с другими системами посадки с точки зрения оптимизации условий деятельности летчика. Как отмечалось выше, в ночном полете летчику необходимы специальные умственные действия по формированию представления о пространственном положении. Мысленное построение трехмерной картины положения самолета в пространстве путем декодирования сигналов-символов (показаний приборов), т. е. перевода их в представление реальной обстановки, — сложное умственное действие. При полете по ЛСП система стрелочных приборов заменяется целостным изображением, что значительно облегчает пространственную ориентировку. Летчик непосредственно воспринимает трехмерную картину своего положения в пространстве, благодаря этому полет по ЛСП приближается к визуальному полету по своему внутреннему психологическому содержанию. Это, с одной стороны, определяет самостоятельное место ЛСП в комплексе средств для посадки самолетов, а с другой — объясняет, почему ЛСП облегчает деятельность летчика, повышая ее эффективность.

Повышение эффективности кроме высокой точности пилотирования и быстрого восстановления пространственной ориентировки после частичной дезориентации выражается в высвобождении резервов времени, т. е. в возможности на более длительное время отвлекаться от пилотирования без ущерба для его качества. Как видно из рис. 14, резервы времени в полете с использованием ЛСП были больше, чем при заходе на посадку по системе СП-50.

Оценка роли новой посадочной системы в обеспечении безопасности полета предполагала и определение возможности резервирования летчиком ее отказов. Известно, что при отказах посадочных систем и пилотажно-навигационных комплексов наиболее важным является определение причины и смысла случившегося. Именно на распознавание характера отказа и принятие ре-

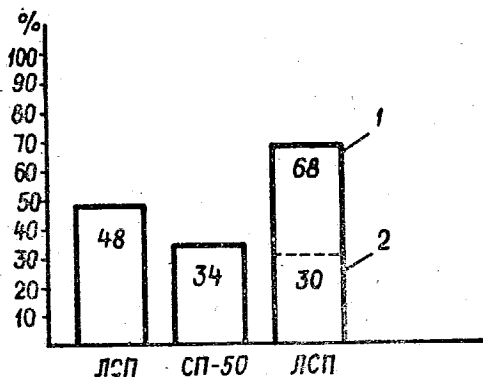


Рис. 14. Резервы времени при заходе на посадку у летчика с большим (1) и малым (2) опытом полетов по ЛСП

шения летчик затрачивает большую часть (2/3) времени действий в аварийной ситуации [14]. При отказах ЛСП отсутствие лучей (всех, двух или одного) несет готовое решение для летчика. Во многом благодаря этому эффективность резервирования отказов была высокой. При всех видах отказов ЛСП летчики успешно завершили заход на посадку.

При отказе курсового лазерного маяка летчики пилотировали в основном по глиссадным лучам, эпизодически контролируя показания приборов (9% общего времени контроля). Точность выдерживания курса посадки при этом была достаточно высокой: величина отклонений от курса при пролете БПРМ не превышала 10 мкА.

При отказе глиссадных маяков летчики до 79% времени уделяли восприятию информации из внекабинного пространства, а значит, активно пользовались курсовым лучом. Вместе с тем они больше времени — 20% (по сравнению с 9% при отказах курсо-

вого лазерного маяка) уделяли контролю показаний приборов, из них около 15% времени — приборам, дающим информацию о положении самолета на глассе снижения. Эти данные говорят о том, что в ночных условиях визуальный контроль правильности выдерживания глассы (даже при наличии дополнительного протяженного ориентира — курсового луча) затруднен. Последнее подтверждается и наличием тенденции к преждевременному снижению (см. табл. 3.8).

При полном отказе ЛСП переход на позиционное управление сопровождается снижением точности пилотирования, однако ни в одном из заходов не потребовался уход на второй круг.

ЛСП может рассматриваться как компонент посадочного комплекса не только в простых, но и в сложных метеоусловиях. Как показали результаты экспериментальных полетов, при имитации сложных метеоусловий ЛСП обеспечивает оптимизацию действий летчика. Если после открытия шторки («выхода из облаков») и перехода на визуальный полет с использованием светотехнического оборудования летчики продолжали активно контролировать показания приборов (каждые 2—3 с), то при переходе на пилотирование по ЛСП они более 80% времени уделяли восприятию информации из внекабинного пространства. При этом длительность фиксации взгляда вне кабины намного больше, чем при полете с использованием светотехнического оборудования (7,9 и 1,5 с соответственно), а к приборам летчики обращаются реже в 5—8 раз.

Следовательно, если при пилотировании по СП-50 после перехода на визуальный полет естественные ориентиры отвечают только на один вопрос — «куда лечу», а необходимая точность управления заставляет летчика снимать количественную информацию с приборов, то ЛСП дает летчику информацию не только о пространственном положении, но и для построения управляющих движений. Кроме того, использование ЛСП позволяет исключить (или во всяком случае свести к минимуму) частоту смены способов ориентировки (инструментальной и визуальной). Это обстоятельство является весьма существенным положительным фактором с точки зрения безопасности полета.

Вместе с тем полеты по ЛСП в реальных сложных метеоусловиях показали, что существенное влияние на структуру и эффективность действий летчика оказывает уровень сложности посадочных условий. При первом уровне сложности (300×4000 м) летчики после выхода из облаков устанавливали надежный зрительный контакт с внекабинными ориентирами (лучами ЛСП или огнями подхода).

Как видно из табл. 3.10, при переходе на пилотирование с использованием светотехнического оборудования (СТО) летчики продолжали контролировать показания приборов, а при наличии ЛСП более 90% времени они уделяли восприятию информации из внекабинного пространства. При этом длительность фиксации взгляда на внекабинных ориентирах намного больше, чем в полете

с использованием СТО (17,1 и 2,0 с соответственно), а к приборам летчики обращались реже в 3—7 раз.

Процесс пилотирования при метеоусловиях 200×2000 м характеризовался тем, что в начальный момент выхода из облаков из-за плохой горизонтальной видимости недостаточно четко определялись визуальные внекабинные ориентиры. В этих условиях, наблюдая ЛСП в виде красного размытого пятна, летчики обращались к ней каждые 2—3 с. В полете без ЛСП внекабинным ори-

Таблица 3.10

Структура сбора информации летчиком после выхода из облаков (метеоусловия 300×4000 м)

Система информации	Относительное время контроля, %					
	внекабинного пространства	авиго-ризонта	навигационно-планового прибора	вариметра	высотомера	указателя скорости
ЛСП	90,8	1,8	6,2	0,3	0,3	0,6
Приборы и СТО	53,0	7,3	32,9	1,5	3,1	2,2

ентирам уделялось 9—10% времени против 43%. При устойчивом визуальном контакте со световыми ориентирами последующее пилотирование было сопряжено с попеременной сменой ориентировки: приборной (60—70% времени) и внекабинной (30—40% времени), тогда как при отчетливой видимости ЛСП (на удалении 2—2,5 км при горизонтальной видимости 2000 м) летчики уделяли ей основное внимание (84—97% времени). Точность выдерживания посадочной траектории при горизонтальной видимости не хуже 2000 м была выше при использовании ЛСП (табл. 3.11). Кроме того, в данных погодных условиях ЛСП способствовала сокращению времени принятия решения на посадку или уход на второй круг (табл. 3.12).

При метеоминимуме 100×1000 м наличие ЛСП не оказало заметного влияния на эффективность и структуру действий летчика в связи с недостаточно надежным и поздним ее обнаружением. По этой причине в трех (из 11) заходах на посадку при этих условиях летчики приняли решение на уход на второй круг, так как на высоте 60 м не установили визуального контакта с ЛСП. Как и при использовании штатных средств (приборы и СТО), характерным был попеременный контроль приборов и внекабинных ориентиров после выхода из облаков (табл. 3.13).

Таким образом, при метеоминимумах I—III категории новая визуальная система посадки не имеет преимуществ с позиций обеспечения эффективности действий летчика из-за низкой надежности установления с ней визуального контакта.

Таблица 3.11

Точность выдерживания посадочной траектории в зависимости от используемой СОИ

Метеоусловия, м	Система информации	Отклонение от заданных значений			
		по курсу		по глиссаде	
		М	σ	М	σ
300×4000	ЛСП	14,5	17,0	12,5	22,5
200×2000	Приборы и СТО	25,5	18,5	36,0	39,0
	ЛСП	18,5	22,5	51,5	48,0
	Приборы и СТО	36	39,0	105,0	75,0

Таблица 3.12

Время принятия решения, с

Метеоусловия, м	Система информации	Статистические показатели	
		М	σ
200×2000	ЛСП Приборы и СТО	4,0	0,5
		7,4	1,7

Таблица 3.13

Относительное время (%) контроля приборов и внекабинных ориентиров после выхода из облаков (метеоусловия 100×1000 м)

Система информации	Внекабинное пространство	Авигоризонт	Навигационно-плановый прибор	Барометр	Высотмер	Указатель скорости
ЛСП Приборы и СТО	33,7	20,9	41,0	2,3	1,2	0,9
	50,2	11,5	36,0	0,9	0,9	0,5

В целом анализ и сопоставление полученных материалов свидетельствуют, что использование ЛСП повышает эффективность действий летчика при полетах в сумерках и ночью при метеоусловиях не хуже 100×1000 м, обеспечивая обе составляющие процесса пилотирования — управление самолетом и пространственную ориентировку. Тем самым в ЛСП удалось успешно решить проблему, которая не решена в современной системе индикации.

параметров полета, — совместить наглядность представления информации о пространственном положении с легкостью управления по лучевому символу.

Наглядное инструментальное представление посадочной траектории (в виде протяженного ориентира) предопределяет ЛСП самостоятельное место среди других систем посадки в качестве их визуального компонента. Визуализация траектории для условий посадки ночью, облегчая условия для формирования образа полета, регулирующего действия летчика, обеспечивает как повышение эффективности действий, так и быстрое обучение и полное психологическое доверие летного состава к ЛСП.

Следует указать еще на один из возможных аспектов роли ЛСП в повышении безопасности посадки. Эта система может рассматриваться в качестве резервной при отказах как радиотехнических и светотехнических средств посадки, так и пилотажно-навигационных комплексов. Статистика свидетельствует, что в условиях ночного полета даже при частичных отказах перечисленных выше средств существенно снижаются надежность посадки и вероятность ее завершения. Очевидно, что включение данной системы в комплекс средств для обеспечения посадки ЛА будет способствовать повышению общей надежности системы «летчик — самолет — аэродром» и безопасности посадки ночью.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ «ЛЕТЧИК — САМОЛЕТ» ПРИ ЗАХОДЕ НА ПОСАДКУ

4.1. Классификация отказов САУ и их признаки

Практика использования систем автоматического управления показывает, что рано или поздно летчик может встретиться с необходимостью действовать при отказах автоматики. Эффективность действий зависит от особенностей проявления отказа, характера возмущенного движения летательного аппарата, умения летчика обнаружить и опознать отказ, использовать исправные компоненты САУ для продолжения захода на посадку.

Отказы в системах автоматизированного управления приводят к выходу одного или нескольких параметров полета за границы установленного допуска. Исходя из характера изменения режима полета (характера возмущенного движения), отказы САУ можно разделить на две большие группы: «быстрые» и «медленные» (постепенные). «Быстрые» отказы чаще всего связаны с импульсивным или ступенчатым отклонением рулевых поверхностей. «Мед-

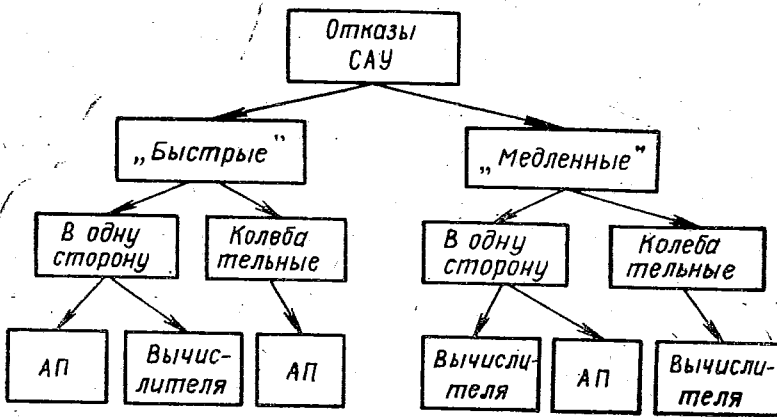


Рис. 15. Классификация отказов САУ

ленные» отказы являются следствием медленного отклонения рулевых поверхностей при отказах вычислителя, исполнительных механизмов автоматов, регулирующих передаточные отношения, автомата регулировки усилий (АРУ) и др.

Классификация отказов САУ в зависимости от характера проявления и отклонения самолета от посадочной траектории представлена на рис. 15.

«Быстрые» отказы, вызывающие уход самолета от посадочной траектории в одну сторону, наблюдаются при отказах как вычислительной, так и исполнительной части САУ. Основным признаком отказа в боковом канале является резкое кренение самолета, ощущение боковой перегрузки. Отказы в продольном канале вызывают появление резкого пикирующего или кабрирующего момента.

Командный индекс отказавшего канала управления на КПП мгновенно (за 0,2—1,0 с) уходит в крайнее положение. Такие признаки отказов данного типа, как величины угловых ускорений, изменения углов крена и тангажа, идентичны при отказах вычислительной и исполнительной частей САУ. Единственный дифференциальный признак отказа АП от отказа вычислителя состоит в том, что при отказе вычислителя командные индексы уходят в сторону возникшей эволюции самолета, а при отказе автопилота — в противоположную сторону.

«Быстрые» отказы колебательного типа специфичны для отказа исполнительной части САУ (обрыв жесткой обратной связи). Их возникновение сопровождается короткопериодическими колебаниями ($T=1\div 1,5$ с; $f_{\text{ср}}=0,7$ Гц).

Колебания углов крена (тангажа) происходят в пределах от 2 до 4° относительно установившегося значения. Директорный индекс отказавшего канала управления совершает колебательные движения с частотой $f_{\text{ср}}=0,7$ Гц в пределах кружка КПП. Характерным признаком отказа является ощущение колебания ручки управления.

В полуавтоматическом (директорном) режиме управления «быстрые» отказы вычислителя при заходе на посадку не сопровождаются резкими эволюциями самолета и поэтому не имеют неинструментальных признаков. Летчики, отслеживая командный директорного индекса при быстром уходе его из центра кружка КПП, как правило, диагностируют отказ. Единственным признаком «быстрого» отказа вычислителя в директорном режиме служит быстрый уход директорной стрелки отказавшего канала управления из центра КПП в крайнее положение.

«Медленные» отказы сопровождаются плавным отклонением самолета от посадочной траектории. «Медленные» отказы, приводящие к отклонению относительно посадочной траектории в одну сторону (первый тип отказов), наблюдаются при отказах и вычислителя, и АП. При отказе вычислителя директорные стрелки или выдают ложную команду, или останавливаются в центре

КПП. Автопилот выполняет ложную команду вычислителя и тем самым «уводит» самолет с посадочной траектории.

При отказе по типу «обнуления» директорных индексов вычислитель не выдает команды на исправление появившегося отклонения, поэтому самолет постепенно уходит с посадочной траектории. Уход самолета от равносигнальных зон курсового или глассадного радиомаяка вызывает перемещение планок положения КПП и НПП в сторону, противоположную отклонению самолета. Появление рассогласования между показаниями директорных индексов и планок положения является основным признаком «медленного» отказа вычислителя. Дополнительными признаками являются увеличение угла крена или изменения угла тангажа и вертикальной скорости относительно установившихся значений.

При «медленном» отказе автопилот не реагирует на сигналы, поступающие от вычислителя, и самолет плавно уходит от посадочной траектории. Правильно работающий вычислитель выдает команду на исправление возникшего отклонения, и директорные индексы смещаются из центра КПП в сторону, противоположную уходу самолета. Данный признак является дифференциальным при решении альтернативы: отказал вычислитель или автопилот (рис. 16).

Отказ канала управления

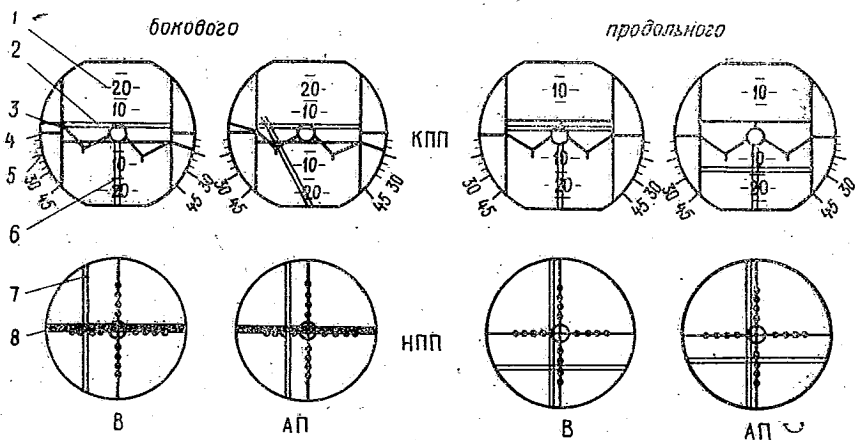


Рис. 16. Инструментальные признаки «медленных» отказов вычислителя (В) и автопилота (АП):

1 — шкала тангажа; 2 — директорный индекс по тангажу; 3 — силуэт самолета; 4 — линия горизонта; 5 — шкала крена; 6 — директорный индекс по крену; 7 — курсовая планка положения; 8 — глассадная планка положения

Планки положения при отказе АП перемещаются в ту же сторону, что и директорные индексы. Изменения величин углов крена и тангажа зависят от их значений в момент возникновения отказа, внешних воздействий на самолет и могут являться его дополнительными признаками.

**Характерные признаки «быстрых» отказов САУ
при автоматическом управлении**

Тип и вид отказа	Особенности проявления отказа		
	Поведение самолета	Неинструментальные признаки	Инструментальные признаки
<p>Исполнительная часть САУ</p> <p>В одну сторону:</p> <p>— по крену</p> <p>— по тангажу</p>	<p>Резкое увеличение крена</p> <p>Резкое изменение тангажа</p>	<p>Бросок по крену. Рывок ручки в сторону крена</p> <p>Появление пикирующего (кабрирующего) момента, тянущих (давящих) усилий на ручке</p>	<p>Быстрый уход боковой директорной стрелки в сторону, противоположную крену</p> <p>Быстрый уход продольной директорной стрелки:</p> <p>— при пикировании — вверх</p> <p>— при кабрировании — вниз</p>
<p>Колебательный</p>	<p>Колебания крена (тангажа)</p> <p>$T = 1 \div 1,5$ с;</p> <p>$f_{ер} = 0,7$ Гц</p>	<p>Короткопериодические колебания по крену (тангажу), колебания ручки</p>	<p>Колебания боковой (продольной) директорной стрелки в пределах кружка, колебания индекса крена (тангажа) в пределах от 2 до 4°</p>
<p>Вычислительная часть САУ</p> <p>В одну сторону:</p> <p>— по крену</p> <p>— по тангажу</p>	<p>Резкое увеличение крена</p> <p>Резкое изменение тангажа</p>	<p>Бросок по крену, рывок ручки в сторону крена</p> <p>Появление пикирующего (кабрирующего) момента, тянущих (давящих) усилий на ручке</p>	<p>Быстрый уход боковой директорной стрелки в сторону крена</p> <p>Быстрый уход продольной директорной стрелки:</p> <p>— при пикировании — вниз</p> <p>— при кабрировании — вверх</p>

Характерные признаки «медленных» отказов САУ

Режим управления	Тип и вид отказа	Особенности проявления отказа	
		Поведение самолета	Инструментальные признаки
Автоматический	Исполнительная часть САУ		
	В одну сторону: — по крену	Плавный уход с посадочной траектории по курсу.	Уход боковой директорной стрелки из кружка КПП. Уход курсовых планок НПП и КПП в ту же сторону. Отклонение от курса
	— по тангажу	Плавный уход с глиссады	Уход продольной директорной стрелки из кружка КПП. Уход глиссадных планок КПП и НПП в ту же сторону. Изменение вертикальной скорости
	В одну сторону: — по крену	Плавный уход с посадочной траектории по курсу	Уход курсовых планок НПП и КПП на 2—3 точки. Нарастание крена, отклонения от курса. Боковая директорная стрелка в кружке КПП
Директорный	— по тангажу	Плавный уход с глиссады	Уход глиссадных планок НПП и КПП на 2—3 точки. Изменение угла тангажа и вертикальной скорости. Продольная директорная стрелка в кружке КПП
	Колебательный по крену (тангажу)	Раскачка самолета по крену (тангажу)	Увеличение амплитуды колебаний крена (тангажа), колебания боковой (продольной) директорной стрелки в пределах кружка КПП
	Вычислительная часть САУ		
	В одну сторону: — по крену	Плавный уход с посадочной траектории по курсу	Уход курсовых планок КПП и НПП на 2—3 точки. Снижение или повышение «активности» боковой директорной стрелки. Нарастание крена

Режим управления	Тип и вид отказа	Особенности проявления отказа	
		Поведение самолета	Инструментальные признаки
	— по тангажу	Плавный уход с глиссады	Уход глиссадных планок КПП и НПП на 2—3 точки. Снижение или повышение «активности» продольной директорной стрелки. Изменение угла тангажа и вертикальной скорости
	Колебательный по крену (тангажу)	Раскачка самолета по крену (тангажу)	Колебания боковой (продольной) директорной стрелки. Увеличение амплитуды крена (тангажа)

«Медленные» отказы, сопровождающиеся колебаниями самолета относительно посадочной траектории с периодом $T=10 \div 15$ с (второй тип отказов), являются специфическими для отказа вычислителя. Отказы АП не вызывают медленных колебаний самолета по крену, амплитуда которых с каждым полупериодом увеличивается. Медленное начало развития отказа через 15—20 с переходит в быстрое его продолжение, что вызывает ощущение броска по крену.

Основным признаком данного отказа является появление расходящихся колебаний по крену (около посадочной траектории) с периодом $T=10 \div 15$ с.

В директорном режиме управления инструментальные признаки «медленных» отказов первого типа аналогичны таковым при отказах в автоматическом режиме. Отслеживание летчиком команд вычислителя оказывает существенное влияние на психологическое содержание деятельности. «Уход» директорных индексов еще более вовлекает летчика в управление самолетом, а их «обнуление» вызывает состояние психологического комфорта, в связи с тем что стрелки удерживаются в центре КПП.

При возникновении отказов второго типа летчик, отслеживая ложные команды вычислителя, сам создает расходящиеся колебания, что приводит к раскачке самолета в боковом канале управления. Основным признаком отказа является увеличение крена выше допустимого значения, указанного в инструкции по эксплуатации САУ.

Информативные признаки отказов САУ систематизированы в табл. 4.1 и 4.2.

Таким образом, при «быстрых» отказах бортовой системы автоматизированного захода на посадку, вызывающих уход самолета с траектории в одну сторону, основными признаками являются:

— при отказах продольного канала управления — ощущение жабрирующего или пикирующего момента;

— при отказах бокового канала — ощущение боковой перегрузки.

При решении альтернативы: отказал вычислитель или автопилот — дифференциальным признаком является различие в поведении директорных индексов:

— при отказах вычислителя директорные индексы смещаются в сторону возникающего вращения самолета, кабрирующего или пикирующего момента;

— при отказах АП они смещаются в сторону, противоположную эволюции самолета.

Возникновение короткопериодических колебаний ($T=1\div 1,5$ с; $f=0,7$ Гц) служит признаком отказа АП. При «медленных» отказах, вызывающих уход самолета с посадочной траектории в одну сторону, основным признаком является при отказах бокового (продольного) канала управления уход курсовых (глиссадных) планок положения на НПП и КПП на 2—3 точки.

Дополнительные признаки:

— увеличение угла крена, отклонение от посадочного курса, уход КУР (при отказах в боковом канале);

— изменение угла тангажа и вертикальной скорости относительно установившихся значений, несоответствие показаний ГПД и высотомера (при отказах в продольном канале).

Основными отличительными признаками «медленных» отказов АП и вычислителя являются различия в поведении директорных индексов:

— при отказах вычислителя директорные индексы удерживаются в пределах кружка КПП;

— при отказе АП директорные индексы уходят из центра КПП, в ту же сторону перемещаются и планки положений.

Дополнительными признаками отказа АП являются:

— рассогласование в командах директорных индексов и показаниях планок положения;

— прекращение движения ручки (штурвала) управления в отказавшем канале.

Появление раскачки самолета с нарастающей амплитудой колебаний свидетельствует об отказе вычислителя.

4.2. Особенности деятельности летчика при отказах элементов системы автоматизированного управления заходом на посадку

Для выявления особенностей и оценки надежности действий летчика при отказах САУ были проведены эксперименты на имитаторе полета и самолетах разных типов. В процессе захода на посадку вводились отказы либо вычислителя, либо автопилота. Отказы вводились в боковом или продольном канале управления ДПРМ и БПРМ, имитировались «быстрые» и «медленные» отка-

зы, приводившие соответственно к резким или плавным изменениям режима полета. Для уменьшения влияния фактора ожидания отказа в процессе заходов на посадку отказы вводились не во всех заходах, летчики отвлекались на запросы о показаниях различных приборов и о земных ориентирах.

Задача летчика заключалась в контроле режима автоматического управления (или, пилотирования в директорном режиме); обнаружении, опознании вида отказа и переходе к директорному или позиционному управлению. Критериями оценки служили качество контроля и выдерживания режима полета при отказах, временные характеристики обнаружения и опознания отказов, ошибочные действия и характер затруднений в процессе опознания отказов (по данным осциллограмм, киносъемки направления взгляда летчика, радиодокладов и бесед).

Результаты экспериментов показали, что ощущаемые летчиками при «быстрых» отказах физические воздействия на самолет вызывали их вмешательство в управление, направленное на прекращение вращения самолета, — летчики отклоняли ручку управления в сторону, противоположную вращению. Быстрота и безошибочность (0,1—0,4 с) этой реакции позволяют предположить, что она является безусловно-рефлекторной. В данном случае это реакция на вынужденное изменение позы, на резкое перемещение точки опоры.

Время осознанного действия — выключения САУ при экспериментальной вероятности, равной 0,9, варьировало от 1,5 до 13 с (рис. 17). В 8% случаев летчики не выключали САУ, что свидетельствует о непонимании ими причины происходящего. Это связано с тем, что неинструментальные признаки «быстрых» от-

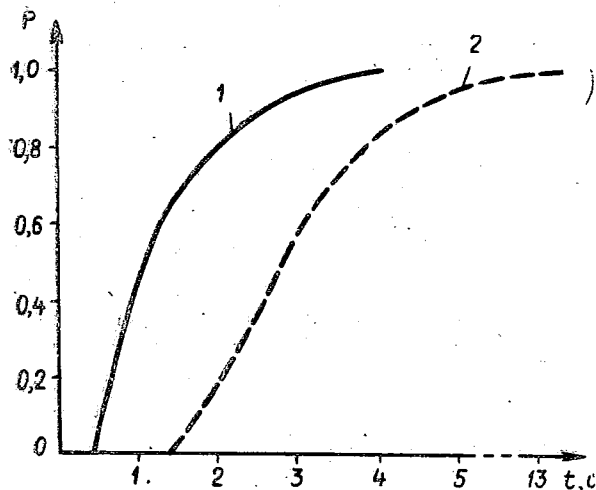


Рис. 17. Функции распределения времени обнаружения «быстрых» отказов вычислителя (1) и выключения САУ (2)

казов не являются специфическими. Подобные ощущения могут быть вызваны болтанкой, порывистым боковым ветром, искривлениями равносигнальных зон радиомаяков из-за помех. Они могут быть также связаны с изменениями аэродинамических свойств самолета, т. е. с другими отказами. Доказательством недостаточной определенности неинструментальных признаков отказа САУ служат и зафиксированные в экспериментах факты выключения исправной САУ (в 11% случаев).

При «быстрых» отказах АП летчики, как правило, переходили на позиционное управление и только в 9% случаев продолжили заход в директорном режиме. Это свидетельствует о том, что отличительный признак данного вида отказов от отказов ВУ — направление применения директорных индексов — большинством летчиков не осознается.

Возникновение «быстрого» отказа приводит к существенным изменениям структуры сбора информации летчиком, связанным с парированием ухода самолета с траектории, принятием решения о целесообразном способе управления для продолжения захода на посадку. Как видно на табл. 4.3, относительная продолжительность контроля КПП возрастает в 1,7 раза, а средняя длительность фиксации взгляда на нем — с 0,9 до 2,1 с. Сосредоточенность внимания на КПП обусловлена потребностью летчика в информации о пространственном положении самолета в связи со значи-

Таблица 4.3

Структура сбора информации летчиком при «быстрых» отказах САУ в автоматическом режиме управления

Условия полета	Относительное время контроля, %					
	КПП	НПП	вариометра	указателя скорости	высотомера	прочих приборов
Полет без отказов	33,8	28,7	7,4	8,8	9,7	11,6
При «быстром» отказе	56,2	35,4	1,6	2,9	2,4	1,5

Таблица 4.4

Средняя длительность (с) перерывов в восприятии показаний приборов

Режим пилотирования	Условия полета	Указатель скорости	Высотомер
Автоматический	Неосложненный полет	4,3	5,8
	«Быстрый» отказ САУ	15,5	23,2
Директорный	Неосложненный полет	8,0	12,5
	Отказ вычислителя	14,2	17,5

тельными изменениями при «быстрых» отказах углов крена и тангажа.

Однако надежность контроля летчиком высотно-скоростных параметров при этом снижается (табл. 4.4).

Характеристики надежности действий летчика при «быстрых» отказах компонентов САУ представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Характеристика действий летчика при «быстрых» отказах САУ

Режим управления	Вид отказа	Вероятность			Время обнаружения, с
		обнаружения отказа	опознания отказа	посадки	
Автоматический	Отказ автопилота	1,0	0,54	0,92	<u>2,3</u> 0,6—4,6
	Отказ вычислителя	0,95	0,5	0,92	<u>2,0</u> 0,9—3,5
Директорный	Отказ вычислителя	0,89	0,89	0,89	<u>4,8</u> 1,3—10,5

Примечание. В числителе — среднее значение, в знаменателе — минимальное и максимальное значения.

Несколько большее время обнаружения отказов вычислителя при пилотировании в директорном режиме (по сравнению с автоматическим) детерминировано отсутствием в первом случае резких эволюций самолета.

Вместе с тем уход с лицевой части командно-пилотажного прибора наиболее значимого для управления сигнала (директорных индексов) является весьма информативным признаком. В этом случае решение об отказе вычислителя летчики принимали достаточно быстро (за время от 1,5 до 10 с).

Надежность действий летчика при «медленных» отказах САУ зависит от вида отказа, режима управления (директорный или автоматический), наличия специфических умственных навыков и умений по распознаванию отказов и использованию исправного компонента САУ для завершения захода на посадку.

Характеристики действий летчика при «медленных» отказах САУ приведены в табл. 4.6.

Более высокая вероятность обнаружения отказов автопилота в автоматическом режиме связана с наличием информативного признака в виде ухода директорных индексов из кружка КПП.

При «медленных» отказах вычислителя директорные индексы удерживаются в центре кружка и, пока не появится заметное отклонение от посадочной траектории, информация об отказе отсутствует.

Характеристики действий летчика при «медленных» отказах САУ

Режим управления	Вид отказа	Вероятность		Время обнаружения отказа, с
		обнаружения отказа	посадки	
Автоматический	Отказ автопилота	0,92	0,88	<u>16,1</u> 6,2—39,5
	Отказ вычислителя	0,81	0,8	<u>19,2</u> 8,1—45,7
Директорный	Отказ вычислителя	0,74	0,72	<u>23,5</u> 13,0—52,4

Примечание. В числителе — среднее значение, в знаменателе — минимальное и максимальное значения.

Подозрение об отказе возникает при уходе позиционной планки НПП на 2—3 точки от центра кружка. Вариативность количественных величин отклонений, которые служат пусковым сигналом для выдвижения гипотезы об отказе, зависит от ряда причин: уровня подготовленности летчика, внешних воздействий на самолет (боковой снос, болтанка), устойчивости работы курсоглиссадных маяков. Для подтверждения или отбрасывания гипотезы об отказе летчик обращается к показаниям взаимосвязанных приборов и индексов, т. е. осуществляет информационную подготовку принятия решения. Ее развернутость зависит от содержания имеющегося у летчика образа полета. Ввиду того что в директорном режиме образ редуцирован, процесс информационной подготовки принятия решения более продолжителен, так как требует воссоздания полноценного образа пространственного положения. Как

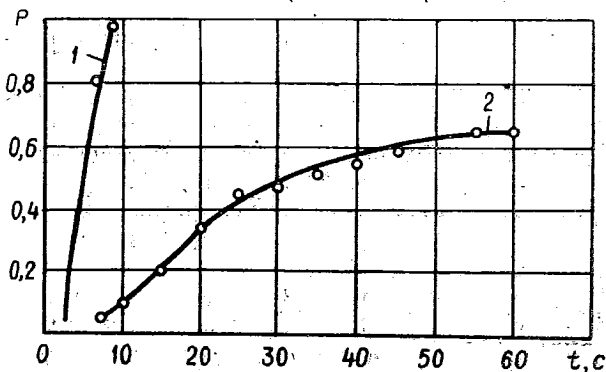


Рис. 18. Функции распределения времени опознавания сигнализируемого (1) и несигнализируемого (2) отказов вычислителя

свидетельствует анализ маршрутов переносов взгляда летчика, при отказах вычислителя существенно увеличивается количество переносов взгляда: при отказе в боковом канале — между КПП и НПП; в продольном — между КПП, НПП, указателем вертикальной скорости, высотомером и индикатором дальности до ВПП (рис. 18).

Именно при «медленных» отказах летчики испытывали затруднения в определении причины случившегося. Приведем типичные ошибки летчиков при отказах:

I тип — в автоматическом или директорном режиме полета летчик длительное время не замечает отказа или отклонения от заданных параметров, поэтому не меняет способа действий, т. е. продолжает наблюдать за работой САУ или управлять по директорным стрелкам;

II тип — в автоматическом режиме летчик обнаруживает отклонение от заданной траектории, но неправильно определяет вызвавшую его причину; считая, что отказал автопилот, летчик выключает его и продолжает полет по директорным стрелкам, выдающим ложную информацию;

III тип — выполняя заход в директорном режиме управления, летчик своевременно замечает отклонения от посадочной траектории и пытается исправить положение, концентрируя все внимание на слежении за директорными стрелками,

В результате ошибки I типа летчик, как правило, не выходит на БПРМ и в конце неудавшегося захода на посадку констатирует свою ошибку, ссылаясь на то, что он полностью доверился САУ. Часто это «доверие» совпадало с повышенным вниманием, например, к регулированию скорости, т. е. такая ошибка наиболее характерна при дополнительных затруднениях в работе. В этих случаях летчик периодически фиксирует взгляд на всех основных индикаторах, на индексах положения самолета относительно курсо-согласадной зоны (так, что внешняя структура сбора информации не нарушается), но при этом летчик не осознает их показаний. Активно им воспринимаются и оцениваются только директорные стрелки. По мнению летчиков, практически невозможно надежное опознание несигнализируемого отказа, поскольку на посадке нет времени и возможности активно контролировать работу директорной системы. Поэтому несигнализируемые отказы очень опасны, тем более что доверие к директорным индексам в полете появляется очень быстро, и если отказ не имеет специальной сигнализации, обнаружить его и тем более определить, какой компонент САУ отказал, очень трудно.

Очевидно, что доверие к САУ — основное условие эффективного ее использования, но одновременно это показатель того, что в сознании летчика происходит «подмена» реального объекта управления его информационной моделью, при этом моделью, упрощенной по сравнению со сложным процессом движения самолета.

Ошибки II типа очень характерны и распространены при отказе директорной системы в режиме автоматического управления.

Выключив АП, летчики управляли по отказавшим индексам, не замечая ошибочности своих действий даже после того, как заход на посадку не удавался.

Появление ошибок II типа говорит о том, что обнаружение отклонений в режиме полета не гарантирует опознания причины этих отклонений. Заметив отклонения, летчики приписывали их появлению неточности пидотирования, неустойчивости самолета, а не отказу САУ.

Сложность опознания отказа имеет и вторую отрицательную сторону. Летчик, испытав однажды воздействие отказа, начинает излишне страховаться, включая исправную систему при каждом подозрении об отказе. Это означает, что любые флюктуации директорных стрелок, обусловленные случайными шумами, будут приводить к выключению САУ, снижению потенциальных возможностей современной техники.

Для того чтобы понять причины недостаточной эффективности действий летчика, проанализируем его поведение при типичном отказе вычислителя, проявляющемся в плавных перемещениях директорных стрелок, не детерминированных режимом полета. До отказа летчик основное внимание уделяет командно-пилотажному прибору, периодически перенося взгляд на другие приборы. Вследствие отказа директорные индексы (или один из них — при отказе вычислителя только в одном канале) начинают медленно отклоняться от нулевого положения. Летчик двигательльно реагирует на отклонение, пытаясь вернуть индексы в исходное положение.

Реакция на ложные команды директорных индексов — закономерная ошибка летчика, поскольку в полуавтоматическом режиме управления командная информация является основным регулятором его действий. Так как директорные индексы являются командными сигналами и не отражают действительного положения самолета, в первый момент нельзя оценить правильность команд директорных стрелок.

Управляя по директорным стрелкам и пытаясь вернуть их в центральное положение, летчик фактически начинает произвольно вводить ошибку, которая приводит к уходу самолета с заданной траектории. Однако он может не сразу заметить несоответствие своих действий реальной ситуации, так как его внимание сосредоточено на директорных индексах и попытках установить их в центральное положение. И только значительные отклонения способны привлечь активное внимание летчика.

Последующий процесс распознавания отказа основывается на сопоставлении и соотнесении показаний директорных индексов с совокупностью пилотажной информации. Определяющее значение для распознавания отказа имеет сопоставление команд директорных стрелок с положением позиционных планок.

В автоматическом полете, где контроль за режимом полета часто осуществляется по директорным индексам, наблюдается то же явление, что и в директорном режиме управления: субъективная значимость директорного сигнала маскирует значимость по-

казаний остальных пилотажных приборов, что повышает психологический порог восприятия их показаний.

Обращение к директорному индексу при отказах автоматики связано с тем, что из всех указателей параметров полета он наиболее чувствителен и, следовательно, информативен. Летчик именно на основании его перемещений делает вывод о том, что отказала автоматика, и на этом сигнале концентрирует свое внимание в ущерб контролю состояния системы по совокупности индикаторов. Поэтому нужно с помощью тренировки целенаправленно формировать у летчиков умение сочетать контроль работы САУ или пилотирование по директорным индексам с активным наблюдением за показаниями приборов, отражающих пространственное положение самолета.

Экспериментальные данные, полученные при исследовании деятельности летчика при отказах САУ на тяжелых и легких самолетах, практически совпадают в отношении количественных характеристик действий, отражающих затруднения летчиков. Совпадает и характер ошибочных действий при отказах: летчик пытается управлять, используя отказавшую директорную систему, поскольку он или вовсе не опознает отказа, или ошибается в его опознании. Повышение надежности действий летчика при отказах САУ возможно с помощью сигнализации отказов ее компонентов и целенаправленных тренировок. При наличии сигнализации затруднений в опознании отказов нет, а время начала эффективных действий варьирует от 3 до 9 с.

Рекомендации по содержанию тренировок рассмотрены в гл. 5.

Глава 5

ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ЛЕТЧИКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАХОДА НА ПОСАДКУ В УСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

5.1. Психологические аспекты подготовки к действиям в особых случаях полета

Одной из задач подготовки летчика является сохранение высокого уровня его профессиональных качеств при усложнении условий захода на посадку. Такие условия деятельности типичны для случаев, когда внезапно возникают неблагоприятные обстоятельства, угрожающие безопасности полета, т. е. аварийная ситуация. Степень воздействия аварийной ситуации на летчика, а следовательно, эффективность и надежность его действий определяются обстоятельствами возникновения и течения ситуации, характером поступающей к летчику информации, а также готовностью к действиям в усложненных и аварийных условиях. Причем различия в степени готовности летчиков успешно действовать в аварийной ситуации наиболее существенно проявляются при поступлении недостаточно определенной, ложной или противоречивой информации о случившемся. Различие времени опознания, например, достигает двух порядков (от 3 до 300 с); субъективная оценка сложности ситуации может быть различной: от признания своего бессилия до мнения об абсолютной простоте действий. Поэтому можно сделать вывод о связи особенностей поведения прежде всего с особенностями подготовки каждого летчика. В понятие «подготовка» мы вкладываем широкий смысл, включаем весь прошлый опыт данного летчика.

В особых случаях в полете (аварийных ситуациях) инструкции предписывают строго фиксированный порядок операций. Казалось бы, что для действий в аварийных ситуациях необходимы и достаточны автоматизированные сенсомоторные навыки. Но попытки повысить надежность действий летчика в аварийной ситуации путем отработки только исполнительных действий противоречат объективной психологической сущности этой ситуации.

Главное отличие аварийной ситуации от нормальных условий

полета не только в повышенной эмоциональной напряженности и сложности двигательных действий, но и в необходимости перестроить план действий, сформировать новый образ полета, регулирующий действия. И это в условиях, когда привычные нейтральные раздражители — шум, вибрации, ускорение, усилия на органах управления — приобретают смысл сигналов. Каждый из них может стать носителем важной информации о состоянии управляемого объекта.

Процесс извлечения информации, сопоставления ее с ранее сформированным образом составляет содержание психической деятельности в аварийной ситуации, направленной на подготовку принятия решения. Этот процесс протекает с большими затруднениями, если у летчика нет соответствующего образа полета, помогающего идентифицировать нужные сигналы. Отсюда несвоевременные и ошибочные действия даже у опытных летчиков, впервые попавших в конкретную аварийную ситуацию.

Затруднения и ошибки — результат упрощенной тренировки, направленной преимущественно на отработку исполнительных движений. Цель — обучить распознаванию признаков аварийной ситуации, как правило, специально не ставится. Отрабатывается, доводится до совершенства лишь двигательный навык. Для успешной работы в новых трудных условиях этого недостаточно. Необходимо обучить летчика распознавать признаки конкретных ситуаций. У летчиков, хорошо знакомых с признаками особых случаев в полете только теоретически, не может быть сформирован необходимый оперативный образ полета, который обеспечивает правильность действий. Отсюда неспособность летчика сразу выделить и распознать признаки ситуации; в результате — запоздалые и недостаточно результативные действия.

Даже самое подробное и правильное описание признаков наступления многих аварийных ситуаций не всегда обеспечивает их своевременное опознание в реальных условиях. Теоретически подготовленный летчик не всегда может узнать поступивший сигнал, с которым он знаком только по описанию. В результате — отсрочка начала действий, ошибки. Если же такая ситуация осложняется дефицитом времени, то вероятность нарушения безопасности полета очень велика.

В летной практике немало примеров, показывающих, что необходимые для успешных действий в аварийных ситуациях качества формируются по мере приобретения опыта действий в аналогичных ситуациях. Однако нельзя полагаться на стихийное формирование таких качеств. Необходимо целенаправленно формировать на земле и в воздухе готовность летчика к действиям в сложной обстановке. Следует иметь в виду разницу между уровнями подготовки летчика к действиям в обычных условиях, с одной стороны, и в аварийных — с другой.

Психологами неоднократно подчеркивалась специфичность тех качеств, которые проявляются в аварийных ситуациях, а также их отличие от качеств, проявляющихся в обычных условиях деятель-

ности. Успешность действий в аварийных ситуациях определяется способностью летчика к быстрой оценке альтернатив, выделению существенных признаков, неосознаваемому выбору значимых сигналов. Затруднения в действиях связаны с формированием при обучении стандартизированного характера мышления, с чрезмерной автоматизацией навыка. Заранее заученные сенсомоторные акты могут сыграть свою положительную роль только после завершения умственных процессов, направленных на решение внезапно возникшей задачи, на определение причины и смысла случившегося.

Многочисленные летные исследования показали, что именно умственные процессы занимают подавляющую часть времени, затрачиваемого на ликвидацию аварийной ситуации, так как большинство признаков конкретной ситуации одновременно могут быть признаками ряда других ситуаций. Например, при отказе бустера элеронов, автомата регулирования управления (АРУ) возникают сходные воздействия на самолет и сходные неинструментальные сигналы. Но действия летчика при этом должны быть разными. При возникновении пожара или отказе двигателя действия летчика также не могут быть рефлекторными, они определяются многими обстоятельствами полета, которые должны быть проанализированы до начала действий.

Цель формирования специального умения как раз и заключается в том, чтобы сократить процесс распознавания ситуации. Характерные черты этого умения следующие:

- 1) переработка неполноценной информации, преобразование неявного сигнала в явный, побуждающий к выполнению конкретных действий;
- 2) гибкость, легкая приспособляемость к меняющимся условиям, прежде всего к сложным и опасным;
- 3) внутренняя активность, выражающаяся в поиске скрытых признаков аварийной ситуации;
- 4) мобилизация умственных усилий для формирования решения.

В результате анализа действий летчиков в особых случаях полета удалось выявить важнейшие составляющие умения действовать в аварийной ситуации: оперативное мышление и предвосхищение (антиципация).

Оперативное мышление — это способность активно выделять из получаемой информации характерные признаки ситуации и путем умозаключений, анализа быстро вырабатывать новую схему действий.

Оперативное мышление — специфический способ переработки неполноценной информации, обеспечивающий успешность действий в неопределенных условиях, позволяющий из массы признаков выделить тот единственный, нужный, главный признак, по которому возможны опознание ситуации и принятие решения. Развитие у каждого летчика способности оперативно мыслить в ава-

Следующий этап тренировки проходит на тренажерах, которые позволяют моделировать большинство особых случаев. На тренажерах с успехом можно тренировать как двигательные навыки, так и умственные умения.

Злоупотреблять тренировками на тренажерах для совершенствования двигательных навыков при оперировании с оборудованием кабины не следует. Такие навыки лучше осваивать в кабине реального самолета, где размещение оборудования может несколько отличаться от его размещения в кабине тренажера.

Для тренировки на тренажерах навыков оперативного мышления полезно создавать проблемные и конфликтные ситуации. С этой целью можно подавать ложные сигналы об отказах той или иной системы (или ее элементов), вводить особые случаи без предусмотренной сигнализации, использовать психологические помехи типа колебаний стрелок и индексов приборов.

Следует иметь в виду, что если для выработки двигательных навыков к действиям в особых случаях необходимо неоднократное повторение одной и той же ситуации (до выработки действий необходимой точности и быстроты), то для тренировки оперативного мышления нужны внезапные и самые разнообразные усложнения.

Соответствующие вводные на данном занятии должны проигрываться только один раз с подробным разбором характерных признаков ситуации и допущенных летчиком ошибок. Вместе с тем методически полезно одну и ту же вводную давать на таких участках полета, где решения должны быть различными в зависимости от высоты полета, удаленности от аэродрома (скажем, продолжать полет или покинуть «самолет»).

Особым приемом является введение таких отказов, при которых действия могут быть отсрочены во времени. Например, при имитации отказа бустерной гидросистемы после взлета и уборки шасси летчик должен в течение всего полета удерживать в памяти необходимость выпуска шасси и закрылков аварийным способом. С помощью таких примеров можно не только тренировать оперативное мышление, но и формировать у летчика способность к выдерживанию установленного режима полета при одновременном извлечении из памяти нужных для принятия решения сведений.

Эффективность тренировок оперативного мышления достигается неожиданным для летчика введением отказов и усложнений полетной ситуации. В практике тренировок инструктор нередко дает вводные в категорической форме, например: «Отказал двигатель», «Вышел из строя авиагоризонт» и т. п. Это требует от обучаемого только выполнения известных ему по инструкции действий. Следовательно, такие вводные не тренируют оперативности мышления, так как у летчика не возникает необходимости самому анализировать обстановку, по различным признакам поведения самолета и показаниям приборов ставить «диагноз» и принимать решение.

рийной ситуации должно стать одной из задач подготовки к полетам.

Следующий компонент специального умения — предвосхищение, или антиципация, — психический процесс ориентации на будущее. В летной практике этот процесс представляет способность летчика по отдельным, на первый взгляд малозначимым признакам распознать событие, настроиться на определенные действия. В результате специальной тренировки можно развить способность предугадывать по неопределенным косвенным неинструментальным признакам наступающее событие. В этом случае неопределенный сам по себе сигнал превращается в субъективно определенный значащий признак вполне конкретной ситуации.

В отличие от способности к оперативному мышлению способность предвосхищать наступающее событие более специфична и должна вырабатываться применительно к каждому конкретному особому случаю и прежде всего к тем случаям, возникновение которых сопровождается ярким неинструментальным признаком, надпороговым физическим воздействием на летчика.

Указанные составляющие умственного умения следует целенаправленно формировать в процессе профессиональной подготовки как на комплексных тренажерах, так и в полете. Для выработки соответствующего умственного умения прежде всего должен быть проведен анализ конкретных особых случаев, причем не только теоретический, основанный на изучении инструкций и технических описаний, но обязательно с опорой на экспериментальные материалы.

В частности, необходимо иметь в виду, что психологическую сущность некоторых особых случаев на тренажерах с неподвижной кабиной смоделировать не удастся. Это — те особые случаи, в обнаружении которых существенную роль играют неинструментальные сигналы, т. е. ощущения летчика. Так, на тренажере и в полете совершенно различны информативные признаки отказа автопилота: если на тренажере ведущую роль играют зрительные сигналы (показания приборов), то в полете — акселерационные ощущения (ощущения угловых ускорений и пр.). Аналогичное несовпадение определяющих информативных признаков наблюдается при отказе двигателя. В связи с этим для указанной группы особых случаев на тренажере с неподвижной кабиной можно с успехом отрабатывать последовательность действий, двигательные навыки, но нельзя выработать умственные умения по опознанию ситуации.

Формирование умений и навыков действий в аварийной обстановке осуществляется в процессе профессиональной подготовки на всех этапах.

На предварительной подготовке к полетам проводится устный опрос по действиям в особых случаях (знание инструкции). С точки зрения психологии такой метод направлен на тренировку долговременной и оперативной памяти. Эта форма тренировки необходима и полезна, но, естественно, недостаточна.

В системе наземных тренировок летного состава большое место занимают тренажи в кабинах самолетов. При этом не следует ограничиваться только тренажем с оборудованием кабины. Обязательно следует включать представление, проигрывание в уме различных ситуаций и соответствующих действий. Продуктивность такого рода тренировок отмечают методисты летного обучения, признают многие летчики. После такого проигрыша при возникновении в полете аналогичная ситуация воспринимается как уже знакомая. В этом случае нейтрализуется один из существенных отрицательных факторов аварийной ситуации — неожиданность ее возникновения, уменьшается напряженность. К тому же проигрывание в уме адекватных конкретным ситуациям действий является также средством формирования и поддержания необходимых двигательных навыков.

Вопрос о целесообразности моделирования реальных отказов в полете в качестве метода обучения и тренировки до настоящего времени остается нерешенным. В практике подготовки этот метод используется, как правило, для ознакомления, а не для выработки специальных летных умений и навыков. Одноразовые показы фиксируют внимание на последовательности действий, изложенных в инструкции, нацелены на воспитание уверенности в управляемости самолета, т. е. в благополучном исходе полета, но они не формируют умения действовать в аварийной ситуации. Вместе с тем результаты изучения действий летчиков в аварийных ситуациях служат основанием для рекомендации летных тренировок, направленных на выработку способности к оперативному мышлению.

Ниже будут рассмотрены особенности формирования соответствующих умений и навыков действий при отказах приборного оборудования и систем автоматизированного управления заходом на посадку.

5.2. Психологические рекомендации по тренировке летчика к действиям при несигнализируемых отказах основных пилотажно-навигационных приборов

Отказ любого пилотажно-навигационного прибора при заходе на посадку относится к особым случаям в полете. В зависимости от конкретной обстановки, в которой произошел отказ, степень опасности может быть различной. Как показывает анализ причин летных происшествий и предпосылок к ним, а также материалы экспериментальных исследований, надежность действий летчика при несигнализируемых отказах приборов недостаточна: во многих случаях летчики совершали ошибочные действия, что приводило к значительным отклонениям от посадочной траектории и даже угрожало безопасности полета. Ошибочность действий заключалась в том, что долгое время (до 90 с) летчики не могли опознать отказ.

Характерно, что взгляд летчика фиксируется на большинстве

отказавших приборов в первые 5—8 с после отказа. Возникает непонятное явление: летчик постоянно наблюдает за этими приборами, управляет по ним, но оказывается практически беспомощным при необходимости своевременно опознать характер отказа. Эти затруднения не случайны в подобных ситуациях, а закономерны.

Вследствие отказа любого прибора к летчику начинает поступать ложная информация, как правило, в условиях психологического доверия к показаниям приборов. В первое время после отказа, если отказавший прибор не изменил своих показаний слишком резко, летчик воспринимает ложную информацию, действует на ее основе и тем самым активно ухудшает ситуацию. Реагируя на показания отказавшего прибора, летчики создавали опасный крен, уменьшали скорость и т. п. Безуспешность действий летчика приводит к высокой эмоциональной напряженности, недоверию к показаниям всех приборов, сомнениям в своих возможностях эффективно управлять самолетом.

Адекватные действия летчика начинаются с логических сопоставлений показаний приборов, выработки и формулирования гипотез о причине рассогласований между заданным и текущим (по показаниям приборов) режимом, их проверки. Решение логической задачи в данном случае преследует одну цель — установить связь между элементами ситуации, ибо только таким путем можно установить, какой из приборов отказал.

Рассмотрим экспериментальные данные, касающиеся надежности действий летчика при отказе авиагоризонта — основного прибора, по показаниям которого он формирует представление о пространственном положении самолета.

Несигнализируемые отказы авиагоризонта, приводящие к медленному изменению показаний, имитировались путем завала центральной гировертикали.

Эксперименты были выполнены в полетах под шторкой на тяжелом самолете. В них приняли участие 20 летчиков, всего было введено 120 отказов. Анализ содержания действий летчиков (по материалам киносъемки направления взгляда, качества выдерживания режима полета, радиообмена) выявил затруднения в процессе опознания отказа. При отказе авиагоризонта по крену летчики, как правило, двигательно реагировали на появившийся ложный крен, что приводило к нарушению режима захода на посадку: уже через 15—20 с отклонения по курсу достигали 2—15°, истинный крен — 10—30°, скорость изменилась на 20—60 км/ч. Действия протекали по способу проб и ошибок: двигательная реакция на ложный крен, увеличение фиксаций взгляда на резервном авиагоризонте (до 20% вместо 0,5—1%) и навигационно-пилотажном приборе (на 15—20%, особенно в случаях, когда летчик предполагал отказ не авиагоризонта, а указателя курса), что отражают данные табл. 5.1.

Низкая эффективность действий наблюдается на фоне повышения уровня нервно-эмоционального напряжения (табл. 5.2).

Таблица 5.1

Показатели действий летчика при несигнализируемом отказе
авиагоризонта

Время опознания отказа, с	Вероятность опознания отказа	Вероятность нарушения безопасности полета
15—90	0,88	0,15

Таблица 5.2

Показатели ($M+t$) состояния летчика при несигнализируемом отказе
авиагоризонта

Условия полета	Частота сердечных сокращений, уд./мин	Частота дыхания, цикл/мин	Кожно-гальвани- ческая реакция, усл. ед.
Полет без ос- ложнений	$86 \pm 4,2$	$16 \pm 1,8$	$7 \pm 0,4$
Ситуация отказа	$94 \pm 4,9$	$18 \pm 3,0$	$12 \pm 1,3$

Причина низкой эффективности заключается в том, что адекватные действия не стимулируются объективными условиями, а, напротив, направляются по ложному пути. Характерно, что значительный процент ошибочных решений при опознании отказа практически неизбежен для летчиков любой квалификации. Результаты специального эксперимента с летчиками разного уровня профессиональной подготовки подтверждают это положение (табл. 5.3).

Живучесть ошибок летчиков при несигнализируемых отказах приборов определяется тем, что сами условия летной деятельности, и прежде всего психологическая установка на доверие к показаниям приборов, способствуют их проявлению.

Таблица 5.3

Характеристики действий летчиков при несигнализируемом отказе авиагоризонта
в зависимости от уровня профессиональной подготовки

Уровень профессиональной подготовки	Среднее время опознания отказа, с	Ошибочные решения, %
1-й класс	36,7	8
2-й класс	36,9	12
3-й класс и без класса	38,6	7

Безусловно, наиболее радикальный путь повышения надежности действий летчиков при отказах приборов — наличие специальной сигнализации об отказе. В этом случае летчики обнаруживают отказы за 3—5 с, причем, как правило, действуют безошибочно.

Существует и другой путь, позволяющий повысить возможности летчиков в подобных ситуациях, — целенаправленная тренировка по формированию навыков распознавания отказов. Поскольку распознавание требует активной мыслительной деятельности, необходимо тренировать оперативное мышление.

Процесс тренировки оперативного мышления на тренажерах и в полете предусматривает ввод отказов неожиданно для летчика, привлечение его внимания к косвенным признакам отказов. В реальных полетах такими косвенными признаками являются: отсутствие ощущения кренения при быстром «завале» авиагоризонта, несоответствие усилий на ручке (штурвале) управления и оборотов двигателя скорости полета (как косвенный признак отказа указателя скорости), рассогласование показаний основных и дублирующих приборов. Следует добиваться максимального соответствия проявления имитируемых отказов реальным. Такие недостатки имитации отказов приборов, как быстрое перемещение шкал и индексов, «завал» авиагоризонта, «прыжок» стрелки вариометра в нулевое положение, резкое вращение курсовой шкалы, существенно снижают эффективность тренировок.

Необходимость обеспечения в процессе тренировки важнейшей характеристики реального отказа — неожиданности его возникновения — обусловлена следующим обстоятельством. При целевой установке на возможность возникновения отказа в полете у летчика изменяется структура распределения внимания, интенсифицируется контроль за приборами. В тех экспериментах, где летчик предупреждался о типе отказа, данные приборы он контролировал в 3—5 раз чаще (по сравнению с частотой и продолжительностью их контроля в обычном полете). После двух-трех тренировок при неожиданном введении одного и того же отказа без предупреждения время определения и количество ошибочных действий уменьшались на 30—40%.

Экспериментальные данные показывают, что летчики, контролируя режим полета по приборам, редко используют резервный авиагоризонт и другие дублирующие приборы. Отсутствие перекрестного контроля за резервными авиагоризонтом или указателем поворота — одна из причин длительного определения отказа авиагоризонта.

В группе летчиков, которые были специально обучены постоянно использовать дублирующие приборы в системе контроля пространственного положения, время определения несигнализируемого отказа авиагоризонта не превышало 25 с при вероятности определения, равной 1. Таким образом, небольшое на первый взгляд различие в распределении внимания у двух групп летчи-

ков (табл. 5.4) оказалось существенным с точки зрения надежности определения летчиком отказов авиагоризонта.

Полученные факты подчеркивают целесообразность формирования в процессе тренировок летного состава такой структуры распределения внимания, которая бы включала эпизодический контроль дублирующих приборов.

Таблица 5.4

Относительное время (%) контроля приборов при заходе на посадку в позиционном режиме управления в зависимости от обученности

Группы летчиков	Директорный авиагоризонт	Курсовой прибор	Вариометр	Указатель скорости	Высотометр	Дублирующий авиагоризонт
Контрольная	66	26	5	1	1	0
Специально обученная	64	25	5	1	2	3

Важным условием своевременного распознавания отказов основных пилотажно-навигационных приборов на многоместных самолетах является правильное распределение функциональных обязанностей и взаимодействие между членами экипажа. Наиболее эффективный контроль за исправностью основных приборов, и прежде всего авиагоризонта, может быть обеспечен вторым пилотом. В его обязанности должны входить систематическое сличение показаний левого и правого авиагоризонтов и немедленный доклад командиру корабля в случае появления расхождений в их показаниях.

Безусловно, важным этапом тренировки является обучение полету по дублирующим приборам. Обнаружение летчиком отказа одного из пилотажно-навигационных приборов требует перестройки привычного стереотипа распределения и переключения внимания. Чем меньше опыт пилотирования по дублирующим приборам, тем труднее эта перестройка. Целенаправленные и систематические тренировки на тренажерах позволяют сформировать у летчиков прочные навыки пилотирования по дублирующим приборам, и прежде всего по указателю поворота.

Таким образом, повышению надежности действий летчиков при отказах пилотажно-навигационных приборов способствует целенаправленная тренировка. Она предусматривает:

- формирование навыков определения отказов;
- выработку умения включать в систему контроля за пространственным положением дублирующие (резервные) приборы;
- обучение пилотированию по дублирующим приборам.

Только при таком содержании подготовки можно получить желаемый эффект — научить летчика своевременно и правильно определять отказы пилотажно-навигационных приборов и уверенно пилотировать по дублирующим приборам.

5.3. Подготовка к действиям при отказах системы автоматизированного управления заходом на посадку

Рассматриваемые ниже психологические особенности тренировок летного состава опираются на фактические материалы экспериментальных исследований и обобщенный опыт освоения летным составом полетов с использованием систем автоматизированного управления.

Использование полуавтоматической (директорной) системы управления намного упрощает деятельность летчика и значительно повышает точность выдерживания траектории полета при заходе на посадку, однако внимание летчика концентрируется на директорных индексах, что снижает надежность контроля пространственного положения самолета. Вот почему с самого начала обучения следует настойчиво объяснять летному составу важность и необходимость сочетания управления по директорным индексам с активным контролем параметров полета.

Большое значение для сохранения безопасности полета на самолетах, оборудованных системами автоматического и полуавтоматического управления, имеет способность анализировать ситуации при отказах САУ. К сожалению, на многих типах самолетов у летчика нет средств сигнализации, которые бы указывали ему на причину отказа. В результате при медленных отказах долгое время летчик не замечает разноречивости показаний директорных индексов и пилотажных приборов. Он может обнаружить их только при целенаправленном анализе или при возникновении существенных отклонений в режиме полета. Данный особый случай полета, несмотря на спокойный характер его течения (в первый период, по крайней мере), потенциально опасен именно из-за трудности выделения признака отказа и опознания причины случившегося. В экспериментальных полетах и на тренажере опознание ситуации в подавляющем большинстве наступало слишком поздно. Летчик уже не мог исправить положение, т. е. завершить посадку без ухода на второй круг.

Для формирования специального умения действовать в ситуации медленного САУ необходимо научить летчиков анализировать показания всех пилотажных приборов и сопоставлять положение директорных индексов и показаний планок положения самолета относительно глиссады и курса, вариометра, авиагоризонта.

Сложность выработки такого умения состоит в следующем. Во-первых, не столько в трудности сопоставления показаний, сколько в том, что целенаправленный анализ обстановки в определенной степени мешает выполнению основного действия — пилотирования по директорным индексам. Во-вторых, если летчик на практике ощутил опасность отказа вычислителя до того, как был специально подготовлен к таким отказам, то у него вырабатываются негативное отношение к директорному режиму управления, недоверие к директорным сигналам. Наконец, в-третьих, использова-

ние автоматизированных систем управления ни в коей мере не снижает требований к навыкам ручного (позиционного управления). В противном случае летчик, утративший навыки управления в позиционном режиме, при отказах САУ может оказаться в критическом положении. Отсюда следует, что при освоении САУ в программу переучивания необходимо включать упражнения по переходу с автоматического (или полуавтоматического) режима управления на позиционное.

Чтобы добиться эффективности подготовки, целесообразно весь процесс обучения проводить в три этапа.

На первом этапе проводится обучение пилотированию в автоматическом и полуавтоматическом режимах управления в несложных условиях. При этом необходимо обращать внимание летчика на то, что показания директорных индексов прямо не связаны с показаниями отдельных пилотажных приборов. Например: директорный индекс в боковом канале может занимать центральное положение при резких углах крена и разных показаниях курса либо директорные индексы могут отклоняться от центрального положения при заданных значениях показаний пилотажных приборов. В последнем случае директорный индекс выдает упреждающий сигнал об уходе самолета с заданной траектории. Очень важно, чтобы летчик в процессе пилотирования специально настраивался на сопоставление директорной и позиционной информации.

На втором этапе после предупреждения вводятся различные отказы. Летчик убеждается, к каким последствиям может привести управление по неисправному директорному сигналу, усваивает признаки, по которым должна сопоставляться директорная информация с показаниями других приборов.

На третьем этапе вводятся неожиданные отказы. Летчик должен опознать их самостоятельно. Ошибки летчика на этом этапе вполне естественны и не должны ставиться ему в вину. Совершив ошибку, летчик на собственном опыте поймет необходимость постоянного сопоставления показаний директорных индексов и других пилотажных приборов.

Задача обучения заключается в том, чтобы летчик не только обнаружил рассогласования в показаниях директорных индексов и пилотажных приборов, но и распознал отказ САУ прежде, чем отклонения от заданных значений параметров полета выйдут за предельно допустимые.

Рекомендуемая схема действий летчика по опознанию «медленных» несигнализуемых отказов САУ представлена в табл. 5.5.

Сигналом к целенаправленному поиску признаков отказа и сопоставлению показаний пилотажных приборов должно служить обнаружение любого отклонения от посадочной траектории по курсу и глиссаде за пределы зоны допуска. Не прекращая пилотирования в автоматическом (полуавтоматическом) режиме, летчик некоторое время (до 5 с) внимательно отслеживает положение позиционных планок НПП. В случае увеличения отклонения лет-

Рекомендуемая схема действий летчика по опознанию «медленных» несигнализируемых отказов вычислителя траекторного управления

Этапы развития ситуации	Значимая информация	Действия летчика		
		перцептивные	умственные	двигательные
I — пилотирование по ложным командам директорных индексов	Отклонения от заданных значений траекторных параметров $\epsilon_R, \epsilon_{ГЛ}$	Усиливает контроль позиционных планок	Подозревает факт отказа	Продолжает пилотирование в автоматическом или полуавтоматическом режиме
II — подозрение об отказе	Сохраняющиеся или увеличивающиеся отклонения по $\epsilon_R, \epsilon_{ГЛ}$	Наблюдает за директорными индексами, собирает и сопоставляет информацию о параметрах положения самолета на глиссаде снижения	Формирует гипотезу об отказе вычислителя и ставит цель — проверить гипотезу	Переходит к управлению по планкам положения
III — информационная подготовка принятия решения	Противоречие команд директорных индексов показаниям других пилотажных приборов	Сопоставляет команды директорных индексов и показания пилотажных приборов	Опознает отказ	Управляет по планкам положения
IV — принятие решения	Показания пилотажных приборов	Контролирует показания пилотажных приборов	Формирует образ полета, характерный для позиционного режима	Выключает САУ, управляет в позиционном режиме

чик выполняет управляющие движения по возвращению самолета на заданную траекторию, руководствуясь показаниями позиционных планок.

Если при этом величина отклонения уменьшится, а директорный сигнал выдает команду на движение в противоположном направлении, необходимо сопоставить показания ряда параметров: при подозрении на отказ в боковом канале — курсовых планок положения на КПП и НПП, директорного индекса, курса, указателя крена; в продольном канале — позиционных планок продольного канала, вариометра, радиовысотмера.

Следует отметить, что хотя тренировка оперативного мышления снижает вероятность ошибочных действий при отказах САУ, тем не менее добиться полной надежности опознания отказа не удается, поскольку к летчику поступает противоречивая информация, а запас времени, которым он располагает на посадке, очень мал. При обнаружении неполадок в работе САУ рекомендуется

полностью отключить ее и завершить заход в позиционном режиме управления.

В тех случаях, когда на самолетах имеется сигнализация отказов САУ по ее компонентам, их обнаружение труда не представляет. Остается только обучить летчика переходить к директорному или смешанному режиму управления. Переход к директорному режиму управления при отказе автопилота не составляет большого труда и обучение не требует использования каких-либо особых приемов.

Значительно большую сложность представляет переход к смешанному управлению: при отказе вычислителя в одном из каналов летчик может совмещать директорное управление в исправном канале с управлением по планке положения в отказавшем. На первых порах это сложнее, чем позиционное управление, поскольку приходится пользоваться разными сигналами для формирования управляющих движений в двух каналах. Однако летчик скоро убеждается в более высокой точности пилотирования, а значит, и вероятности завершения посадки без ухода на второй круг (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Надежность захода на посадку в зависимости от использования исправных компонентов САУ

Вид отказа	Вероятность ухода на второй круг	
	при полном выключении САУ	при использовании исправных компонентов САУ
Отказ вычислителя в одном из каналов	0,37	0,11
Полный отказ вычислителя	0,48	0,18
Отказ системы угловой стабилизации	0,46	0,12

Грамотные действия летчика при отказах САУ предполагают твердые знания их основных признаков и выражаются:

— в умении правильно распределять внимание между директорными стрелками и позиционными планками, а также пилотажными приборами;

— в правильном и целесообразном использовании исправного компонента САУ при отказе одного из них;

— в прочных навыках действий с пультом управления САУ при включении и выключении ее элементов.

Именно эти действия должны служить критерием подготовленности летчика к использованию САУ при заходе на посадку.

Использованная литература

1. Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547 с.
2. Афанасьев В. Г. О системном подходе в социальном сознании//Вопросы философии. 1973. № 6. С. 98—111.
3. Белгородский С. Л. Автоматизация управления посадкой самолета. М.: Транспорт, 1972. 352 с.
4. Бережной И. А. «Глиссада» — лазерная система посадки самолетов//Природа. 1977. № 11. С. 96—104.
5. Берштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 349 с.
6. Бородин В. Т., Рыльский Г. И. Пилотажные комплексы и системы управления самолетов и вертолетов. М.: Машиностроение, 1978. 216 с.
7. Геллерштейн С. Г. Значение личного фактора в летных происшествиях и методы его изучения. Тез. науч. конф. Центрального ин-та усовершенствования врачей. М., 1948. С. 15—17.
8. Гератеволь З. Психология человека в самолете. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. 375 с.
9. Давыдов В. В., Васильев А. Б. Особенности сенсомоторной координации летчика в условиях выполнения совмещенной деятельности//Авиакосмическая медицина. М. — Калуга, 1979. Ч. 2. С. 22—29.
10. Деревяник Е. А., Мыльников В. Г. Некоторые закономерности возникновения акселерационных ощущений при изменении ускорений силы тяжести//Вопросы психологии. 1964. № 3. С. 131—139.
11. Калнин Г. М. Испытания новых визуальных средств индикации глиссады захода на посадку//Проблемы безопасности полетов. 1980. № 5. С. 27—20.
12. Микоян С. А., Корбут А. Г. Заход на посадку по приборам. М.: Воениздат, 1979. 71 с.
13. Методы инженерно-психологических исследований в авиации//Под ред. Ю. П. Доброленского. М.: Машиностроение, 1975. 280 с.
14. Пономаренко В. А., Лапа В. В. В особых случаях полета//Морской сборник. 1976. № 4. С. 42—45.
15. Сеченов И. М. Избранные философские и психологические произведения. М.: Госполитиздат, 1947. 433 с.
16. Anderson H. G. Aeroplane accidents//J. Roy Naval Med. Serv. 1917. V. 3. P. 327.
17. Lenovitz J. M. Visual landing on aid under development//Aviat. Week and Space Techn. 1980. V. 112. N 7. P. 69—72.
18. Morgan R. M. 1986 flight mishap forecast//Flying Safety. 1986. V. 42. N 2. P. 6—8.
19. Nelson P. What you think you see... sometimes isn't//Aerospace Safety. 1980. V. 36. N 8. P. 20—23.
20. Ott J. Safety experts cite need for increased monitoring//Aviat. Week and Space Techn. 1987. V. 128. N 2. P. 45, 46, 48, 50.
21. Ruff S., Strughold H. Grundriss der Luftfahrtmedizin. München, Barts, 1957.
22. Sears R. L. A new look at accident contributors and the implications of operational and training procedures//Flight Safety Foundation, Inc. 38th Ann. Int. Air Safety Seminar. Nov. 4—7, 1985. Boston, 1985. P. 39—51.
23. Stanojlovic B. R. Man and safety in aviation//Flight Safety. 1969. V. 2. N 3. P. 35—37.