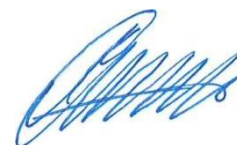


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Степнова Елена Ивановна

**АДАПТИВНЫЙ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫЙ
ИНДИКАТОР БОРТОВОЙ ЭРГАТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА**

Специальность: 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, заведующий
кафедрой «Измерительно-вычислительные
комплексы»

Киселев Сергей Константинович

Ульяновск – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА.....	11
1.1 Анализ режимов полета летательного аппарата	11
1.2 Анализ влияния авиационных факторов.....	22
1.3 Анализ обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса и предотвращения критических режимов.....	30
1.4 Результаты и выводы	40
2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВИГАЦИОННО-ПИЛОТАЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОЛЕТА.....	42
2.1 Общее описание представления информации на экране пилотажного индикатора	42
2.2 Анализ распределение внимания пилота на всех этапах пилотирования воздушного судна. Распределение действий по управлению воздушным судном между командиром воздушного судна и вторым пилотом.....	52
2.3 Результаты и выводы	71
3. АДАПТИВНЫЙ ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭКРАНЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНДИКАТОРА ВОЗДУШНОГОСУДНА.....	72
3.1 Алгоритм определения этапов полета.....	72
3.2 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при нормальных условиях	74
3.3 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при условии наличия нажатых кнопок.....	90
3.4 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при приближении к максимально допустимым значениям	110
3.5 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок	133
3.6 Математическая модель обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации	160

3.7 Результаты и выводы	187
4. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЗРИТЕЛЬНАЯ НАГРУЗКА ПИЛОТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА	190
4.1 Расчет зрительной нагрузки пилотов воздушного судна по пилотажно-навигационной информации	190
4.2 Результаты и выводы	202
Приложение А	221
Приложение Б	234
Приложение В	247
Приложение Г	253

ВВЕДЕНИЕ

Большую часть информации (около 80 %) пилот воздушного судна (ВС) получает посредством визуального канала. Воспринимая сигналы, поступающие от системы отображения информации (СОИ), пилот оценивает текущее состояние ВС, сравнивает его с необходимым, анализирует возможные способы действий, принимает решение и выполняет управляющие действия.

Особенностью процесса считывания пилотом информации с СОИ является частота считывания информации с каждого элемента СОИ, которая характеризуется периодичностью зрительных обращений пилота к основным элементам СОИ. Пилот считывает показания различных элементов СОИ с различной частотой в зависимости от динамичности визуализируемой ими информации и выполняемой пилотажной задачи, «при этом уменьшение доли внимания к тому или иному прибору часто диктуется отсутствием времени, а не уменьшением потребности в информации» [46].

Постоянное совершенствование авиационной техники с заменой технически устаревшего парка ВС на современные типы, сопровождается увеличением количества контролируемых показателей на протяжении всего полетного времени, сокращением числа членов экипажа ВС, а также увеличением количества полетов [84].

Проблема надежности восприятия информации пилотом заключается в том, что ее количество неограниченно растет, тогда как возможности пилота ограничены [16].

Динамичность взаимодействия пилота с ВС требует от пилота такой организации его зрительной деятельности, при которой он способен оперативно получить с СОИ необходимую информацию, воспринять и переработать ее для своевременного и грамотного принятия решения, а от разработчиков СОИ - обеспечить летчику возможность получения необходимой информации с учетом объективно ограниченных психофизиологических способностей летчика [47].

В настоящее время современные разработки бортового оборудования позволяют автоматизировать процесс пилотирования ВС, что значительно

позволяет снизить нагрузку на пилота. Однако применение автоматизированной системы может привести к излишней уверенности пилотов и доверию к технике. Автоматизированные системы необходимо применять только для того, чтобы освободить пилота от рутинной умственной работы связанной с вычислениями, и ни в коем случае не освобождать пилота от управления самолетом и контролем за пилотажно-навигационной обстановкой. Исключение пилота из эргатической системы «Человек – ВС» невозможно, поскольку контроль над процессом пилотирования должен быть постоянный и при внештатных ситуациях именно за пилотом всегда остается управление ВС.

На всех этапах полета пилоты непрерывно взаимодействует с пилотажно-навигационным индикатором, на котором отображены скоростные параметры, высотные параметры, навигационные данные, параметры состояния топливной системы, сигнальная информация, параметры состояния самолета.

При автоматическом пилотировании ВС пилоты систематически контролируют: положение самолета по пилотажно-командному прибору, по пилотажно-навигационным приборам, вариометрам, высотомерам, указателям скорости, авиагоризонту и индикатору курсовых углов. При этом зрительная нагрузка не уменьшается.

На сегодняшний день, на рабочем месте пилота, не представляется возможным провести объективную оценку сенсорных нагрузок. Методика, изложенная в Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и в проекте приказа Минтруда России «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации» (далее – проект приказа Минтруда России) не реализуема для данной категории работников [84].

Реальные значения (уровни) сенсорных нагрузок значительно превышают не только максимальные значения, установленные Руководством Р 2.2.2006-05 и проектом приказа Минтруда России, но и уровни сенсорных нагрузок в сравнении с другими, схожими по характеру трудового процесса профессиональными группами, достигая превышения по некоторым показателям в 7,5 раз [84].

Существующие методика не описывают порядок проведения и оценки сенсорных нагрузок, не учитывают специфические особенности трудового процесса пилотов, а количественные критерии сенсорных нагрузок не отражают реальных уровней, которым подвергаются работники, что подтверждает невозможность использования этих методик для объективной оценки условий труда [84].

Таким образом, исследование возможности снижения зрительной нагрузки пилотов на всех этапах полета воздушного судна на сегодняшний день является актуальным, способствует обеспечению безопасности полетов.

Снижение зрительной нагрузки пилотов возможно через адаптивное формирование состава и отображения пилотажно-навигационной информации на экране многофункционального индикатора. Сокращение состава отображаемой информации снижает зрительную нагрузку, у пилота появляется резерв времени для оценки пилотажной обстановки, правильного и надежного восприятия информации, ее переработки и принятия решения.

Перспективность адаптивного формирования визуального интерфейса «Человек – ВС» отмечается в работах Солдаткина В.М., Макарова Н.Н., Жаринова И.О., Кучерявого А.А. и др.

Целью диссертационной является снижение зрительной нагрузки пилотов посредством адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, что способствует повышению безопасности полета.

Задачи диссертационной работы. В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- проведен анализ зрительной нагрузки пилота по отображаемой и сигнализируемой пилотажно-навигационной информации летательного аппарата;
- определены пилотажные параметры, повышающие зрительную нагрузку пилота, при этом не влияющие на успешное выполнение плана полета на различных этапах;
- предложен принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета воздушного судна;

- разработана математическая модель обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации;

- проведена оценка зрительной нагрузки пилотов при адаптивном отображении и сигнализации пилотажной информации на экране многофункционального индикатора.

Объектом исследования в диссертационной работе является процесс логической обработки пилотажно-навигационной информации для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации.

Предметом исследования являются средства адаптации (алгоритмы, модель) функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации.

Методы исследований. В ходе выполнения исследований использовались методы анализа информации, математического и логического моделирования, сравнения и классификации данных.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Результаты анализа отображаемой и сигнализируемой на экране многофункционального индикатора пилотажно-навигационной информации и действий экипажа, показывают, что часть постоянно отображаемых и сигнализируемых параметров не участвуют в управлении вниманием командира воздушного судна и второго пилота на различных этапах полета, что приводит к необоснованному повышению их зрительной нагрузки.

2. Принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, заключающийся в автоматическом определении этапа полета на основе логики работы воздушного судна и изменении состава отображаемой и сигнализируемой информации с целью снижения зрительной нагрузки экипажа без потери качества восприятия полетной обстановки.

3. Математическая модель обработки данных для адаптации состава пилотажно-навигационных параметров, отображаемых и сигнализируемых на экране многофункционального индикатора, основанная на бинарном отношении множества этапов полета и условий полета.

4. Результаты сравнительной оценки зрительной нагрузки пилотов при различных режимах отображения и сигнализации пилотажно-навигационной

информации, которые подтверждает эффективность адаптивного функционирования индикатора.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- принцип функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, отличается адаптивным изменением на основе логики работы воздушного судна состава отображаемой и сигнализируемой информации;
- математическая модель обработки данных в адаптивном индикаторе, построена на специальном целевом бинарном соотношении множества этапов полета и условий полета;
- алгоритм автоматического определения этапа полета отличается тем, что позволяет определять этап полета на основе информации о следующих параметрах: наличие/отсутствие сигнала «шасси обжато», положение топливного крана, скорость, положение рычага управления двигателем, высота.

Теоретическая значимость полученных результатов

- принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, отличающийся изменением состава отображаемой и сигнализируемой информации на основе логики работы воздушного судна может быть использован при проектировании перспективных систем индикации, таких как система индикации на лобовом стекле, наголовная системы индикации, где индикация должна быть ограничена основными параметрами, чтобы как можно меньше заслонять пилоту поле зрения;
- алгоритм автоматического определения этапа полета, реализованный в адаптивном индикаторе, может быть использован для настройки графического пользовательского интерфейса управления бортовыми системами управления;
- разработанная математическая модель обработки данных, основанная на бинарном отношении множества этапов полета и условий полета, позволяет определять и адаптировать состав информации для отображения и сигнализации работы других бортовых систем, таких как система управления общесамолетным оборудованием, бортовая система контроля данных и др.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что полученные в ней результаты позволяют:

- снизить зрительную нагрузку пилотов по пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС;

- повысить безопасность полета за счет появления у пилота резерва времени на обработку дополнительной пилотажной информации и оценки полетной обстановки.

Внедрение результатов.

Полученные научные и практические результаты внедрены в АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» при разработке систем отображения информации.

Личный вклад автора заключается в определении и постановке задач диссертационного исследования, проведении анализа зрительной нагрузки пилота по отображаемой и сигнализируемой пилотажно-навигационной информации летательного аппарата на каждом этапе полета, разработке принципа адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, апробации результатов в виде научных докладов и научных публикаций в научных изданиях.

Достоверность результатов. Достоверность проведенных теоретических исследований обеспечивается математическим обоснованием разработанного принципа адаптивного формирования состава пилотажно-навигационных параметров на экране многофункционального индикатора ВС.

Апробация результатов.

Результаты выполненных исследований докладывались на:

- 48-й научно-технической конференции «Вузовская наука в современных условиях» (г. Ульяновск, УлГТУ, 2014);

- 6-ой Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, студентов и молодых ученых «Информатика и вычислительная техника» ИВТ-2014 (г. Ульяновск, УлГТУ, 2014);

- 49-й научно-технической конференции «Вузовская наука в современных условиях» (г. Ульяновск, УлГТУ, 2015);

- 50-й научно-технической конференции «Вузовская наука в современных условиях» (г. Ульяновск, УлГТУ, 2016);

- Пятом Ульяновском молодежном инновационном форуме. Конкурсе научно-технического творчества молодежи (НТТМ) (Ульяновск, УлГТУ, 2016);

- 51-й научно-технической конференции «Вузовская наука в современных условиях» (г. Ульяновск, УлГТУ, 2017);

- 52-й научно-технической конференции «Вузовская наука в современных условиях» (г. Ульяновск, УлГТУ, 2018);

- 53-й научно-технической конференции «Вузовская наука в современных условиях» (г. Ульяновск, УлГТУ, 2019);

- Юбилейной VI международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки» (г. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019);

- XXV международной научно-технической конференция «Радиолокация, навигация, связь», посвященная 160-летию со дня рождения А.С. Попова (г. Воронеж, АО «Концерн «Созвездие», 2019);

- XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция (г. Казань, КНИТУ-КАИ, 2019).

Публикация результатов. Основные результаты диссертации опубликованы в 16 работах автора: 3 статьи в рецензируемых журналах, утвержденных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 1 статья в журнале, индексируемом в SCOPUS, 3 статьи размещены в системе Российского индекса научного цитирования Научной электронной библиотеки (РИНЦ), 9 работ в сборниках трудов международных конференций и других рецензируемых изданиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Диссертация содержит 220 страниц текста, 75 рисунков, 19 таблиц, библиографию из 83 наименований и 3 приложений.

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА

1.1 Анализ режимов полета летательного аппарата

Этап полета воздушного судна определяется видом решаемой задачи и характером выполняемой экипажем работы [1].

Первый этап, с которого начинается движение летательного аппарата (ЛА) это руление. К рулению по рулежным дорожкам следует относиться с тем же вниманием и ответственностью, как и к другим этапам полёта. В аэропортах транспортное движение может быть очень интенсивным, а маршруты руления сложными. В каждый момент времени пилот должен быть полностью осведомлён о положении своего ЛА на земле, а также о движении других ЛА и автотранспортных средств на прилегающей территории. Для предотвращения несанкционированного выезда на взлетно-посадочную полосу (ВПП) и столкновений с другими ЛА или объектами на земле пилоту необходимо выполнять следующие процедуры [2]:

- внимательно прочитать все инструкции по пересечению ВПП и кратковременным остановкам перед ними;

- на этапе предполётного планирования изучить маршруты движения в аэропорту, а затем, если это необходимо, освежить их в памяти перед началом снижения и перед выполнением руления;

- изучить применяемые в аэропорту знаки и обозначения;

- просмотреть извещения об изменениях в правилах проведения и обеспечения полетов и аэронавигационной информации (НОТАМы) на предмет

обнаружения информации о закрытых ВПП, рулѐжных дорожках и зонах строительства в аэропорту;

- если нет уверенности в маршруте руления, обратиться в службу управления воздушным движением (УВД) за инструкциями;

- перед пересечением линии кратковременного ожидания перед ВПП и перед выездом на рулѐжную дорожку убедиться в отсутствии препятствий;

- в время руления держать включѐнными бортовые огни, проблесковый маячок или стробирующие сигналы;

- изучить и использовать соответствующую фразеологию, чтобы понимать инструкции диспетчера и иметь возможность отвечать на них;

- находясь в незнакомых аэропортах, записывать инструкции по выполнению руления и держите их при себе.

После проведения предполетного обслуживания ВС на месте стоянки пилот запрашивает разрешение на выруливание. Получив подтверждение и убедившись в отсутствии помех увеличивает обороты двигателей и начинает движение самолета.

Получив разрешение на взлет, пилот переходит к следующему этапу полета – разбег, разгоняя самолет до скорости, на которой экипаж принимает решение о прекращении взлета и остановки ВС в пределах ВПП.

В случае продолжения полета ВС пилот устанавливает взлетный режим всем двигателям, разгоняет самолет до расчетной скорости отрыва и отклоняет штурвал на себя поднимая носовую стойку, продолжая разгонять самолет до скорости отрыва ВС от поверхности земли.

На параметры разбега влияют [2]:

- барометрическая высота;

- температура;

- встречная составляющая ветра;

- градиент или уклон ВПП;

- вес ЛА.

Также пилоту необходимо учитывать и то, что заявленные в руководстве по летной эксплуатации (РЛЭ) параметры относятся ко времени, когда ВС было новым.

Этап взлета ВС делится на четыре участка. На первом участке с момента отрыва ВС от поверхности земли самолет набирает высоту до 35 футов увеличивая при этом скорость с V_{L0} до V_2 . На втором участке ВС набирает высоту от 35 футов до 400 футов (122 м) над землей. Это наиболее критический участок взлета, поскольку набор высоты осуществляется в режиме полной полетной мощности работающих двигателей на скорости V_2 с закрылками во взлетной конфигурации. На третьем участке взлета (разгона ВС) самолет летит с сохранением высоты 400 футов над землей и при этом увеличивает скорость, после чего набор продолжается. На конечном участке ВС набирает высоту от 400 до 1500 футов (457 м) над уровнем земли, с двигателем, работающем в режиме максимальной продолжительной мощности. При достижении 1500 футов ВС продолжает набор высоты до заданного эшелона. Траектория взлета и определения различных участков представлены на рисунке 1.1 [14].

Эксплуатационные требования к ЛА на этапе взлета включают в себя следующие параметры [2]:

- скорость отрыва;
- необходима длина разбега;
- необходимый угол набора высоты;
- требования к преодолению препятствий.



Рисунок 1.1 - Траектория взлета и определения различных участков

Заняв заданный эшелон и разогнав машину до расчетного числа «М», пилот устанавливает режим работы двигателей. В крейсерском режиме экипаж, как правило, переводит управление полетом в автоматический режим, при этом постоянно следят за показаниями пилотажных параметров, курсом, метеоусловий и ведут радиосвязь [26].

Управление в крейсерском режиме предполагает, что, в целях достижения максимальной дальности, ЛА должен сохранять рекомендованную крейсерскую скорость в течение всего полёта. Поскольку в процессе движения сжигается топливо, полный полётный вес ЛА меняется, и вместе с ним меняются оптимальные значения воздушной скорости, высоты и мощности. Управление в крейсерском режиме означает контроль оптимальной воздушной скорости, высоты и мощности, так, чтобы сохранить 99 % от максимума удельной дальности полёта. Поскольку при входе в режим крейсерского полёта ЛА имеет относительно высокий вес, для создания рекомендованных условий крейсерского

режима необходимы определённые значения скорости, высоты и мощности. По мере сжигания топлива и уменьшения веса ЛА оптимальные значения скорости и мощности снижаются либо возрастает оптимальная высота полёта. Помимо этого, увеличивается оптимальная удельная дальность полёта. Таким образом, пилот должен выполнить необходимые управляющие действия, чтобы создать оптимальные условия полёта.

Заключительными этапами пилотирования ЛА является посадка. На приборной панели устанавливается посадочная конфигурация и ВС снижается.

Перед снижением ВС проводится предпосадочная подготовка с целью подготовки экипажа к действиям при попадании в опасные метеоявления.

В процессе подготовки рассматриваются [3]:

- метеорологические условия;
- параметры и состояние ВПП;
- работа свето- и радиотехнического оборудования аэродрома;
- время суток;
- основная, запасная, вспомогательные системы захода на посадку, минимумы погоды;
- давление на уровне аэродрома;
- особенности захода на горном аэродроме, действия при срабатывании системы сигнализации опасных скоростей (ССОС);
- порядок снижения с эшелона;
- погодные условия на запасном аэродроме с учетом запаса топлива;
- распределение обязанностей, взаимодействие членов экипажа на посадке;
- применение радиовысотомера;
- действия при внезапном ухудшении видимости ниже высоты принятия решения (ВПР);
- уход на второй круг;
- схема руления для освобождения ВПП и заруливания на стоянку.

Способ посадки ВС пилот определяет в зависимости от следующих факторов [34]:

- посадочной массы и центровки;
- температуры окружающего воздуха;
- угла наклона глиссады;
- уклон взлетно-посадочной полосы;
- наличия обледенения;
- направление ветра;
- коэффициента сцепления с ВПП;
- видимость на ВПП.

При расчёте допустимого посадочного веса ЛА пилоты учитывают следующие факторы [2]:

- барометрическая высота аэродрома;
- температура;
- встречная составляющая ветра;
- длина ВПП;
- градиент (уклон) ВПП;
- состояние покрытия ВПП.

Установив эти параметры, рассчитывают допустимый посадочный вес ЛА. Этот вес должен быть ниже значений веса, определяемых:

- требованиями посадочного пробега;
- требованиями набора высоты после прерывания захода на посадку.

Смена эшелонов при снижении воздушного судна строго определено по времени, высоте и скорости. При снижении до высоты принятия решения (60 м) командир воздушного судна принимает решение о продолжении захода на посадку или уходе на второй круг.

Процесс принятия решения захода на посадку ВС начинается с определения пространственного положения ВС по отношению к ВПП. Информация о положении ВС относительно ВПП формируется при считывании информации с пилотажно-командного прибора (ПКП), пилотажно-навигационного прибора (ПНП), указателя скорости, высотомера и т.д.

Далее пилот сопоставляет представление полета с положением ВС относительно ориентиров аэродрома. При рассогласовании ожидаемого и фактического положением ВС пилот производит следующие действия: перерасчет параметров для посадки.

После перехода на визуальный полет пилоту необходимо не только точно следовать видимым ориентирам, но и качественно управлять движением ВС. При использовании САУ точность пилотирования высокая и пилот только в ручном режиме сохраняет эту точность, контролируя режим полета инструментальным способом.

При заходе на посадку по оборудованию системы посадки (ОСП), инструментальной системы посадки (ИЛС), радиолокационной системы посадки (РСП) (ручное управление) необходимая информация поступает от авиагоризонта и вариометра. Однако, в директорном режиме, информация для захода на посадку идет от командных стрелок [36], что значительно снижает нагрузку пилота.

Время фиксации взгляда пилота при полете с высоты 200 м до высоты 60 м в ручном режиме управления ВС и в директорном режиме приведено в таблице 1.1 [4].

Таблица 1.1 - Время фиксации взгляда пилота при полете с высоты 200 м до высоты 60 м в различных режимах управления ВС, %

Режим управления	ПКП	ПНП	Указатель скорости	Вариометр	Высотомер
Ручной	36	45	1	11	2
Директорный	73	14	2	6	2

Сравнивая два режима управления ВС видно, что в директорном режиме управления большую часть времени взгляд пилота тратит на командно-пилотажном приборе (73 %). Увеличение времени фиксации внимания на командно-пилотажном приборе происходит за счет высокой информационности прибора и необходимости выполнения команды директорных стрелок.

Основное внимание пилота приковано к командным стрелкам, и по мере приближения к земле оно не ослабевает. Пилотирование в директорном режиме освобождает пилота от построения динамического образа полета, непрерывного

сопоставление текущего и заданного режимов и положения самолета в пространстве [33]. Такое перераспределение функций, снижающее внимание пилота, вынужденная мера, вызванная потребностями практики для повышения точности пилотирования ВС.

Заход на посадку делится на категории в зависимости от метеорологических условий и дальности видимости ВПП.

I категория - точный заход на посадку по приборам и посадка с высотой принятия решения не менее 60 м (200 фут.) и либо видимостью не менее 800 м, либо дальностью видимости на ВПП в зоне приземления не менее 550 м.

II категория - точный заход на посадку по приборам и посадка с высотой принятия решения менее 60 м (200 фут.), но не менее 30 м (100 фут.) и дальностью видимости на ВПП не менее 350 м.

IIIА категория - точный заход на посадку по приборам и посадка либо с высотой принятия решения менее 30 м (100 фут.), либо без ограничений по высоте принятия решения и при дальности видимости на ВПП не менее 200 м.

IIIВ категория - точный заход на посадку по приборам и посадка либо с высотой принятия решения менее 15 м (50 фут.), либо без ограничений по высоте принятия решения и при значении дальности видимости на ВПП менее 200 м, но не менее 50 м.

IIIС категория - точный заход на посадку по приборам и посадка без ограничений по высоте принятия решения и без ограничений дальности видимости на ВПП.

Эксплуатационные требования к ЛА на этапе посадки включают в себя следующие параметры [2]:

- Посадочная скорость;
- Необходима дистанция послепосадочного пробега;
- Необходимый угол снижения.

Для обеспечения безопасного рассредоточения воздушных судов в воздушном пространстве разработаны нормы вертикального, продольного и бокового эшелонирования воздушных судов описанные в [5]. Эти нормы

устанавливаются для определенных зон управления воздушным давлением (УВД) и в зависимости от наличия или отсутствия радиолокационного контроля.

В традиционной системе эшелонирования (CVSM) интервал эшелонирования составляет 1000 футов (примерно 300 м) до эшелона FL 290 (соответствует высоте 8850 м), а на более высоких эшелонах интервал 2000 ф (примерно 600 м). Соответственно, попутные эшелоны следуют сначала через 2000 ф, а затем через 4000 ф.

Система эшелонирования ИКАО является полукруговой, но направление полета (восток или запад) определяется не истинным, как в России (см. рисунок 1.2), а заданным магнитным путевым углом.

Нечетные эшелоны (на восток): FL 10, 30, 50, 70, ..., 270, 290, 330, 370, 410...

Четные эшелоны (на запад): FL 20, 40, 60, ..., 260, 280, 310, 350, 390...

В новой системе сокращенных интервалов эшелонирования (RVSM) интервал в 1000 фт сохраняется до эшелона FL 410, и только выше становится, как и в традиционной системе, равным 2000 фт.

Нечетные эшелоны (на восток): FL 10, 30, 50, ..., 370, 390, 410, 450, 490...

Четные эшелоны (на запад): FL 20, 40, 60, ..., 360, 380, 400, 430, 470, 510...

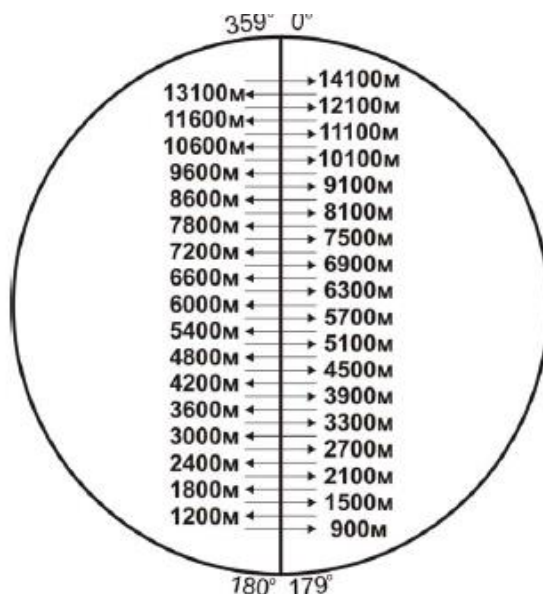


Рисунок 1.2 - Система вертикального эшелонирования РФ

Все эшелоны являются барометрическими высотами, измеренными по давлению 760 мм рт. ст. (1013.2 гПа). Наименьшим в принципе возможным

является эшелон 900 м. Последующие эшелоны идут с шагом, равным установленному интервалу эшелонирования. Но этот интервал является различным в разных диапазонах высот.

Различают следующие виды давлений [17]: стандартное давление (760 мм. рт. ст.), давление аэродрома (QFE) и давление аэродрома, приведенное к уровню моря (QNH).

В зависимости от того, какой уровень принимается за начало отсчета, в навигации различают следующие виды высот (Рисунок 1.3).

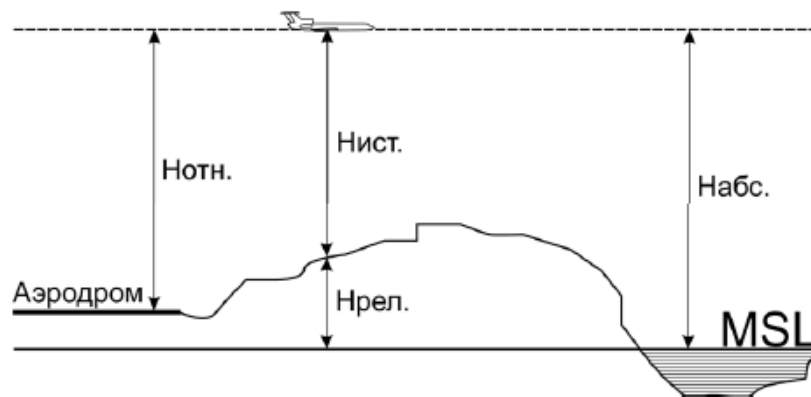


Рисунок 1.3 - Виды высот,

где $H_{ист}$ - истинная высота, $H_{абс}$ - абсолютная высота, $H_{отн}$ - относительная высота, $H_{рел}$ - высота рельефа, MSL - средний уровень моря

Радиовысотомеры используются в непосредственной близости от земли, то есть при взлете и посадке. Основным прибором для определения высоты полета ВС на борту является барометрический высотомер.

Поскольку ВС совершает полет на разных высотах, то определены строгий порядок установки давления на высотомере [17].

Перед вылетом на высотомерах устанавливается нулевое значение высоты. При этом на шкале давлений отображается давление аэродрома $P_{аэр}$ (QFE). Значение фактического давления на аэродроме известно экипажу из предполетной метеорологической консультации. При расхождении давления на величину более установленной, то вылет запрещается и экипаж должен вызвать технический персонал для замены высотомера. Величина допустимого расхождения 1-1,5 мм рт.ст.

За рубежом используют давление QNH.

После отрыва ВС от ВПП при достижении высоты перехода на высотомерах устанавливается давление 760 мм рт.ст. Высота перехода является относительной высотой, поскольку отсчитывается от уровня аэродрома.

За рубежом, если взлет выполняется по QNH, то высота перехода является абсолютной высотой.

После перехода набор высоты, полет и снижение выполняются по стандартному давлению 760 мм рт. ст. (1013 гПа). При заходе на посадку и посадке, при достижении ВС эшелона перехода, устанавливается давление QFE, за рубежом QNH(см. рисунок 1.4).

Эшелон перехода данного аэродрома публикуется в документах по аэронавигационной информации и может зависеть от величины атмосферного давления на аэродроме и каждый раз сообщаться авиадиспетчером.

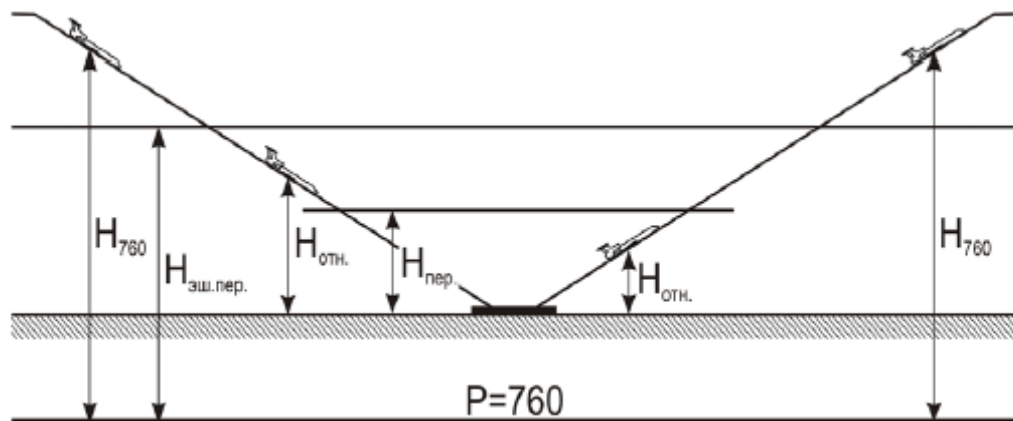


Рисунок 1.4 - Высота и эшелон перехода

За рубежом взлеты и посадки выполняются по QNH. Поскольку это значение зависит от распределения барических систем (циклонов и антициклонов), то оно в процессе полета меняется. Текущее значение QNH для района своего местонахождения пилот получает по радиосвязи от авиадиспетчера.

Современный летательный аппарат оснащен множеством технических устройств для его управления, контроля работы бортовых систем и силовых установок, а также для определения его местоположения. В [6] представлено описание пилотажного оборудования по назначению.

1.2 Анализ влияния авиационных факторов

Согласно исследованию Boeing [7], с 2007 по 2016 год (см. рисунок 1.5) больше всего происшествий с человеческими жертвами случается во время этапа приземления (24 %) и финального захода на посадку (24 %).

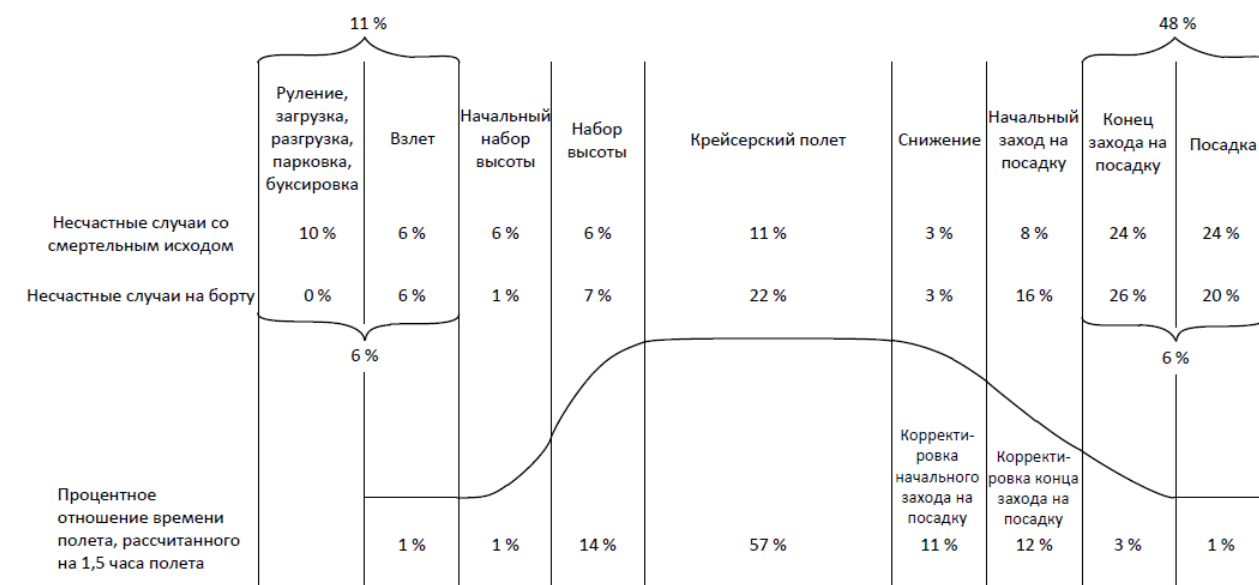


Рисунок 1.5 - Процентное отношение несчастных случаев со смертельным исходом и несчастных случаев на борту

Распределение катастроф и налета по этапам полета ВС в России приведено на рисунке 1.6. Видно, что на 0,75 % налета ВС на этапе посадки приходится 66,7 % катастроф, на этапе снижения и захода на посадку на 9 % налета приходится 22,2 % катастроф ВС.

По результатам проведенных анализов можно сделать вывод, что самым аварийным является этап посадки ВС.

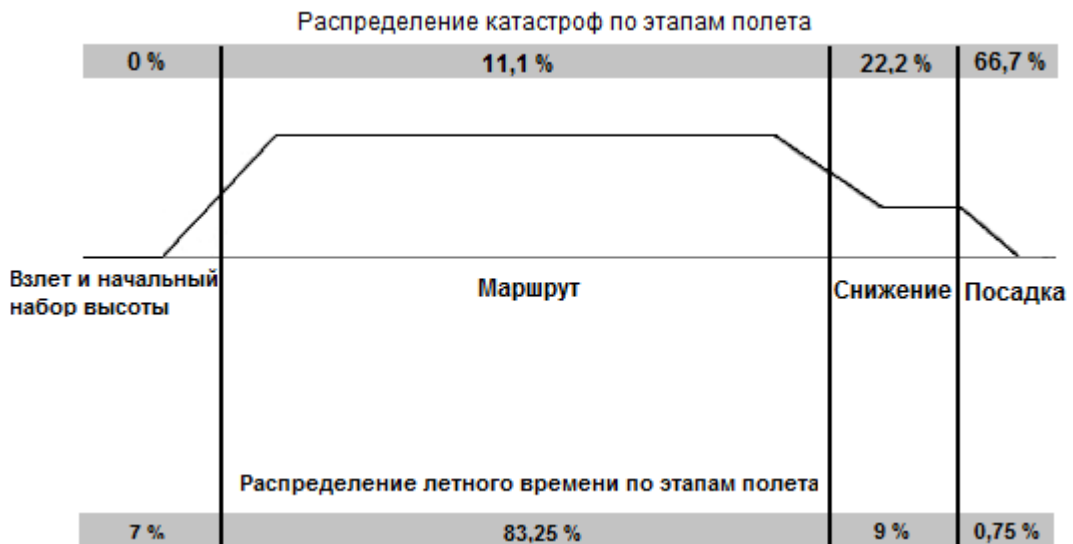


Рисунок 1.6 - Соотношение летного времени и катастроф по этапам полета

При посадке в простых метеоусловиях в большинстве случаев основным фактором, влияющим на действия экипажа, является дефицит времени, что в свою очередь приводит к спешке пилотов, потере контроля над параметрами движения ВС и попыткам их устранения уже на конечном участке глиссады [5].

В настоящее время для оценки безопасности полетов нашли применение следующие показатели безопасности полетов, приведенные на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 - Статистические и вероятностные показатели безопасности полетов

Авиационные события подразделяются на авиационные происшествия, авиационные инциденты и производственные происшествия, представленные на рисунке 1.8 и подробно описанные в [5].



Рисунок 1.8 - Классификация авиационных событий

Для того чтобы снизить количество происшествий до минимума, необходимо в полной мере учитывать возможности пилотов, порядок работы членов экипажа в кабине, распределение задач между ними, форму представления информации [40].

Существует простой и доходчивый прием, который позволяет анализировать компоненты системы «Человек-Машина-Среда» и особенности их взаимодействия. Это модель SHEL(L) [39]. Она иллюстрирует взаимосвязь между человеком и остальными компонентами системы авиации.

В модели SHEL используются блоки (S, H, E, L) для представления различных компонентов человеческого фактора:

S - SOFTWARE (правила, руководства, символы и т. д.) – процедуры;

H - HARDWARE (машина) – объект;

L - LIVEWARE (человек) – субъект;

E - ENVIRONMENT (ситуация, в которой должны функционировать остальные составляющие системы L-H-S) - окружающая среда.

SHEL заостряет внимание на человеке и на его интерфейсах с другими компонентами системы авиации. Графическое представление модели SHEL, иллюстрирующее необходимость согласования интерфейсов между различными составляющими приведено на рисунке 1.9. [8].

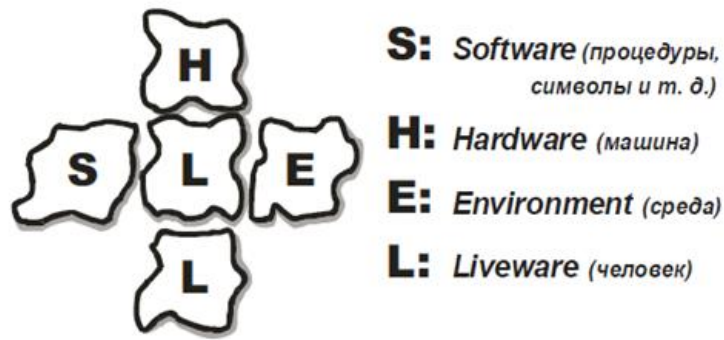


Рисунок 1.9 - Модель SHEL

В центре модели SHEL находится человек, наиболее критический и гибкий компонент, к которому должны быть тщательно подогнаны другие компоненты системы, чтобы избежать стрессов и случайных сбоев в системе. Для достижения этой подгонки главным является правильное понимание характеристик этого основного компонента. Работоспособность разных людей может значительно отличаться и подвергаться многим ограничениям, большинство из которых сейчас предсказуемы в общих чертах.

Взаимодействие между человеком и машиной является одним из наиболее широко рассматриваемых аспектов, когда речь идет о человеческом факторе [59]. Оно определяет взаимоотношения человека с его физической рабочей средой, например, соответствует ли конструкция сидений характеристикам человеческого тела в сидячем положении, отвечают ли дисплеи сенсорным характеристикам пользователя и его возможностям обрабатывать информацию, или обладают ли органы управления адекватными характеристиками перемещения, кодирования и размещения. К сожалению, естественная человеческая склонность адаптироваться к несоответствиям взаимодействия человека и машины (L-H) может скрывать серьезные упущения, которые становятся очевидными только после инцидента, например, несоответствия, которые проявились после появления технологически усовершенствованных кабин летного экипажа.

Взаимодействие человека с процедурами (L-S) определяется взаимоотношениями между человеком и правилами, руководствами, контрольными перечнями, технической документацией, стандартными эксплуатационными процедурами и компьютерным программным обеспечением.

Взаимодействие L-L определяет взаимоотношения между членами экипажа.

Взаимодействие L-E определяет отношения между человеком и внутренней средой. Внутренняя среда рабочего места включает такие факторы среды, как температура, окружающее освещение, шумы, вибрация и качество воздуха.

На результаты работы пилотов, диспетчеров УВД, инженеров по техническому обслуживанию и т. д. могут оказывать существенное влияние организационные, нормативные, культурологические факторы и факторы производственной среды, затрагивающие рабочий процесс. Например, благодатной почвой для многих предсказуемых ошибок человека являются процессы организационного характера, включая неадекватные средства связи, нечеткие процедуры, неудовлетворительные графики, недостаточные ресурсы, нереалистичное бюджетное планирование - фактически, все процессы, которые может контролировать организация. На рисунке 1.10 представлены факторы, способствующие ошибкам человека и авиационным происшествиям [5].



Рисунок 1.10 - Факторы, способствующие ошибке человека

В соответствии с результатами многолетних исследований, полученными теоретическими и экспериментальными методами, основными аспектами проблемы «человеческого фактора» в авиационной аварийности гражданской авиации являются:

- 1) Профессиональный;
- 2) Эргономический;
- 3) Психологический;
- 4) Психофизиологический;

5) Внешняя среда;

6) Социальный.

Содержание представленных понятий рассмотрено в [9].

На имеющейся статистике авиационных происшествий была произведена выборка 441-ого случая ошибок экипажа (162 авиационных происшествия (АП) с самолетами, 279 - с вертолетами). По материалам расследования были проанализированы факторы происшествий в соответствии с указанными выше аспектами. Их распределение приведено на Рисунке 1.11.

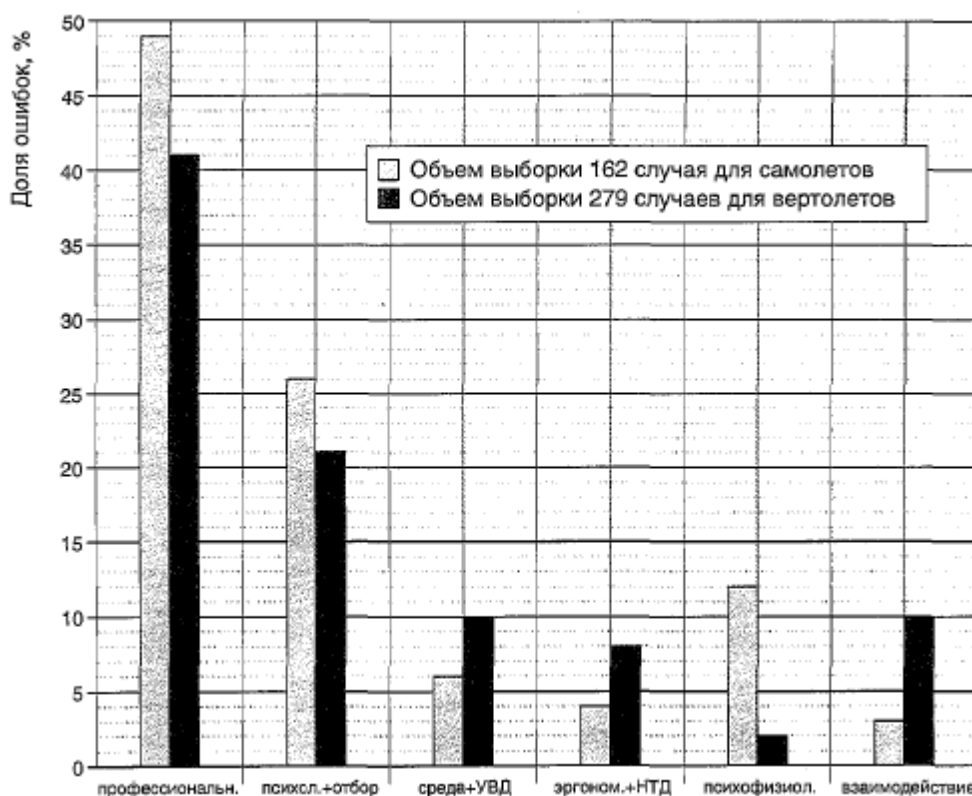


Рисунок 1.11 - Распределение факторов ошибок экипажей самолетов по выборке

Из приведенной диаграммы видно, что преобладающими факторами в «ошибках экипажа» являются уровень профессиональной подготовленности и психологические характеристики членов экипажа. Одно и то же событие может содержать несколько факторов, связанных с перечисленными аспектами. Поэтому в диаграмме одно и то же событие нашло отражение в нескольких столбцах. Так, ошибки в принятии решения могут быть следствием практически всех указанных аспектов:

- недостаточная профессиональная подготовка экипажа;

- неполное соответствие характеров членов экипажа;
- социальные (взаимоотношения с заказчиком, оплата труда, условия труда и отдыха, вмешательства в действия экипажа);
- эргономические (неоднозначные реакции на показания приборов, неоднозначные или нечеткие указания документов);
- психофизиологические (незаметные для восприятия признаки возникновения особой ситуации, мешающий фон для восприятия значимой информации, высокая требуемая скорость реакции, недоступная человеку-оператору) и другие.

Проблема надежности восприятия информации пилотом заключается в том, что ее количество практически не ограничено растет, тогда как возможности пилота весьма ограничены и если увеличиваются под воздействием всевозможных мер, то несоизмеримо медленнее. У человека замедленная реакция, ограниченная память, ограниченная пропускная способность информации [10].

Из рисунка 1.12 видно, что затраты времени оператором на восприятие информации линейно зависят от количества информации. Это значит, что в единицу времени он может воспринимать только определенную, неизменную долю информации. На рисунке показаны три графика, каждый из которых соответствует конкретному эксперименту со своими условиями и операторами.

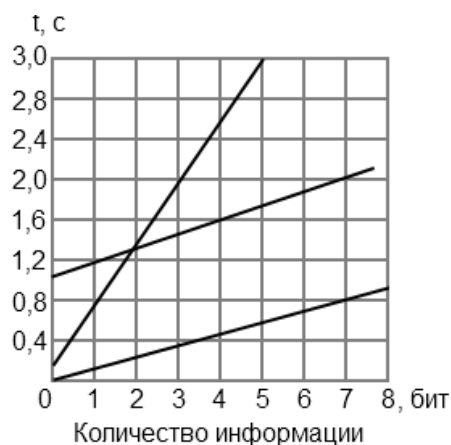


Рисунок 1.12 - Зависимость времени реакции человека от количества передаваемой информации

За счет натренированности, улучшения условий деятельности можно увеличить пропускную способность членов экипажа. Но дальше наступает

перенасыщение, следствием которого являются утомление, ошибки, задержки реакции.

В большинстве случаев в качестве фактора, вызвавшего авиационное происшествие или способствовавшего ему, называется ошибка человека [49]. Зачастую ошибки совершаются квалифицированными сотрудниками, хотя очевидно, что они не планировали какого-либо происшествия. Ошибки не являются своего рода аномальным поведением, они представляют собой естественный побочный результат практически всех усилий человека [78]. Ошибку необходимо воспринимать как нормальный компонент любой системы, в которой взаимодействуют человек и техника.

Ошибка, приписываемая человеку, может быть следствием недостатков конструкции, оборудования или недостаточной профессиональной подготовки, несовершенных правил либо неадекватных контрольных карт или руководств, т. е. даже если ошибок человека невозможно полностью избежать, они поддаются контролю посредством применения усовершенствованной техники, соответствующей подготовки и надлежащих правил, и процедур [24].

По своей природе ошибки это нормально. Их можно найти практически во всех видах человеческой деятельности [5] и полностью их устранить нереальная задача. Цель скорее заключается в том, чтобы управлять ошибками, которые уже совершены.

Для контролирования человеческих ошибок требуется два различных подхода. Первый подход заключается в минимизации вероятности ошибок на основе обеспечения высокой квалификации персонала и конструирования органов управления с учетом характеристик работоспособности человека. Сюда же относятся подготовка надлежащих контрольных перечней, процедур, руководств, карт, схем и систем электропитания (СЭП), а также снижение уровней шумов и вибраций, экстремальных температур, других вызывающих стресс условий и т. д. Снижению вероятности совершения ошибок также способствуют программы обучения, нацеленные на улучшение взаимодействия и общения между членами экипажа. Второй подход заключается в смягчении последствий любых ошибок

посредством перекрестного мониторинга и путем улучшения взаимодействия членов летного экипажа. Свой вклад в устранение ошибок и их последствий также вносят конструкции оборудования, обеспечивающие обратимость ошибок, и оборудование, которое отслеживает или дополняет и поддерживает эффективность деятельности человека.

Применение автоматизации относительно дисплеев и органов управления пилотской кабины может породить чувство излишней самоуверенности и чрезмерного доверия к автоматизированным системам, которые могут быть причислены к факторам, способствующим авиационным происшествиям и инцидентам [23, 29]. При правильном учете человеческого фактора (например, ограниченная способность людей отслеживать ситуацию и воздействие мотивации) автоматизация может повысить эффективность функционирования воздушного судна и его систем так же, как и общую эффективность выполняемых полетов. Кроме того, это может освободить экипаж от выполнения определенных действий и, таким образом, понизить рабочую нагрузку на тех этапах полета, когда она достигает пределов эксплуатационной приемлемости.

1.3 Анализ обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса и предотвращения критических режимов

По степени опасности выделяют следующие особые ситуации: усложнение условий полета (УУП), сложную (СС), аварийную (АС) и катастрофическую (КС) ситуацию, подробно представленные в [11].

Безопасность полетов авиационной техники определяется безопасностью функционирования элементов бортового эргатического комплекса (БЭК) «Экипажа - Бортового оборудования - Воздушное судно» [79].

Уровень опасности функционирования БЭК можно оценить вероятностью возникновения в полете авиационного происшествия $P_A(t)$ при нарушении функционирования их элементов [11]:

$$P_A(t) = P_{ВФ}(t) \cdot P_{ОС}(ОС/ВФ) \cdot P(КС/ОС), \quad (1.1)$$

где $P_{ВФ}(t)$ вероятность появления воздействующих факторов (ВФ); $P(ОС/ВФ)$ - условная вероятность непарирования особой ситуации (ОС) бортовыми автоматизированными системами или экипажем; $P(КС/ОС)$ - вероятность возникновения катастрофической (или аварийной) ситуации.

Основными факторами, влияющими на безопасное функционирование БЭК и определяющими возникновение в полете ОС, являются:

- неблагоприятные внешние возмущения, возникающие с вероятностью $P_B(t)$;
- отказы техники с вероятностью $P_T(t)$;
- ошибочные действия экипажа при пилотировании с вероятностью $P_{л}(t)$.

Каждый из влияющих факторов во времени (в процессе полета) можно представить как случайный процесс с конечным множеством состояний $S_{ВФ}\{S_i\}$, $i = \overline{1, m}$, непрерывной областью изменения характерных (критических) параметров полета x_i . Процесс может быть описан с помощью Марковской модели функции работоспособности $S_{ВФ}(S_1, \dots, S_m)$ в виде вектора вероятности $P_{ВФ}(t) = [P_1(t, S_1), \dots, P_j(t, S_j), \dots]$ нахождения системы в любом состоянии S_j .

Процесс полета от предполетной проверки до приземления можно разбить на $k = \overline{1, n}$ этапов. Если события A_k успешного завершения k -го этапа считать независимыми, то событие успешного завершения полета в целом определяется как конъюнкция:

$$A = \bigcap_{k=1}^n A_k. \quad (1.2)$$

При выполнении каждого k -го этапа используется j -я комбинация элементов БЭК, тогда событие A_k будет представлено как:

$$A_k = B_{1k} \cup B_{2k} \cup \dots \cup B_{mk}, \quad (1.3)$$

где B_{jk} - факт успешного (безопасного) функционирования каждой j -й комбинации

элементов БЭК, задействованных на k -м этапе полета.

Каждое событие B_{jk} можно представить в виде события S_{ljk} , при котором каждый l -й функциональный элемент эргатического комплекса в j -й комбинации на k -м этапе полета выполняет свои функции (работоспособен). Тогда при $l = \overline{1, p}$:

$$B_{jk} = \bigcap_{l=1}^p S_{ljk}, \quad (1.4)$$

где p - число функциональных элементов БЭК, использованных в j -ой комбинации на k -м этапе полета;

$\bigcap_{l=1}^p$ - операция дизъюнкции.

Вероятность $P_{\text{БП}}(t)$ безопасного завершения полета определяется выражением

$$P_{\text{БП}}(t) = 1 - P_A(t) = 1 - \prod_{k=1}^n \sum_{j=1}^m \prod_{l=1}^p P(\overline{S_{ljk}}) P(H_i / \overline{S_{ljk}}) P(\text{КС} / H_i), \quad (1.5)$$

где $P(\overline{S_{ljk}})$ - вероятность отклонения от нормального функционирования (отказа) l -го функционального элемента эргатического комплекса, обеспечивающего k -й этап полета в j -й комбинации; $P(H_i / \overline{S_{ljk}})$ - условная вероятность возникновения особой ситуации H_i при отказе l -го функционального элемента БЭК; $P(\text{КС} / H_i)$ - вероятность возникновения катастрофической ситуации при условии, что автоматизированные системы и экипаж не устранят особую ситуацию H_i .

Условную вероятность $P(H_i / \overline{S_{ljk}})$ возникновения особой ситуации H_i из-за отказа l -го функционального элемента бортового эргатического комплекса можно определить так же, как вероятность $P(X > X^{\text{г}})$ выхода вектора параметров $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ движения воздушного судна в область недопустимых значений (эксплуатационных ограничений), определяемых вектором ограничений $X^{\text{г}}(x_1^{\text{г}}, x_2^{\text{г}}, \dots, x_s^{\text{г}})$.

Допустим, что возможные причины появления особых ситуаций в полете составляют полную группу событий, т.е.

$$\sum_{l=1}^p P(H_i / \overline{S_{ljk}}) = 1. \quad (1.6)$$

Тогда возможные нарушения в работе функциональных элементов БЭК можно распределить по степени опасности возникающей особой ситуации H_i .

С учетом регламентированных АП вероятностей возникновения за час полета $P_{КС} = 10^{-9}$, $P_{АС} = 10^{-6}$, $P_{СС} = 10^{-4}$, $P_{УУП} = 10^{-2}$ и при условии, что каждая из регламентируемых особых ситуаций дает один и тот же уровень опасности $P_A(t) = P_{КС} = 10^{-9}$, можно определить условные вероятности $P_A^{H_i}$ возникновения в полете КС, АС, СС и УУП:

$$\begin{aligned} P_A^{КС} &= 1; \\ 10^{-2} &\leq P_A^{АС} \leq 1; \\ 10^{-4} &\leq P_A^{СС} \leq 10^{-2}; \\ 10^{-6} &\leq P_A^{УУП} \leq 10^{-4}; \\ 10^{-9} &\leq P_A^{НЭУ} \leq 10^{-6}, \end{aligned} \quad (1.7)$$

где $P_A^{НЭУ}$ - условная вероятность непарирования неблагоприятных факторов при полете в нормальных эксплуатационных условиях (НЭУ).

Каждая из возникающих особых ситуаций H_i на данном режиме полета оценивается по вызываемому ею изменению критического параметра x_i и может быть идентифицирована следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} \text{для КС: } x_i &\geq x_{n_i}^{КС}, P_A^{x_i} = 1; \\ \text{для АС: } x_{n_i}^{АС} &\leq x_i < x_{n_i}^{КС}, 10^{-2} \leq P_A^{x_i} < 1; \\ \text{для СС: } x_{n_i}^{СС} &\leq x_i < x_{n_i}^{АС}, 10^{-4} \leq P_A^{x_i} < 10^{-2}; \\ \text{для УУП: } x_{n_i}^{УУП} &\leq x_i < x_{n_i}^{СС}, 10^{-6} \leq P_A^{x_i} < 10^{-4}; \\ \text{для НЭУ: } x_i &< x_{n_i}^{УУП}, 10^{-9} \leq P_A^{x_i} < 10^{-6}, \end{aligned} \quad (1.8)$$

где $x_{n_i}^{H_i}$ - значения критических параметров полета x_i на границах особых ситуаций H_i .

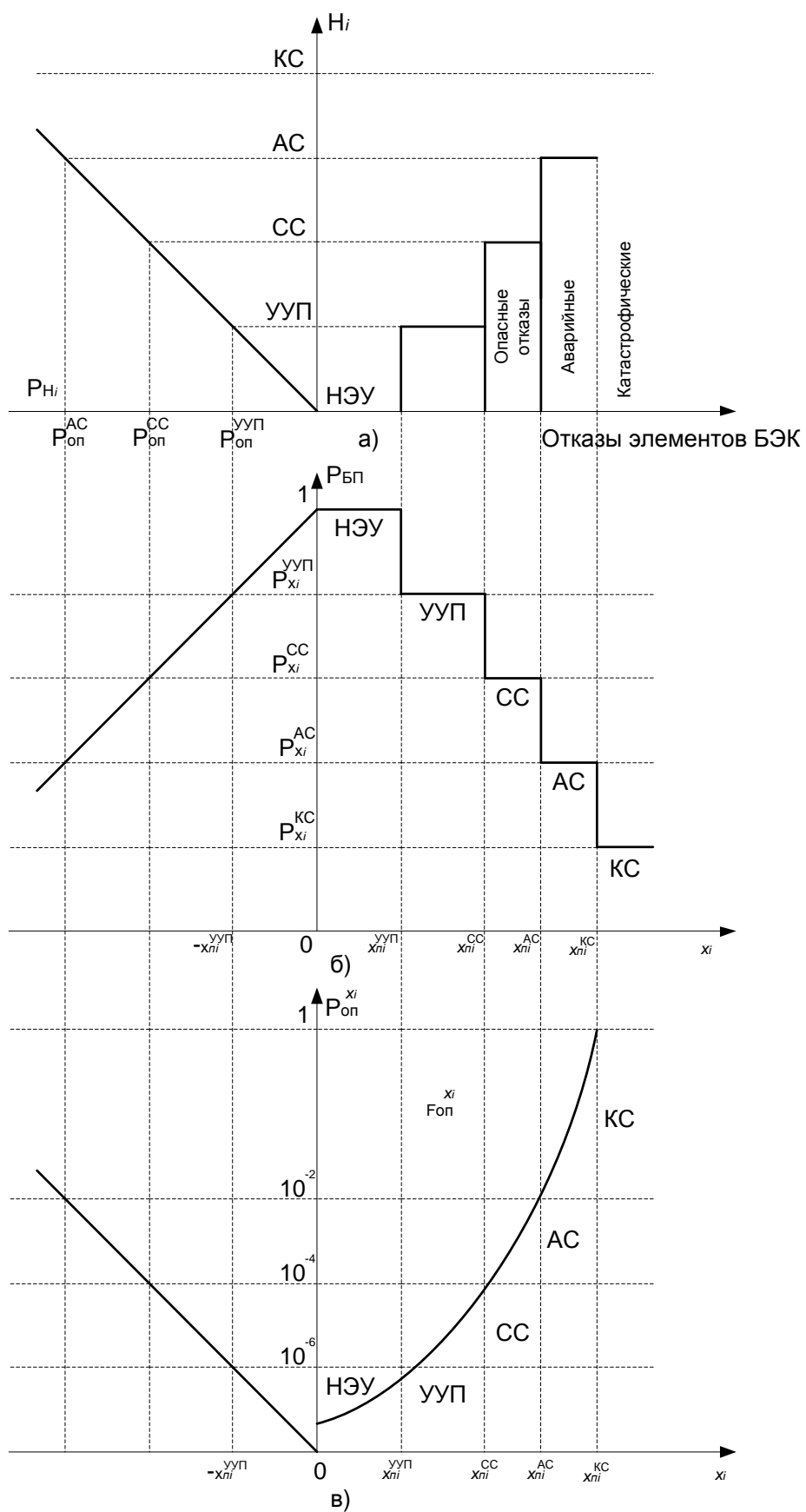


Рисунок 1.13 - Иллюстрация построения частной информативной функции опасности отказов элементов БЭК

По точкам $x_{n_i}^{H_i}$ на границах особых ситуаций КС, АС, СС, УУП может быть построена детерминированная частная информативная функция опасности $F_{on}^{x_i} = f(x_i)$ (рис. 1.13), определяющая текущий уровень опасности полета при отказе элемента БЭК, вызывающего изменение критического параметра x_i .

Так как параметры x_i на каждом режиме полета взаимосвязаны через динамику движения воздушного судна, то эти связи учитываются и в полученных информативных функциях опасности.

Если построить графики изменения во времени частных $F_{on}^{x_i}(t)$ и интегральной $F_{on}(t)$ информативных функций опасности режима полета (рисунок 1.14), то по их положению относительно границ особых ситуаций можно оценить текущий уровень опасности режима полета, идентифицировать вид и основные причины возникновения той или иной особой ситуации, темпы их развития во времени и, следовательно, сформировать сигналы предупреждения экипажа и системы автоматического управления (САУ) о необходимости перестройки алгоритмов штурвального или автоматического управления.

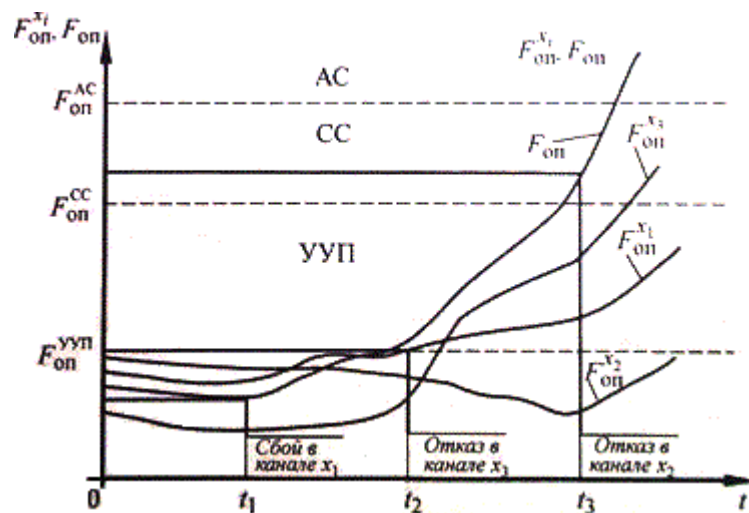


Рисунок 1.14 - Динамика изменения и связь частных и интегральной функций опасности функционирования БЭК

Как видно из рисунка 1.14, текущее значение интегральной функции F_{on} отражает изменение уровня безопасности режима полета воздушного судна, обусловленное влиянием всех элементов бортового эргатического комплекса. При этом возникновение особой ситуации N_i на определенном режиме полета

возможно и при невыходе частных функций $F_{on}^{x_i}$ или отдельных критических параметров за соответствующие границы $F_{on}^{H_i}$ и $x_i^{H_i}$. Это свидетельствует о высокой информативности функции $F_{on}(t)$ и эффективности ее использования в каналах информационно-управляющей системы обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса самолета.

Информативные функции опасности функционирования БЭК позволяют проанализировать изменение уровня безопасности полета при воздействии на элементы эргатического комплекса различных неблагоприятных факторов, идентифицировать уровень безопасности текущего режима полета и степень опасности возникающих нештатных ситуаций, формировать своевременные команды предупреждения, строить стратегии штурвального и автоматического управления, принимать своевременные решения по обеспечению регламентированного уровня безопасности полета.

На рисунке 1.15 в плоскости изменения критических параметров воздушной скорости V_B и угла атаки α построены линии одинакового уровня информативной функции $F_{on} = 10^{-6}$, $F_{on} = 10^{-7}$, $F_{on} = 10^{-8}$ и траектория изменения функции $F_{on}(t)$ при моделировании движения самолета по посадочной глиссаде в условиях продольного сдвига ветра. В каждой точке траектории изменения информативной функции $F_{on}(t)$ можно построить вектор $\overline{grad}F_{on}$ (линию нормали к соответствующей линии уровня равной опасности), который будет указывать направление наибольшего роста функции $F_{on}(V_B, \alpha)$.

Знание в каждый момент времени значения информативной функции $F_{on}(t)$ и его положения на соответствующей линии уровня равной безопасности позволяет указать направление (противоположное направлению $\overline{grad}F_{on}$ в данной точке) изменения параметров движения V_B и α и, следовательно, построить алгоритм управления, при котором уменьшение функции $F_{on}(t)$ и повышение уровня безопасности полета будут происходить наиболее эффективно (более высокими темпами).

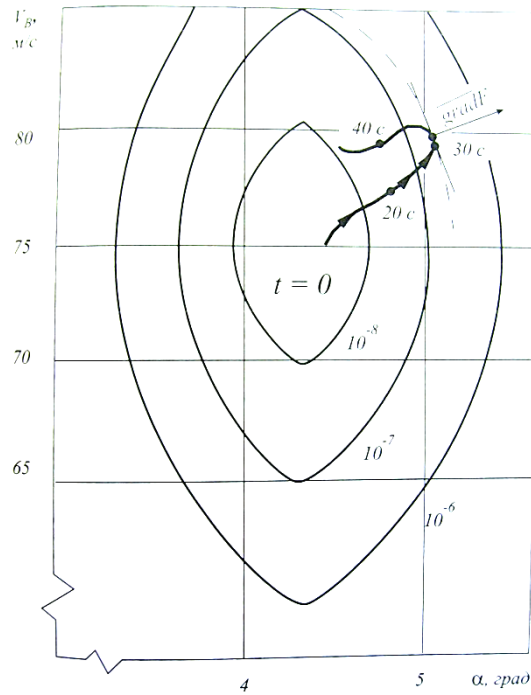


Рисунок 1.15 - Линии уровня равной опасности и траектории изменения информативной функции опасности функционирования элементов бортового эргатического комплекса на режиме посадки самолета в условиях сдвига ветра

Предложенные частные и интегральные информативные функции опасности функционирования элементов БЭК отражают динамику полета воздушного судна и связанные с ней изменения уровня безопасности режима полета, позволяют решать задачи анализа и синтеза каналов обнаружения и идентификации особых ситуаций, предупреждения и управления информационно-управляющих систем обеспечения безопасности функционирования элементов бортового эргатического комплекса, решать задачи информационной поддержки экипажа в нештатных ситуациях и обеспечения регламентируемого уровня безопасности полета.

Для эффективного выхода ВС из нештатных ситуаций БЭК должны выполнять функции информационно-управляющей системы обеспечения безопасности полета. Не только решать задачи контроля и предупреждения, но и определять текущий уровень безопасности полета, идентифицировать вид возникающей особой ситуации, прогнозировать ее развитие, формировать своевременные команды - «подсказки» экипажу и управляющие сигналы, позволяющие корректировать алгоритмы штурвального или автоматического управления воздушным судном, режимы работы элементов общесамолетных

систем и бортового интегрированного комплекса оборудования по эффективному парированию последствий нарушений функционирования БЭК и обеспечению регламентированного уровня безопасности полета, а если это не помогает, то вырабатывать своевременные решения по изменению режима пилотирования.

При построении информационно-управляющей системы предупреждения критических режимов (ИУСПКР) различных классов самолетов принято выделять следующие характерные значения параметров x_i определяющих критические режимы полета [1]: $x_{ни}$ - номинальное значение параметра; x_{ni} - пороговое значение, соответствующее уровню срабатывания сигнализации и свидетельствующее о выходе в зону УУП; $x_{доп i}$ - допустимое значение параметра, соответствующее границе перехода от УУП к СС; $x_{пред i}$ - опасное или предельное значение параметра, выход за границы которого является причиной возникновения АС; $x_{кр.}$ - критическое значение параметра, превышение которого приводит к возникновению аварийной или катастрофической ситуации.

Каждая из особых ситуация H_i в полете, обусловленная критическим параметром x_i , может быть идентифицирована следующими уравнениями:

$$x_{кр_i} = x_{n_i}^{KC}; x_{пред_i} = x_{n_i}^{AC}; x_{доп_i} = x_{n_i}^{CC}; x_{ni} = x_{n_i}^{УУП};$$

$$КС: x_i \geq x_{n_i}^{KC}, P_{ав}^{x_i} = 1;$$

$$АС: x_{n_i}^{AC} \leq x_i < x_{n_i}^{KC}, 10^{-2} \leq P_{ав}^{x_i} < 1; \quad (1.9)$$

$$СС: x_{n_i}^{CC} \leq x_i < x_{n_i}^{AC}, 10^{-4} \leq P_{ав}^{x_i} < 10^{-2};$$

$$УУП: x_{n_i}^{УУП} \leq x_i < x_{n_i}^{CC}, 10^{-6} \leq P_{ав}^{x_i} < 10^{-4};$$

$$\text{нормальный эксплуатационный режим: } x_i < x_{n_i}^{УУП}, 10^{-9} \leq P_{ав}^{x_i} < 10^{-6}.$$

Графически уравнения идентификации нештатных ситуаций можно интерпретировать так, как показано на рисунке 1.16, б.

Так как на границах особых ситуаций, связь значений критических параметров H_i и вероятностных показателей опасности режима полета $P_{ав}^{x_i}$

однозначна, то по граничным точкам $x_{Pi}^{H_i}$ может быть построена детерминированная непрерывная информативная функция:

$$\Phi_{ав}^{x_i} = f(x_i) \sim P_{ав}^{x_i}, \quad (1.10)$$

однозначно характеризующая изменение уровня безопасности (опасности) режима полета при изменении критического параметра x_i (рисунок 1.16, в).

При построении информативной функции принимается допущение о том, что другие параметры x_i движения самолета находятся в пределах эксплуатационной области и не оказывают заметного влияния на изменение вероятностного показателя опасности $P_{ав}^{x_i}$.

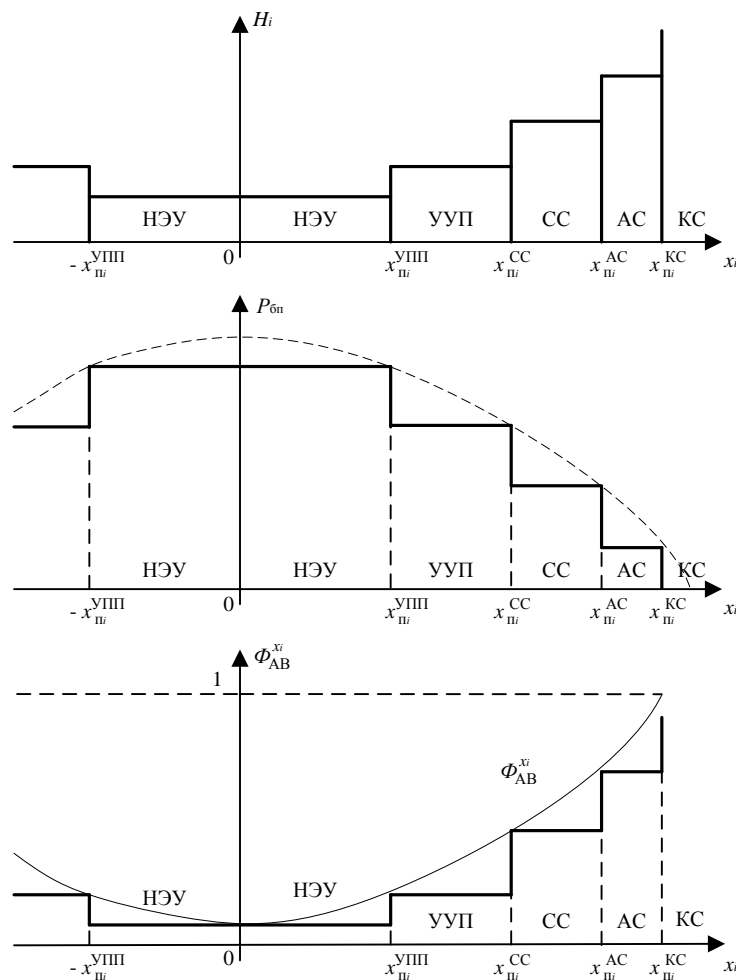


Рисунок 1.16 - Формирование частной информативной функции безопасности $\Phi_{ав}^{x_i}$ полета:
 а - особые ситуации и их границы; б - изменение вероятности безопасного полета на границах
 особых ситуаций; в - построение функции $\Phi_{ав}^{x_i} = f(x_i)$

При приближении к эксплуатационным ограничениям различных критических параметров x_i уровень опасности режима полета в целом может быть оценен условной вероятностью

$$P_{ав}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{ав}^{x_i}), \quad (1.11)$$

в соответствии с которой можно построить интегральную информативную функцию $\Phi_{ав}(x_1, x_2, \dots, x_n)$, определяющую изменение уровня безопасности режима полета в целом:

$$\Phi_{ав}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \Phi_{ав}^{x_i}) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - f(x_i)] \sim P_{ав}(x_1, \dots, x_n). \quad (1.12)$$

Возникновение особой ситуации на определенном режиме полета возможно и при невыходе частных информативных функций $\Phi_{ав}^{x_i}(t)$ или отдельных критических параметров x_i за соответствующие границы $\Phi_{ав}^{H_i}$ и $x_{n_i}^{H_i}$, что убедительно свидетельствует о высокой информативности функции $\Phi_{ав}(t)$ и эффективности ее использования.

1.4 Результаты и выводы

1. Важным направлением обеспечения безопасности функционирования контура управления летательного аппарата является реализация информационной поддержки экипажа, задача которой облегчение работы, исключение возможности дезинформации и чрезмерного расслабления пилотов и, в целом, повышение надежности функционирования бортового эргатического комплекса «Экипаж – Бортовое оборудование – Воздушное судно».

2. В большинстве случаев фактором, вызвавшим авиационное происшествие или способствовавшим ему, является ошибка человека. Ошибки при управлении

ЛА зависят от нагрузки на пилота, поскольку в единицу времени он способен воспринять определенный объем информации, а при его чрезмерном возрастании наступает перенасыщение, следствием которого являются утомление, пропуски информации, задержки реакции.

3. Приборная доска является сложным элементом эргатической системы управления ЛА. Состав параметров и объем информации, характеризующие полетную ситуацию на каждом этапе полета, отличаются. Не вся информация отображаемая на приборной доске ЛА, имеет равную значимость на разных этапах полета.

4. На основе анализа взаимодействия пилотов с бортовым эргатическим комплексом в контуре управления летательного аппарата через приборную доску ЛА возможно использовать новый принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации в зависимости от этапа полета, что позволит снизить нагрузку на пилота, уменьшить вероятность ошибок в его действиях и повысить безопасность полетов.

2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВИГАЦИОННО-ПИЛОТАЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОЛЕТА

2.1 Общее описание представления информации на экране пилотажного индикатора

Комплексно-пилотажный индикатор отображает пилотажно-навигационные параметры самолета, в частности данные о его пространственном положении (текущем крене, тангаже, курсе), высотно-скоростные параметры, местоположение, режимы работы САУ, окружающую воздушную обстановку от TCAS, аварийную и предупреждающую сигнализацию, отклонение от линии захода на посадку. Кадр индикатора условно разбит на две зоны: верхняя половина экрана - пилотажная, нижняя половина - навигационная. Общий вид формата комплексно-пилотажного индикатора представлен на рисунке 2.1.

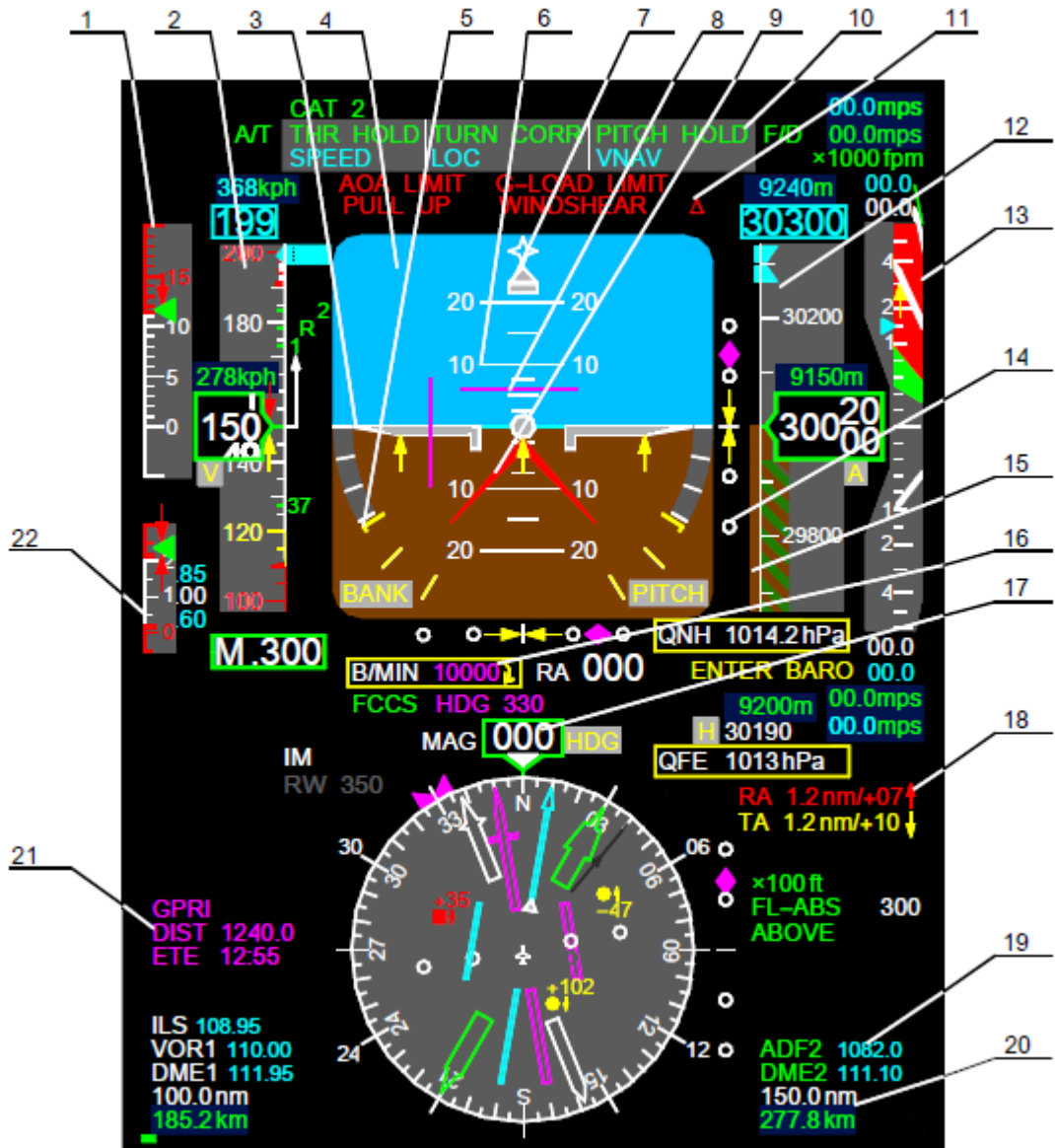
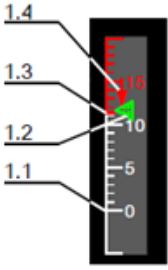
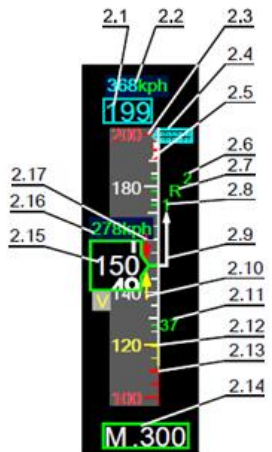


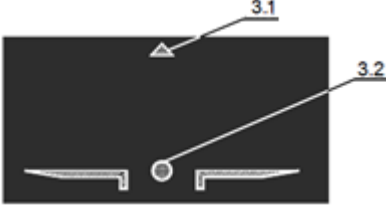
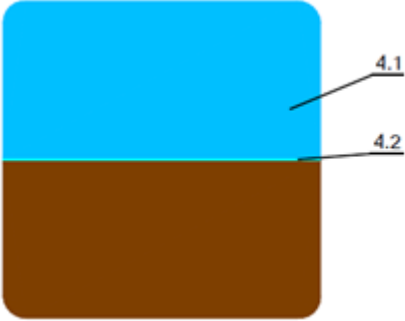
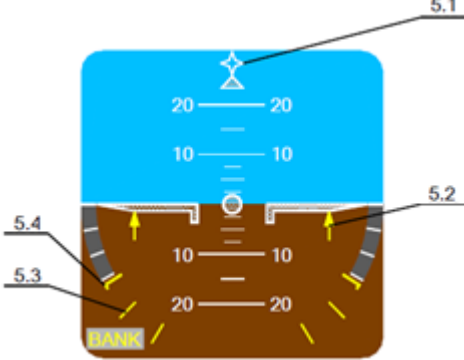
Рисунок 2.1 - Общий вид формата комплексно-пилотажного индикатора, где 1 - шкала угла атаки, 2 - шкала приборной скорости, 3 - символ самолета, 4 - авиагоризонт, 5 - шкала крена, 6 - шкала тангажа, 7 - шкала боковой перегрузки, 8 - команды директорного управления, 9 - символ безопасности, 10 - режимы управления полетом и тягой двигателей, 11 - сигнальная информация, 12 - шкала барометрической высоты, 13 - шкала вертикальной скорости, 14 - отклонение от глиссады и курса посадки, 15 - шкала радиовысоты, 16 - высота принятия решения, 17 - текущая курсовая информация, 18 - воздушная обстановка от СПС, 19 - признаки и частоты настройки бортовых радиосредств, 20 - дальность до радиомаяков DME, 21 - расстояние и время до ППМ-на, 22 - шкала нормальной перегрузки

Подробное описание элементов, отображаемых пилотажно-навигационную информацию, и выводимых на экран пилотажно-навигационного индикатора приведено в таблице 2.1.

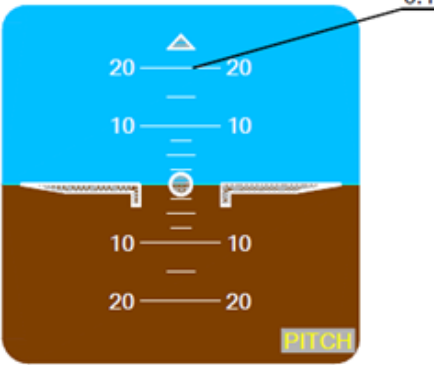

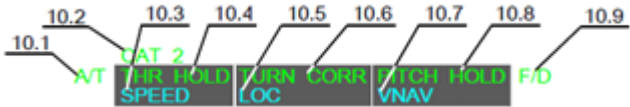
Таблица 2.1 - Описание элементов, отображаемых пилотажно-навигационную информацию на пилотажно-навигационном индикаторе

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов	
1. Угол атаки		
	1.1	Шкала угла атаки
	1.2	Индекс текущего угла атаки
	1.3	Индекс допустимого угла атаки
	1.4	Сигнализация предельного угла атаки
2. Приборная скорость		
	2.1	Счетчик заданной приборной скорости в узлах или счетчик заданного числа Маха
	2.2	Счетчик заданной приборной скорости в км/ч
	2.3	Шкала приборной скорости
	2.4	Индекс заданной приборной скорости
	2.5	Индекс максимально допустимой приборной скорости
	2.6	Индекс безопасной скорости взлета
	2.7	Индекс скорости подъема передней стойки шасси
	2.8	Индекс скорости принятия решения при взлете
	2.9	Вектор прогнозируемого изменения приборной скорости
	2.10	Сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра
	2.11	Индексы скоростей выпуска-уборки закрылков
	2.12	Индекс минимально допустимой приборной скорости
	2.13	Индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки
4.14	Счетчик текущего числа Маха	


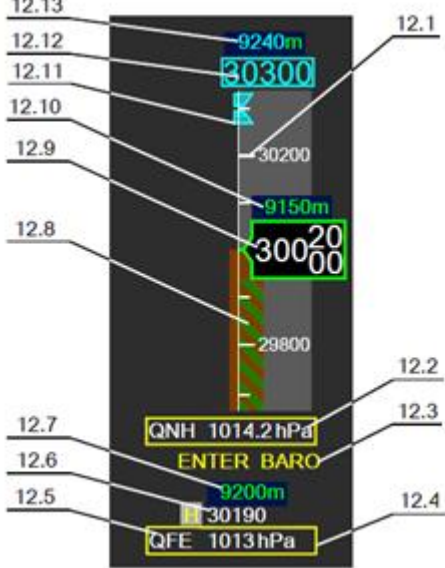
Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов	
2. Приборная скорость	2.15	Счетчик текущей приборной скорости в узлах
	2.16	Счетчик текущей приборной скорости в км/ч
	2.17	Сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости
3. Символ самолета		
	3.1	Индекс «Вертикаль»
	3.2	Силуэт самолета
4. Авиагоризонт		
	4.1	Фон «Небо-Земля»
	4.2	Линия авиагоризонта
5. Крен		
	5.1	Индекс «Зенит»
	5.2	Сигнализация предельного крена
	5.3	Шкала крена
	5.4	Индекс допустимого угла крена

Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов	
6. Тангаж		
7. Боковая перегрузка	6.1	Шкала тангажа
8. Команды директорного управления		
9. Символ безопасности	7.1	Индекс боковой перегрузки
10. Режимы управления полетом и тягой двигателей	8.1	Команда директорного управления в продольной плоскости
9. Символ безопасности	8.2	Команда директорного управления в боковой плоскости
10. Режимы управления полетом и тягой двигателей		
	9.1	Символ безопасности
10.1	10.1	Информация от готовности автомата тяги
10.2	10.2	Информация о категории посадки
10.3	10.3	Информация о подготовленном режиме управления в канале тяги
10.4	10.4	Информация о выполняемом режиме управления в канале тяги
10.5	10.5	Информация о подготовленном режиме управления в боковом канале
10.6	10.6	Информация о выполняемом режиме управления в боковом канале
10.7	10.7	Информация о подготовленном режиме управления в продольном канале
10.8	10.8	Информация о выполняемом режиме управления в продольном канале
10.9	10.9	Информация о выбранном способе управления полетом

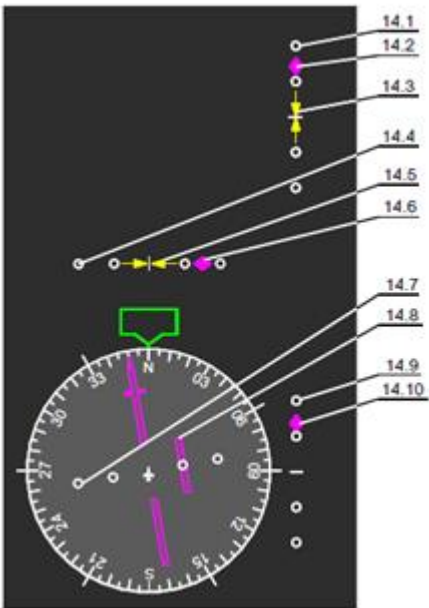
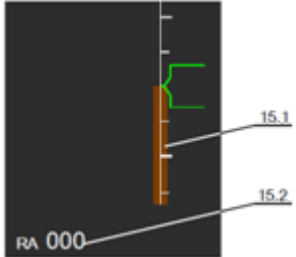
Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов
11. Сигнальная информация	 <p>11.1 Аварийная сигнализация</p> <p>11.2 Сигнализация пролета маркерного маяка</p> <p>11.3 Сигнализация недопустимой скорости снижения</p>
12. Барометрическая высота	 <p>12.1 Шкала барометрической высоты</p> <p>12.2 Счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE</p> <p>12.3 Сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE</p> <p>12.4 Технологический счетчик ввода барометрического давления</p> <p>12.5 Счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE</p> <p>12.6 Счетчик дополнительной барометрической высоты в футах</p>

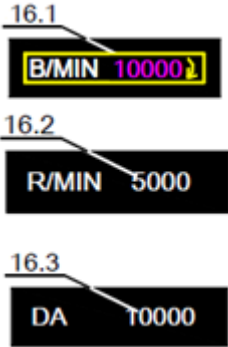

Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов	
12. Барометрическая высота	12.7	Счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах
	12.8	Индекс абсолютной высоты контрольной точки аэродрома (КТА)/ВПП
	12.9	Счетчик основной барометрической высоты в футах
	12.10	Счетчик основной барометрической высоты в метрах
	12.11	Индекс заданной барометрической высоты
	12.12	Счетчик заданной барометрической высоты в футах
	12.13	Счетчик заданной барометрической высоты в метрах
13. Вертикальная скорость		
	13.1	Шкала вертикальной скорости
	13.2	Индекс текущей вертикальной скорости
	13.3	Счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин
	13.4	Счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин
	13.5	Счетчик заданной вертикальной скорости в м/с
	13.6	Счетчик текущей вертикальной скорости в м/с
	13.7	Команда на вертикальное маневрирование
	13.8	Индекс заданной вертикальной скорости
	13.9	Сигнализация предельной вертикальной скорости
13.10	Символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов	



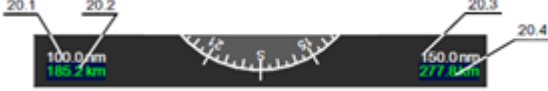
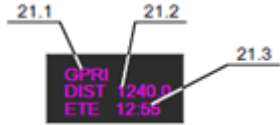
Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов	
14.Отклонение от глиссады и курса посадки		
	14.1	Основная шкала отклонения от глиссады снижения
	14.2	Основной индекс отклонения от глиссады снижения
	14.3	Сигнализация достижения предельного отклонения от глиссады снижения
	14.4	Основная шкала отклонения от курса посадки
	14.5	Сигнализация достижения предельного отклонения от курса посадки
	14.6	Основной индекс отклонения от курса посадки
	14.7	Дополнительная шкала отклонения от курса посадки
	14.8	Дополнительный индекс отклонения от курса посадки
	14.9	Дополнительная шкала отклонения от глиссады снижения
	14.10	Дополнительный индекс отклонения от глиссады снижения
15.Радиовысота		
	15.1	Индекс радиовысоты
	15.2	Счетчик радиовысоты


Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов	
16.Высота принятия решения, минимальная высота снижения		
	16.1	Технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения
	16.2	Счетчик высоты принятия решения
	16.3	Счетчик минимальной высоты снижения
17.Курсовая информация		
	17.1	Шкала курса
	17.2	Индекс заданного путевого угла или заданного курса
	17.3	Индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла отдельной приводной радиостанции (ОПРС) №1
	17.4	Индекс курса ВПП
	17.5	Счетчик заданного направления
	17.6	Счетчик текущего курса
	17.7	Индекс текущего путевого угла
	17.8	Индекс заданного азимута
	17.9	Индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2
	17.10	Индекс заданного направления линии захода на посадку (ЛЗП)
	17.11	Признак полета на (от) маяк VOR
	17.12	Шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки)
	17.13	Индекс отклонения от заданного азимута
	17.14	Шкала курсовых углов радиостанции
17.15	Дополнительный счетчик курса ВПП	

Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов												
18. Воздушная обстановка от СПС	<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">18.1</td> <td>Символ соседнего самолета</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">18.2</td> <td>Зона для отображения информации системой предупреждения столкновений (СПС) о соседних самолетах</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">18.3</td> <td>Признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">18.4</td> <td>Признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">18.5</td> <td>Счетчик абсолютной высоты собственного самолета</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">18.6</td> <td>Признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки</td> </tr> </table>	18.1	Символ соседнего самолета	18.2	Зона для отображения информации системой предупреждения столкновений (СПС) о соседних самолетах	18.3	Признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки	18.4	Признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки	18.5	Счетчик абсолютной высоты собственного самолета	18.6	Признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки
18.1	Символ соседнего самолета												
18.2	Зона для отображения информации системой предупреждения столкновений (СПС) о соседних самолетах												
18.3	Признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки												
18.4	Признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки												
18.5	Счетчик абсолютной высоты собственного самолета												
18.6	Признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки												
19. Признаки и частоты настройки бортовых радиосредств	<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">19.1</td> <td>Признак, частота настройки автоматического радиокompас (АРК2) или VOR2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">19.2</td> <td>Признак, частота настройки DME2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">19.3</td> <td>Признак, частота настройки DME1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">19.4</td> <td>Признак, частота настройки АРК1 Признак, частота настройки VOR1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">19.5</td> <td>Признак и частота настройки ILS</td> </tr> </table>	19.1	Признак, частота настройки автоматического радиокompас (АРК2) или VOR2	19.2	Признак, частота настройки DME2	19.3	Признак, частота настройки DME1	19.4	Признак, частота настройки АРК1 Признак, частота настройки VOR1	19.5	Признак и частота настройки ILS		
19.1	Признак, частота настройки автоматического радиокompас (АРК2) или VOR2												
19.2	Признак, частота настройки DME2												
19.3	Признак, частота настройки DME1												
19.4	Признак, частота настройки АРК1 Признак, частота настройки VOR1												
19.5	Признак и частота настройки ILS												
20. Дальность до радиомаяков DME	<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">20.1</td> <td>Дальность до радиомаяка DME1 в морских милях</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20.2</td> <td>Дальность до радиомаяка DME1 в километрах</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20.3</td> <td>Дальность до радиомаяка DME2 в морских милях</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20.4</td> <td>Дальность до радиомаяка DME2 в километрах</td> </tr> </table>	20.1	Дальность до радиомаяка DME1 в морских милях	20.2	Дальность до радиомаяка DME1 в километрах	20.3	Дальность до радиомаяка DME2 в морских милях	20.4	Дальность до радиомаяка DME2 в километрах				
20.1	Дальность до радиомаяка DME1 в морских милях												
20.2	Дальность до радиомаяка DME1 в километрах												
20.3	Дальность до радиомаяка DME2 в морских милях												
20.4	Дальность до радиомаяка DME2 в километрах												
21. Наименование ППМ-на, расстояние и время до ППМ-на	<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">21.1</td> <td>Наименование поворотного пункта маршрута (ППМ)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">21.2</td> <td>Расстояние до ППМ</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">21.3</td> <td>Время до ППМ</td> </tr> </table>	21.1	Наименование поворотного пункта маршрута (ППМ)	21.2	Расстояние до ППМ	21.3	Время до ППМ						
21.1	Наименование поворотного пункта маршрута (ППМ)												
21.2	Расстояние до ППМ												
21.3	Время до ППМ												

Продолжение таблицы 2.1

Наименование отображаемых элементов	Расшифровка отображаемых элементов	
22.Нормальная перегрузка		
22.1		Шкала нормальной перегрузки
22.2		Сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки
22.3		Индекс текущей нормальной перегрузки
22.4		Сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки
22.5		Счетчик максимальной достигнутой перегрузки
22.6		Счетчик текущей нормальной перегрузки
22.7		Счетчик минимальной достигнутой перегрузки
22.8		Индекс минимально допустимой нормальной перегрузки
22.9		Индекс максимально допустимой перегрузки

2.2 Анализ распределение внимания пилота на всех этапах пилотирования воздушного судна. Распределение действий по управлению воздушным судном между командиром воздушного судна и вторым пилотом

В системе обеспечения полетов особое значение приобретает рациональное распределение обязанностей между командиром ВС и вторым пилотом, предусматривающее повышение роли второго пилот на самых ответственных этапах полета на взлете и посадке [56].

Распределение действий между командиром воздушного судна (КВС) и вторым пилотом (2П) на этапе руления [12, 67, 68] приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе руления

КВС	2П	Данные на экране индикатора
Руление		
Просматривать левую полусферу	Просматривать правую полусферу	-
Прослушивать (вести) командную радиосвязь	Прослушивать (вести) командную радиосвязь	-
Контролировать скорость руления	Контролировать скорость руления	Шкала приборной скорости
При поворотах убедиться, что на курсовых приборах изменяется текущий курс	При поворотах убедиться, что на курсовых приборах изменяется текущий курс	Курсовая информация
Индикация показывает поворот	Индикация показывает поворот	Курсовая информация
Указатели крена и тангажа не изменяют своих показаний	Указатели крена и тангажа не изменяют своих показаний	Шкала крена и тангажа
	Контролировать руление по схеме маршрута руления	-
На предварительном старте		
Прослушивать (вести) командную радиосвязь	Прослушивать (вести) командную радиосвязь	-
Убедиться, что высотомер индицирует высоту 0 относительно давления QFE (на зарубежном аэродроме высотомер индицирует высоту аэродрома относительно давления QNH)	Убедиться, что высотомер индицирует высоту 0 относительно давления QFE (на зарубежном аэродроме высотомер индицирует высоту аэродрома относительно давления QNH)	Шкала барометрической высоты
На исполнительном старте		
Просмотреть ВПП в пределах видимости, убедиться в отсутствии препятствий	Просмотреть ВПП в пределах видимости, убедиться в отсутствии препятствий	-
Прослушать радиообмен, оценить воздушную обстановку	Прослушать радиообмен, оценить воздушную обстановку	-
Контролировать время прогрева двигателя	Контролировать время прогрева двигателя	-
Убедиться, что руль высоты, руль направления и элероны находятся в нейтральном положении (по индикатору)	Убедиться, что руль высоты, руль направления и элероны находятся в нейтральном положении (по индикатору)	Информационный кадр
Убедитесь, что индицируется курс взлета	Убедитесь, что индицируется курс взлета	Курсовая информация

Управление вниманием на разбеге состоит в контроле направления. При установившемся движении самолета вдоль осевой линии необходимо контролировать скорость.

Алгоритм управления вниманием в процессе разбега [13]:

- контроль направления (при отсутствии отклонений от желаемой траектории);
- FMA (при соответствии ожиданиям);
- контроль направления (при отсутствии отклонений от желаемой траектории);
- контроль скорости (значение, темп);
- контроль направления (при отсутствии отклонений от желаемой траектории);
- контроль положения органов управления (РУС, педали);
- контроль направления (при отсутствии отклонений от желаемой траектории).

С началом движения ручки управления самолетом (РУС) на себя внимание направляется на получение информации о перегрузке и изменении тангажа. Как только получили информацию о наличии положительной перегрузки, все зрительное внимание направляется на шкалу тангажа [13].

Распределение действий между КВС и 2П на этапе разбега [12, 67, 68] приведено в таблице 2.3.

Т а б л и ц а 2 . 3 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе разбега

КВС	2П	Данные на экране индикатора
Оценить обстановку на аэродроме	Оценить обстановку на аэродроме	-
Прослушивать (вести) командную радиосвязь	Прослушивать (вести) командную радиосвязь	-
Включить на часах отсчета времени полета	Включить на часах отсчета времени полета	-
Плавно и синхронно отпустить тормоза	По команде КВС перемещением ручки управления двигателем (РУД) установить двигателям требуемый режим для взлета	-
Разбег выполнять при нейтральном положении штурвальной колонки по каналу РВ	Контролировать процесс разбега, докладывая КВС об отклонениях	Приборная скорость
Разогнать самолет до скорости V1		Приборная скорость

Продолжение таблицы 2.3

КВС	2П	Данные на экране индикатора
На скорости V_r отклонить штурвал на себя и установить взлетный угол тангажа		Приборная скорость, авиагоризонт, вертикальная скорость
На скорости V_{lof} выдерживать неизменный угол тангажа до и после отрыва самолета, а так же на начальном участке набора высоты.		Приборная скорость, авиагоризонт, вертикальная скорость, барометрическая высота
На высоте 35 футов достигаем скорость взлета V_2		Приборная скорость, авиагоризонт, вертикальная скорость, барометрическая высота

Управление вниманием в процессе отрыва передней стойки и перехода к первоначальному набору высоты осуществляется по следующему алгоритму [13]:

- нарастание перегрузки;
- тангаж;
- контроль отрыва от ВПП;
- тангаж;
- скорость (значение/тренды);
- FD's;
- скорость (значение/тренды);
- FD's;
- положение РУС;
- включение автопилота (АП);
- контроль включения АП на FMA;
- скорость;
- тангаж;
- V/S.

При включенном автопилоте сразу после контроля подключения автопилота на FMA необходимо управлять вниманием в соответствии со следующим алгоритмом:

- скорость (значение и тренды);

- тангаж;
- вертикальная скорость.

Управление вниманием по такому алгоритму, во-первых, позволяет определить возможный сдвиг ветра и, во-вторых, дает возможность получить навыки пилотирования самолета. Если мы постоянно контролируем параметры в правильной последовательности, то включен автопилот или нет, работают FD's или нет, значения не имеет.

Далее следует остановиться на управлении вниманием в режиме набора высоты.

Особое значение после отрыва приобретает контроль над показаниями указателя углов атаки. Автомат углов атаки и сигнализации перегрузок (АУАСП) в этот момент главный прибор. Запас по углу атаки должен сохраняться постоянно, пусть даже для этого придется какое-то время идти в горизонтальном полете, пока разгонится скорость. Распределение внимания экипажа при отказе двигателя на взлете после команды КВС «Взлет продолжаем» должно обеспечить контроль над всеми операциями [3].

КВС осуществляет пилотирование, обращая особое внимание на:

- увеличения режима до взлетного;
- выдерживание направления разбега;
- отрыв на скорости не ниже расчетной;
- разгон скорости до безопасной;
- вертикальную скорость набора;
- запас по углу атаки.

Второй пилот следит за:

- скоростью отрыва;
- величиной крена и положением шарика указателя скольжения;
- запасом по углу атаки.

Распределение действий между КВС и 2П на этапе взлета [12, 67, 68] приведено в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе взлета

КВС	2П	Данные на экране индикатора
На высоте не менее 10 метров, при достижении скорости V2 дать команду уборки шасси и перевести самолет в набор высоты с увеличением приборной скорости. При наличии препятствий набор высоты выполняется на скорости V2+20, после чего выполняется разгон самолета до расчетной скорости и начинается поэтапная уборка закрылков с одновременным увеличением скорости в соответствии с РЛЭ	На высоте не менее 10 метров, и скорости V2 по команде КВС убирает шасси	Приборная скорость, барометрическая высота
При достижении первой и второй расчетной скорости показаний высотомера дать команду уборки закрылков, по достижению третьей расчетной скорости на уборку механизации крыла	По командам КВС выполняет уборку закрылков и механизации	-
В процессе уборки закрылков разогнать до второй расчетной скорости	Установка двигателям номинальный режим	-
При уборке механизации крыла необходимо обеспечивать запас по углу атаки не менее 2°	Контроль запаса по углу атаки не менее 2°	Угол атаки
Разогнать самолет до скорости набора высоты	На высоте не менее 200 метров включить автопилот	Приборная скорость
В процессе маневрирования визуально просматривать и по бортовой радиолокационной станции (РЛС) переднюю полусферу	В процессе маневрирования визуально просматривать и по бортовой РЛС переднюю полусферу	-
Вести радиоосмотрительность.	Вести радиоосмотрительность	-
	За 150 метров до заданной высоты контролировать выход самолета на заданную высоту	Вертикальная скорость, высотомер

На этапе набора высоты необходимо постоянно наблюдать за показаниями пространственного положения самолета. Параметрами, определяющими пространственное положение самолета в наборе высоты, являются (в порядке важности) [13]:

скорость - тренд - ограничения - вертикальная скорость - высота текущая – высота заданная - тангаж - крен - положение ВС относительно заданного маршрута. Или проще для запоминания

- СТО (Скорость - Тренды - Ограничения)
- ВВВ (Вертикальная скорость - Высота текущая - Высота заданная)
- ТКМ (Тангаж - Крен - Место)

При пилотировании в наборе высоты в штурвальном режиме основная трудность состоит в выдерживании приборной скорости [3]. Для того чтобы упреждать тенденции к изменению скорости, надо особое внимание уделять постоянству угла тангажа. Особенное внимание надо уделять тангажу на крутом развороте. Сначала взгляд на тангаж, а потом на скорость.

Маневрируя в наборе высоты, в том числе и при обходе гроз, надо постоянно помнить о том, что приборную скорость можно легко и незаметно потерять. В любом случае, на высоких эшелонах нельзя допускать падения приборной скорости менее 450 км/час, с обязательным контролем запаса по углу атаки.

Основное внимание в наборе высоты, помимо выдерживания параметров полета, уделяется изменению температуры окружающего воздуха и запасу по углу атаки, а также мгновенному расходу топлива.

Опасность сваливания самолета на больших углах атаки не окупается возможной экономией топлива. Если топлива не хватает, есть вероятность сесть на дозаправку. Если не хватает запаса по углу атаки, можно погибнуть.

Распределение действий между КВС и 2П на этапе набора высоты [12, 67, 68] приведено в таблице 2.5.

Т а б л и ц а 2.5 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе набора высоты

КВС	2П	Данные на экране индикатора
Установить скорость набора высоты, необходимую для выполнения маневра в соответствии со схемой выхода из зоны аэродрома	Контролировать достижение высоты перехода	Приборная скорость, барометрический высотомер
Передать управление второму пилоту	Принять управление	-

Продолжение таблицы 2.5

КВС	2П	Данные на экране индикатора
Установить на высотомере давление 760 мм.рт.ст., на футомере -1013,2 гПа		Барометрический высотомер
Взять управление	Передать управление	-
Дать команду членам экипажа установить давление 760 мм.рт.ст.	Установить давление 760 мм рт.ст., на футомере - 1013,2 гПа	Барометрический высотомер
Установить высоту (эшелон), заданную диспетчером	Контролировать высоту полета	Барометрический высотомер
Набор заданного эшелона в условиях МСА \div МСА + 10 °С выполнять на скорости до достижения числа М по РЛЭ (угол атаки по РЛЭ) в штурвальном или автоматическом режиме, затем выдерживать число М до занятия заданного эшелона	Контролировать текущий угол атаки	Число Маха, барометрический высотомер, приборная скорость
В процессе набора высоты контролировать ход изменения $t_{н.в.}$ и ее отклонение от международной стандартной атмосферы (МСА)	В процессе набора высоты контролировать ход изменения $t_{н.в.}$ и ее отклонение от МСА. При отклонении температуры на более чем на 10 °С от МСА обратить на это внимание КСВ	Барометрический высотомер
За 200 \div 150 м до набора заданного эшелона установить вертикальную скорость по РЛЭ.	За 150 м до заданного эшелона доложите о подходе. Контролировать выход самолета на заданный эшелон	Барометрический высотомер
Прослушивать радиообмен, оценивать воздушную обстановку и следите за расположением других ВС	Прослушивать радиообмен, оценивать воздушную обстановку и следите за расположением других ВС	-
Ввести радиоосмотрительность	Вести радиоосмотрительность	-
Непрерывно контролировать пространственно-временное положение ВС относительно наземных препятствий, а также соотношение назначенной, безопасной и текущей высоты	Непрерывно контролировать пространственно-временное положение ВС относительно наземных препятствий, а также соотношение назначенной, безопасной и текущей высоты	Курсовая информация, барометрический высотомер

Заняв эшелон и разогнав машину до расчетного числа «М», устанавливается режим работы двигателей. Если тяга двигателей одинакова, то на самолет не действуют возмущающие боковые силы. Это определяется по нейтральному положению планки крена [3].

Распределение действий между КВС и 2П на этапе пилотирования по маршруту [12, 67, 68] приведено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе пилотирования по маршруту

КВС	2П	Данные на экране индикатора
При достижении высоты разрешенного эшелона полета, не изменяя режимов работы двигателей, плавно перевести самолет в горизонтальный полет.	После занятия разрешенного эшелона полета по команде КВС убедиться в правильности установки давления 760 мм рт.ст.	Барометрический высотомер
По достижении крейсерской скорости (числа М), в соответствии с РЛЭ, установить двигателям требуемый режим		Число Маха
Сбалансировать самолет по моментам и усилиям. Включить автопилот и канал стабилизации высоты		-
Выдерживая установленный стабилизированный режим полета по высоте и скорости, проведите перекрестную проверку основных указателей высоты		Барометрический высотомер, приборная скорость, число Маха
Контролировать выдерживание высоты эшелона, периодически сравнивая показания указателей высоты		Барометрический высотомер, приборная скорость, число Маха
При переходе на новый эшелон, а так же перед входом в зону полетов в условиях системы мер вертикального эшелонирования (RVSM), а затем через каждый час полета, производить проверку показаний основных указателей высоты		Барометрический высотомер, приборная скорость, число Маха, вертикальная скорость
В процессе полета анализировать метеорологическую и навигационную обстановку по трассе, на аэродромах назначения, запасных, а так же аэродромах на маршруте, которые могут быть использованы на случай вынужденной посадки	Совместно с КВС анализировать метеорологическую и навигационную обстановку по трассе, на аэродромах назначения, запасных, а так же аэродромах на маршруте, которые могут быть использованы на случай вынужденной посадки	Курсовая информация
Прослушивать радиообмен	Прослушивать радиообмен	-

Продолжение таблицы 2.6

КВС	2П	Данные на экране индикатора
<p>В процессе полета контролировать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - режим и пространственно-временную траекторию полета; - работу САУ и балансировку самолета; - расход и остаток топлива (через каждые 30 минут полета); - при полете ППМ (промежуточный пункт маршрута) правильность ЗПУ (заданный путевой угол) на ПНП (пилотажно-навигационном приборе) и S ортодромии на ПУИП (пульт управления и навигации пилотов); - точность выдерживания маршрута; - работу двигателей 	<p>В процессе полета контролировать:</p> <ul style="list-style-type: none"> Режим и пространственно-временную траекторию полета; - работу САУ и балансировку самолета; - расход и остаток топлива (через каждые 30 минут полета); - при полете ППМ (промежуточный пункт маршрута) правильность ЗПУ (заданный путевой угол) на ПНП (пилотажно-навигационном приборе) и S ортодромии на ПУИП; - точность выдерживания маршрута; - работу двигателей 	<p>Состояние топлива, состояние двигателей, навигационная информация</p>
<p>В местах пересечения (схождения) воздушных трасс, при смене эшелона и при пересечении смежных границ передачи управления обслуживанием воздушного движения (ОВД) осуществлять визуальный контроль за воздушной обстановкой, усилить радиоосмотрительность</p>	<p>В местах пересечения (схождения) воздушных трасс, при смене эшелона и при пересечении смежных границ передачи управления ОВД осуществлять визуальный контроль за воздушной обстановкой, усилить радиоосмотрительность</p>	<p>-</p>
Предпосадочная подготовка		
<p>Проанализировать и оценить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фактическое и ожидаемое состояние погоды и соответствие ее элементов посадочному минимуму; - состояние поверхности ВПП и эффективность торможения; - факторы, усложняющие заход на посадку, посадку и уход на второй круг; - ожидаемый остаток топлива 	<p>Проанализировать и оценить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фактическое и ожидаемое состояние погоды и соответствие ее элементов посадочному минимуму; - состояние поверхности ВПП и эффективность торможения; - факторы, усложняющие заход на посадку, посадку и уход на второй круг; - ожидаемый остаток топлива 	<p>-</p>

Продолжение таблицы 2.6

КВС	2П	Данные на экране индикатора
Уточнить действующие ограничения на аэродроме посадки и запасном. Определить для ВПП посадки основную и резервную систему захода, режим управления, посадочный минимум. Обдумать особенности захода, посадки, ухода на второй круг в рассматриваемых условиях. Определить посадочную конфигурацию, рубеж выпуска закрылков и шасси, порядок применения фар, ПОС, реверса, систему и режим торможения	Уточнить действующие ограничения на аэродроме посадки и запасном. Определить для ВПП посадки основную и резервную систему захода, режим управления, посадочный минимум. Обдумать особенности захода, посадки, ухода на второй круг в рассматриваемых условиях	-
Установить переключатели на выбранную радиотехническую систему. Установить индексы на значение скоростей захода на посадку. Установить задатчик высоты на 60 метров. Установить частоту курсового маяка ВПП посадки. Сличить показания курсовых приборов. Установить давление QFE аэродрома посадки	Установить переключатели на выбранную радиотехническую систему. Установить индексы на значение скоростей захода на посадку. Установить задатчик высоты на 60 метров. Установить частоту курсового маяка ВПП посадки. Сличить показания курсовых приборов. Установить давление QFE аэродрома посадки	Приборная скорость, барометрический высотомер, курсовая информация
Запас высоты над препятствиями учитывать из расчета 300 м (1000 футов) или, в обозначенной горной местности – 600 м (2000 футов) над всеми учитываемыми в данном районе препятствиями, в ширине коридора по 10 км от намеченной траектории маневра	-	Барометрический высотомер
Снижение с эшелона		
За 1-2 минуты до расчетного времени начала снижения запросить у диспетчера ОВД разрешение на снижение с эшелона	-	-
После получения разрешения установить заданную высоту, перевести самолет на снижение с расчетной вертикальной скоростью, установить режим работы двигателей	-	Барометрический высотомер

Продолжение таблицы 2.6

КВС	2П	Данные на экране индикатора
<p>В процессе снижения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выдерживать параметры снижения в соответствии с расчетами; - контролировать соотношение текущей высоты и удаление до аэродрома, при необходимости контролировать вертикальное снижение; - при подходе к заданному эшелону, за 150-200 метров до его занятия, установить вертикальную скорость не более 5 м/с; - по достижению заданного эшелона прекратить снижение и оставаться на данной высоте до получения разрешения диспетчера ОВД на продолжение снижения; - контролировать наличие дождевых облаков и очагов гроз; - непрерывно контролировать пространственно-временное положение ВС относительно маршрута, а также соотношение назначенной, безопасной и текущей высоты полета; - контролировать соотношение фактической и заданной траектории снижения, не допуская пилотирования ВС на предельных значениях параметров; - прослушивать радиообмен 	<p>В процессе снижения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - непрерывно следить за выдерживанием расчетного курса, высоты, вертикальной скорости снижения, установленных ограничений. При отклонениях докладывать КВС. - периодически сличать показания авиагоризонта; - при использовании режима автоматического управления контролировать работу САУ; - контролировать соотношение текущей высоты и удаление от аэродрома, занятие высот, задаваемых диспетчером, достижения безопасной высоты; - за 150 метров до заданного эшелона доложить о подходе; - прослушивать радиообмен; - непрерывно контролировать пространственно-временное положение ВС относительно маршрута, а также соотношение назначенной, безопасной и текущей высоты полета; - контролировать соотношение фактической и заданной траектории снижения 	<p>Барометрический высотомер, вертикальная скорость, навигационная информация</p>
На эшелоне перехода		
<p>Передать управление второму пилоту. Установить на высотомере давление QFE, на зарубежном аэродроме – давление QNH, на футомере давление QNH</p>	<p>Взять управление</p>	<p>Барометрический высотомер</p>
<p>После установки на высотомерах соответствующее давление взять управление самолетом и дать команду летному экипажу установить давление</p>	<p>Передать управление самолетом КВС. Установить на высотомере соответствующее давление, сличить показания высотомера с показаниями КВС</p>	<p>Барометрический высотомер</p>

Учитывая влияние человеческого фактора при взаимодействии членов летных экипажей на этапе захода на посадку, распределение функциональных

обязанностей между членами экипажа осуществляется в соответствии со следующими принципами [15].

Командир ВС:

- осуществляет контроль за выполнением членами экипажа своих обязанностей, установленных процедур и правил полета, за выдерживанием основных параметров предпосадочного снижения;

- осуществляется контролирующее управление ВС до ВПР; удерживая ноги на педалях, руки на штурвале, пилот (в данном случае - командир ВС), контролирующий управление ВС, помогает выдерживать параметры полета и в случае отклонения от установленных параметров на величины не более предельно допустимых, своевременно докладывает о них и, воздействуя на органы управления, помогает устранить эти отклонения; находится в постоянной готовности взять управление на себя как по команде, так и при внезапной потере работоспособности пилотом, активно управляющим ВС;

- ведет командную радиосвязь;

- оценивает ситуацию с высоты начала визуальной оценки (ВНВО), равной высоте принятия решения (ВПР) + 30 м до ВПР, и к моменту достижения ВПР принимает решение о посадке или прекращении захода на посадку (уходе на 2-й круг);

- осуществляет активное управление ВС с ВПР и выполняет посадку, обеспечивая выдерживание расчетных параметров захода и посадки, своевременно устраняя допущенные отклонения по скорости, высоте и траектории;

- оказывает помощь второму пилоту в процессе снижения по расчетным параметрам и выполнения посадки, в случае выполнения посадки вторым пилотом.

Второй пилот:

- осуществляет активное управление ВС (под контролем командира ВС) до ВПР, т.е. выполняет пилотирование, непосредственно воздействуя на органы

управления ВС или с помощью автопилота, обеспечивая выдерживание расчетного режима полета;

- прослушивает радиосвязь;
- осуществляет контролирующее управление после ВПР, т. е. помогает командиру ВС выдерживать параметры полета и в случае отклонения от установленных параметров, приближающихся к предельно допустимым, докладывает о них и помогает устранить эти отклонения;
- не отрываясь от приборов, контролирует траекторию снижения с ВПР до высоты выравнивания;
- принимает решение об уходе на 2-й круг и выполняет его, если на ВПР командир ВС не сообщил экипажу: «Садимся» или «Уходим»;
- выполняет посадку под контролем командира ВС, в случае взятия управления ВС.

Другие члены экипажа осуществляют свои обязанности согласно РЛЭ, инструкции по взаимодействию и технологии работы членов экипажа; осуществляют взаимный контроль за выполнением установленных процедур и параметров полета, своевременно предупреждая об отклонениях.

При выполнении захода в автоматическом режиме второй пилот является непосредственным оператором по контролю и выдерживанию заданных параметров до высоты начала выравнивания [15]. С высоты начала визуальной оценки он полностью берет на себя ответственность за приборный контроль.

Командир ВС устанавливает надежный визуальный контакт с земными ориентирами.

На высоте 30 м (по минимуму II категории) пилот выключает автоматический режим, дальнейший заход на посадку и приземление выполняется экипажем вручную.

При автоматическом заходе на посадку экипаж самолета должен систематически контролировать: положение самолета по приборам ПКП, ПНП, вариометрам, высотомерам, указателям скорости, авиагоризонт (АГР) и работу системы автоматической бортовой системы управления (АБСУ):

а) по табло световой сигнализации АБСУ и табло «Крен лев. велик», «Крен прав. велик» на приборных досках пилотов;

б) по горению кнопок-ламп «Заход» и «Глиссада»;

в) по наличию надписи «Стаб» на бленкерах «Крен» и «Тангаж».

Действия при уходе на второй круг как на взлете.

Экипаж в процессе снижения обязан не только выдерживать параметры, заданные штурманом, но и постоянно, с потерей каждой тысячи метров высоты, вести контроль, определять тенденции и вносить своевременные коррективы в выдерживание вертикальной скорости [3].

При подходе к аэродрому с прямой целесообразно нажать кнопку «заход» пораньше, чтобы освободить капитана от контроля за курсом, и боковым отклонением. Теперь все внимание – на соответствие удаления, скорости и высоты и положение относительно глиссады по КУРС-МП.

Особенностью директорного захода является отсутствие необходимости подбора угла упреждения и выдерживания направления по компасу. Но контроль упреждения по «ромбику» (указателю угла сноса) и сравнение текущего курса с посадочным магнитным путевым углом (ПМПУ) сохраняется.

Для качественного выполнения автоматического захода на посадку экипаж от начала четвертого разворота и до входа в глиссаду должен иметь достаточный запас времени, используемый для проверки соответствия поведения самолета предполагаемым режимам [3]:

- соответствует ли сторона разворота ожидаемому направлению;
- соответствует ли крен на развороте рекомендациям РЛЭ;
- движется ли самолет по директорным стрелкам в зоне радиомаяков, определяемой по планкам навигационного прибора;
- успевает ли самолет при провороте автоматически выйти на позиционную линию до входа в глиссаду;
- подтверждают ли резервные системы движение самолета в равносигнальной зоне;
- нет ли раскачки по курсу и тангажу;

- подобран ли режим работы двигателей для горизонтального полета перед входом в глиссаду.

Распределение действий между КВС и 2П на этапе посадки [12, 67, 68] приведено в таблице 2.7.

Т а б л и ц а 2 . 7 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе посадки

КВС	2П	Данные на экране индикатора
по ИЛС в директорном режиме		
С удаления 40-30 км до порога ВПП подготовить скорость полета для выпуска механизации крыла, контролировать угол атаки		Угол атаки, приборная скорость, курсовая информация
Предпосадочный маневр выполнять по схеме данного аэродрома или по команде диспетчера ОВД		-
Дать команду выпустить «закрылки 2» на установленной скорости	Выпустить «закрылки 2»	-
Установить расчетную скорость полета, контролируя угол атаки	Проконтролировать заданную скорость полета и угол атаки.	Угол атаки, приборная скорость
Дать команду выпустить «закрылки 15»	Выпустить «закрылки 15»	-
Установить расчетную скорость полета, контролируя угол атаки	Проконтролировать заданную скорость полета и угол атаки.	Угол атаки, приборная скорость
На рекомендуемом рубеже (суммарное расстояние до точки входа в глиссаду (ТВГ) 10 - 12 км), в полете без крена, на скорости 380 - 360 км/ч дать команду выпустить шасси	Выпустить шасси	Приборная скорость, курсовая информация
Контролировать выпуск шасси и установить требуемую скорость полета	Контролировать заданную скорость полета и угол атаки	Приборная скорость
На участке полета к четвертому развороту на установленной скорости дать команду выпустить «закрылки 30»	Выпустить «закрылки 30»	Приборная скорость
Установить расчетную скорость полета, контролируя угол атаки	Проконтролировать заданную скорость полета и угол атаки	Угол атаки, приборная скорость

Продолжение таблицы 2.7

КВС	2П	Данные на экране индикатора
Выполнить разворот на посадочный курс по показаниям командной планки на ПКП, курсовой планки на ПНП и индикации АРК. При необходимости изменять угол крена корректируя вывод самолета в сторону ВПП	Проконтролировать заданную скорость полета, режим работы двигателей и угол атаки	Курсовая информация, авиагоризонт, приборная скорость, угол атаки
На предпосадочной прямой до входа в глиссаду: - установить скорость захода на посадку и контролировать угол атаки; - на зарубежном аэродроме при входе в глиссаду установить на высотомере давление QFE	На высоте входа в глиссаду установить на РВ задатчик высоты на 60 метров	Приборная скорость, угол атаки, радиовысотомер
Контролировать по глиссадной стрелки ПНП, ПКП и удаления от торца ВПП подход к ТВГ	Контролировать по глиссадной стрелки ПНП, ПКП и удаления от торца ВПП подход к ТВГ	Курсовая информация, авиагоризонт
Контролировать «захват» глиссады по уборке бленкера «Т» на ПКП	Контролировать «захват» глиссады по уборке бленкера «Т» на ПКП	Авиагоризонт
В момент пролета ТВГ перевести самолет на снижение с расчетной вертикальной скоростью	После входа в глиссаду контролировать скорость захода на посадку по прибору, вертикальную скорость снижения и угол атаки	Авиагоризонт, приборная скорость, вертикальная скорость, угол атаки
Дальнейшее пилотирование осуществляется по командной планке ПКП с контролем положения по ПНП и другими пилотажно-навигационными приборами	В процессе снижения непрерывно контролировать по пилотажно-навигационным приборам: - положение самолета относительно равносигнальных зон курса и глиссады; - скорость полета и вертикальную скорость снижения; - изменение текущей высоты полета и ее соотношение с удалением ВС от торца ВПП; - выдерживание установленных (безопасных) высот пролета контрольных точек	Авиагоризонт, курсовая информация, приборная скорость, вертикальная скорость, радиовысотомер
Обеспечить выдерживание расчетной скорости полета и балансировку самолета по каналу радиовысотомера (РВ)		Приборная скорость, радиовысотомер
Вести радиосвязь	Вести радиосвязь	-

Продолжение таблицы 2.7

КВС	2П	Данные на экране индикатора
При пролете маркированных (контрольных) точек по величине отклонений от заданных параметров оценивать возможность продолжения захода на посадку до ВПП	При пролете маркированных (контрольных) точек по величине отклонений от заданных параметров оценивать возможность продолжения захода на посадку до ВПП	Курсовая информация, авиагоризонт
Установить визуальный контакт с ВПП	При отклонениях параметров полета кратко докладывать КВС	-
При установлении визуального контакта определить: - величину бокового отклонения самолета от условной осевой линии ВПП; - направление вектора путевого движения самолета относительно условной осевой линии ВПП; - траекторное положение самолета относительно равносигнальной зоны глиссады	При подходе к высоте начала визуальной оценки сосредоточить свое внимание на пилотажных приборах, находясь в готовности перейти к активному пилотированию самолетом	Курсовая информация, авиагоризонт
Контролировать скорость полета, вертикальную скорость снижения и угол атаки	Контролировать полет по приборам и визуально вплоть до высоты начала выравнивания	Приборная скорость
До ВПП принять решение о посадке или уходе на второй круг		-
После пролета ВПП, в условиях ограниченной видимости и осадков, особенно при боковом ветре и ночью, дополнительно контролировать по приборам траекторное положение самолета относительно курса и глиссады		Курсовая информация, авиагоризонт
Посадка		
Приняв решение о посадке, к высоте 15 метров убедиться, что интерцепторы убраны	Контролировать параметры полета по приборам вплоть до высоты начала выравнивания. Ниже ВПП контролировать положение интерцепторов	Радиовысотомер, авиагоризонт

Продолжение таблицы 2.7

КВС	2П	Данные на экране индикатора
<p>Выдерживая расчетную вертикальную скорость, на высоте 10 - 7 метров начать выравнивание самолета соразмерно его приближению к ВПП с одновременным уменьшением вертикальной скорости к моменту приземления до 1,5 – 1 м/с.</p> <p>Для предупреждения возможных ошибок процесс выравнивания выполнять, ориентируясь на доклады штурмана о радиовысоте</p>		<p>Вертикальная скорость, радиовысотомер, авиагоризонт, приборная скорость</p>

Распределение действий между КВС и 2П на этапе пробега после посадки [12, 67, 68] приведено в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе пробега после посадки

КВС	2П	Данные на экране индикатора
<p>В момент касания основной опоры шасси интерцепторы до упора, РУД в ноль, плавно опустить переднюю опору, включить реверс. Выдерживать направление на пробеге. Приступите к торможению</p>	РУД в 0	<p>Приборная скорость, угла атаки</p>
<p>После окончания пробега остановить на часах отсчет времени полета</p>	<p>После окончания пробега остановить на часах отсчет времени полета</p>	-

Распределение действий между КВС и 2П на этапе за руливания [12, 67, 68] приведено в таблице 2.9.

Таблица 2.9 - Распределение действий между КВС и 2П на этапе за руливания

КВС	2П	Данные на экране индикатора
<p>После освобождения ВПП при получении от диспетчера указания о порядке руления на место стоянки уточнить по схеме маршрут постоянного руления</p>	<p>По команде КВС убрать механизацию крыла. В процессе руления контролировать по схеме аэродрома соблюдение заданного маршрута руления</p>	<p>Курсовая информация</p>
<p>Вести радиообмен</p>	<p>Вести радиообмен</p>	-

Продолжение таблицы 2.9

КВС	2П	Данные на экране индикатора
В процессе руления вести полукруговую осмотрительность вплоть до выключения двигателей и установки колодок	В процессе руления вести полукруговую осмотрительность вплоть до выключения двигателей и установки колодок	-
Периодически контролировать путевую скорость руления самолета	Периодически контролировать путевую скорость руления самолета	Приборная скорость
Выключатели и элементы управления на рабочем месте установить в исходное положение	Выключатели и элементы управления на рабочем месте установить в исходное положение	-

2.3 Результаты и выводы

1. Совмещенный комплексно-пилотажный индикатор постоянно отображает всю совокупность пилотажно-навигационных параметров воздушного судна на всех этапах выполнения полета.

2. Анализ отображаемой на экране многофункционального индикатора пилотажно-навигационной информации и действий экипажа, показывают, что часть постоянно отображаемых параметров не участвуют в управлении вниманием экипажа воздушного судна на разных этапах полета, что приводит к необоснованному повышению зрительной нагрузки командира воздушного судна и второго пилота.

3. Можно провести классификацию пилотажно-навигационных параметров, выводимых на индикацию, с точки зрения управления вниманием экипажа на различных этапах полета воздушного судна.

4. Для уменьшения зрительной нагрузки членов экипажа можно сократить поток информации до необходимого минимума. Экипаж должен получать информацию о параметрах полета, которые важны на текущем этапе полета. Остальные параметры могут отображаться по запросу пилота и выключаться, если они не нужны.

3. АДАПТИВНЫЙ ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ ПИЛОТАЖНО- НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭКРАНЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНДИКАТОРА ВОЗДУШНОГОСУДНА

Исходя из возможностей человека-оператора и современных технических средств отображения информации, можно обозначить основными принципами применительно к задачам и условиям работы пилота [16]:

- надежность восприятия информации, которая достигается оптимальной формой ее представления и комплексом вспомогательных мер (разгрузка пилота, комфортные условия, средства привлечения внимания);

- полнота обзора информации внутри кабины и внекабинного пространства, которая достигается исключением второстепенной информации и представление ее только по критериям необходимости и ответственности в данной ситуации (устранение избыточности информации);

- адаптивность условий работы в кабине ЛА к психофизиологическим способностям человека-пилота, которая достигается комплексом технических и организационных мер, способствующих повышению его активности;

- оптимальная разгрузка памяти пилота, которая достигается хранением доступной для него априорной (инструктивной статистической) информации в памяти электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

3.1 Алгоритм определения этапов полета

Для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации необходимо автоматически определять этапы и накладывать соответствующие ограничения на выдачу информации на отображение. Алгоритм определения этапов полета ВС представлен в таблице 3.1.

Т а б л и ц а 3 . 1 - Алгоритм определения этапов полета ВС

Наименование этапа	Алгоритм определения этапа полета
Руление	[Хотя бы одна пара опор шасси обжата] И [Краны топливные перекрывные (пожарные) открыты] И НЕ [Стояночный тормоз включен] И ([Скорость путевая ≤ 50])
Разбег до скорости принятия решения (V1)	[Хотя бы одна пара опор шасси обжата] И [Краны топливные перекрывные (пожарный) открыты] И [РУДы во взлетном положении] И ([50 < Скорость путевая < V1])
Разбег от V1 до отрыва	[Хотя бы одна пара опор шасси обжата] И [Краны топливные перекрывные (пожарные) открыты] И [РУДы во взлетном положении] И ([Скорость путевая $\geq V1$])
Взлет (PB ≤ 250 м)	[Хотя бы одна пара опор шасси не обжата] И ([РУДы во взлетном положении]) И ([Радиовысота PB ≤ 250])
Набор (PB = 250 ÷ 450 м)	[Хотя бы одна пара опор шасси не обжата] И ([РУДы в промежуточном положении] И ([250 < Радиовысота PB ≤ 450])
Полет по маршруту	[Хотя бы одна пара опор шасси не обжата] И ([Радиовысота PB > 450] ИЛИ [Высота барометрическая СВС > 450])
Посадка до высоты принятия решения (PB = 450 ÷ 60 м)	[Хотя бы одна пара опор шасси не обжата] И [Сигнал интегральный «Посадка»] И НЕ [РУДы во взлетном положении]) И ([60 \leq Радиовысота PB ≤ 450])
Посадка после высоты принятия решения (PB < 60 м)	[Хотя бы одна пара опор шасси не обжата] И [Сигнал интегральный «Посадка»] И ([Радиовысота PB < 60])
Пробег	[Хотя бы одна пара опор шасси обжата] И НЕ [РУДы в промежуточном положении]) И ([Скорость путевая > 50])
Заруливание	[Хотя бы одна пара опор шасси обжата] И ([Краны топливные перекрывные (пожарные) ДВ открыты]) И НЕ [Стояночный тормоз включен] И ([Скорость путевая ≤ 50])

Проведя анализ действий пилотов на каждом этапе полета ВС (см. главу 2) определены параметры, необходимые пилоту для успешного выполнения плана полета.

3.2 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при нормальных условиях

Проанализировав материалы многочисленных источников был выявлен набор информации, необходимый пилоту для выполнения плана полета [53, 61-65, 69-77].

При адаптации отображения информации на этапе руления при нормальных условиях отображается:

- на шкале приборной скорости отображается шкала приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости и счетчик текущей приборной скорости в углах;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.1.

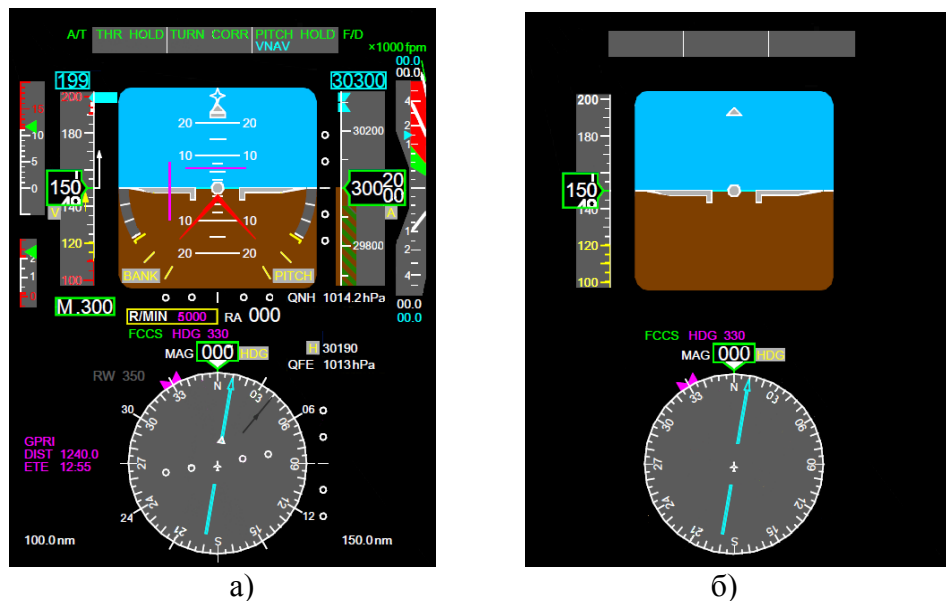


Рисунок 3.2.1 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе разбега до скорости принятия решения при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки отображается сама шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки и индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- в режиме управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги и информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты отображается сама шкала барометрической высоты, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.2.

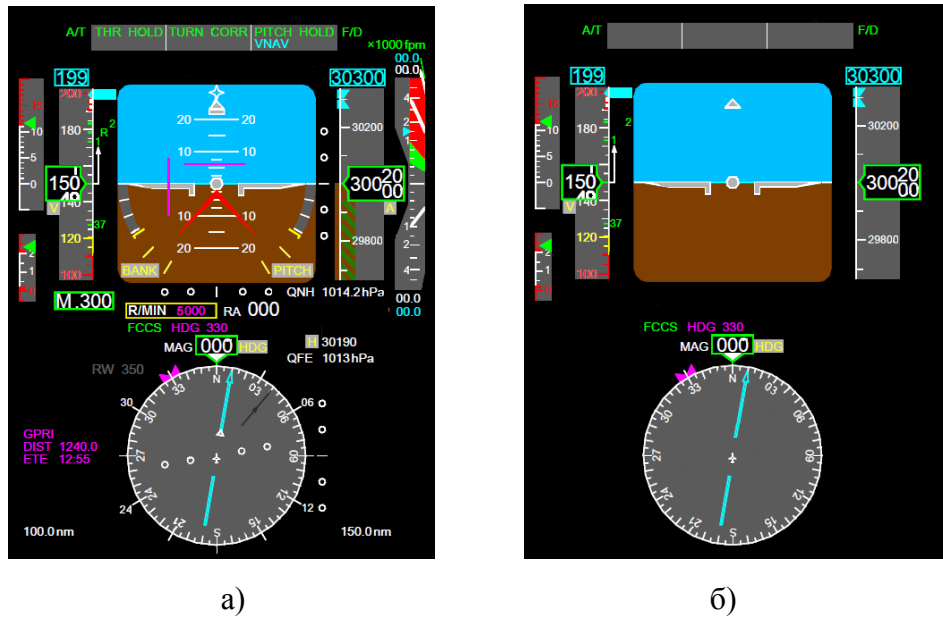


Рисунок 3.2.2 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости подъема передней стойки шасси, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги и информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне высоты принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.3.

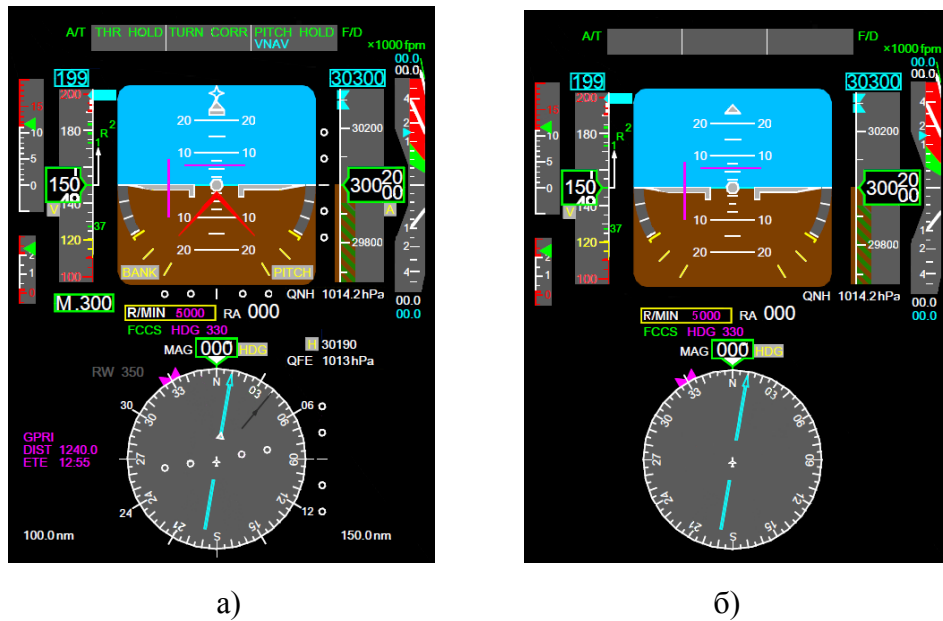


Рисунок 3.2.3 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе взлета при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги и информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, индекс абсолютной высоты КТА/ВПЦ, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне высоты принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, Признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне дальности до радиомаяка DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях и дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.4.

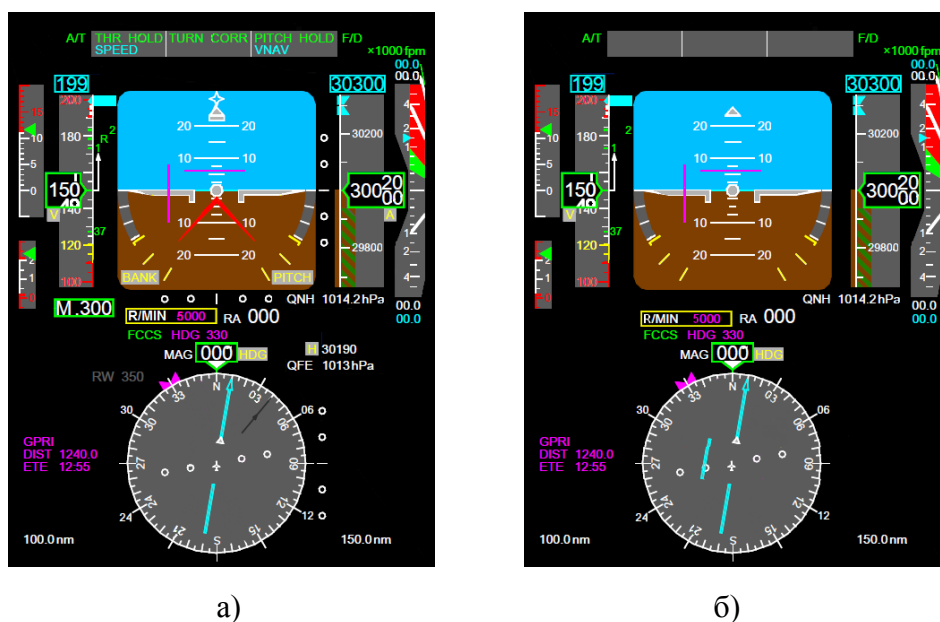


Рисунок 3.2.4 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе набора высоты при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки - шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги и информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне дальности до радиомаяка DME: Дальность до радиомаяка DME1 в морских милях и Дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.5.

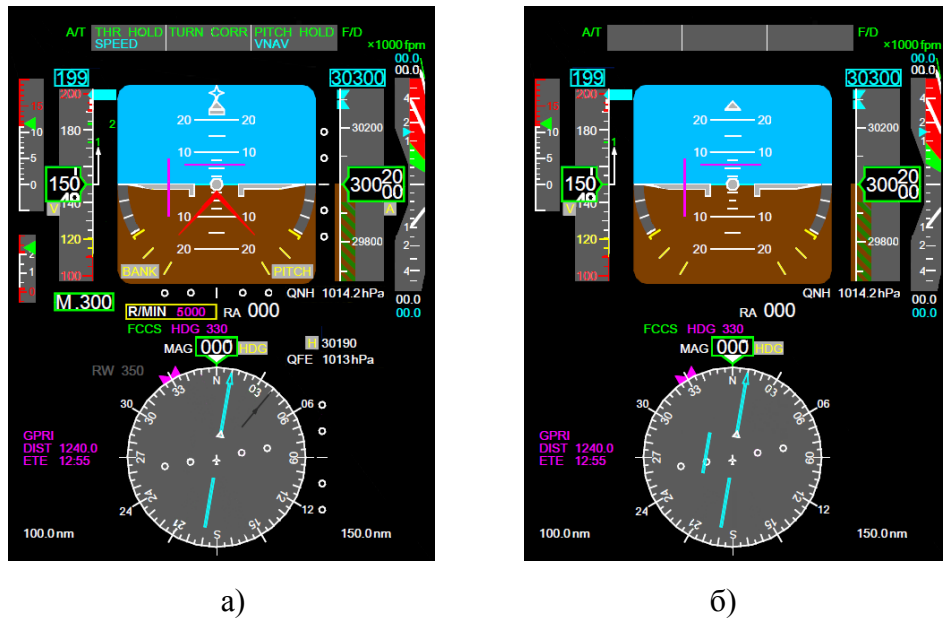


Рисунок 3.2.5 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе полета по маршруту при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданного числа Маха, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущего числа Маха, счетчик текущей приборной скорости в узлах;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги и информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне дальности до радиомаяка DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях и дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.6.

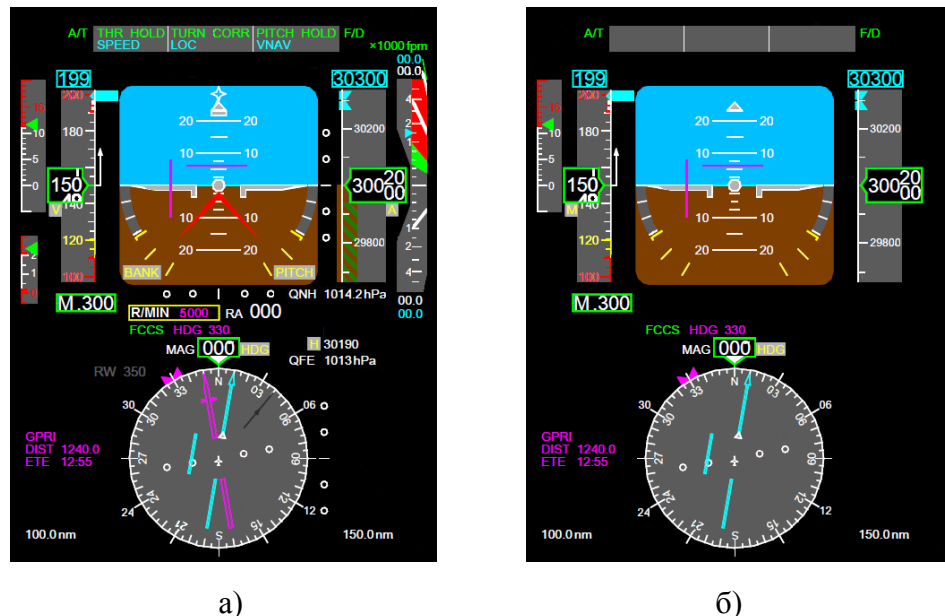


Рисунок 3.2.6 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе посадки до высоты принятия решения при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, индекс абсолютной высоты КТА/ВПШ, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на

вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;

- в зоне дальности до радиомаяка DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях и дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.7.

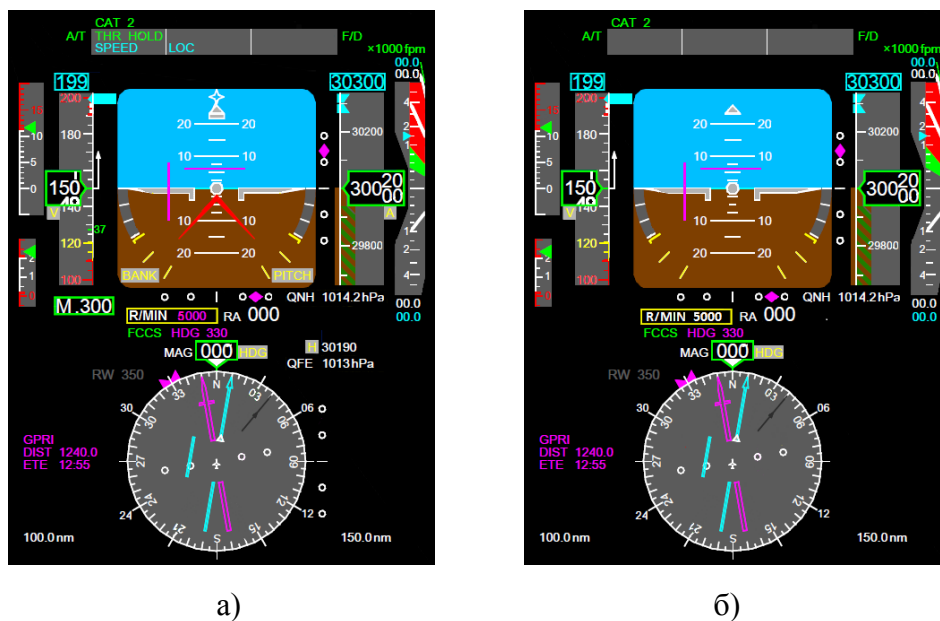


Рисунок 3.2.7 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе посадки после высоты принятия решения при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;

- в зоне дальности до радиомаяка DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях и дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.8.

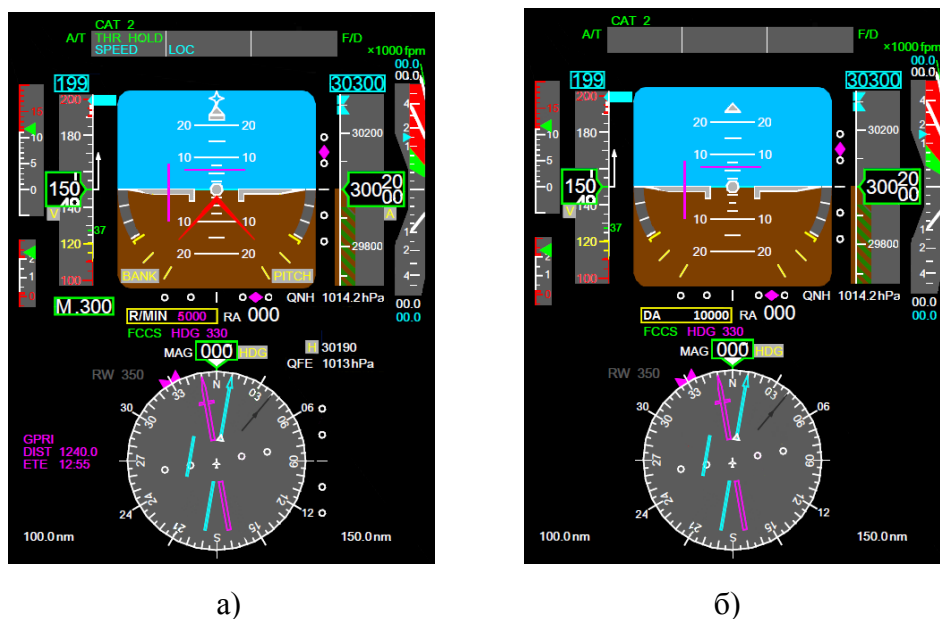


Рисунок 3.2.8 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе пробега при нормальных условиях отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, и минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробеге при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.9.

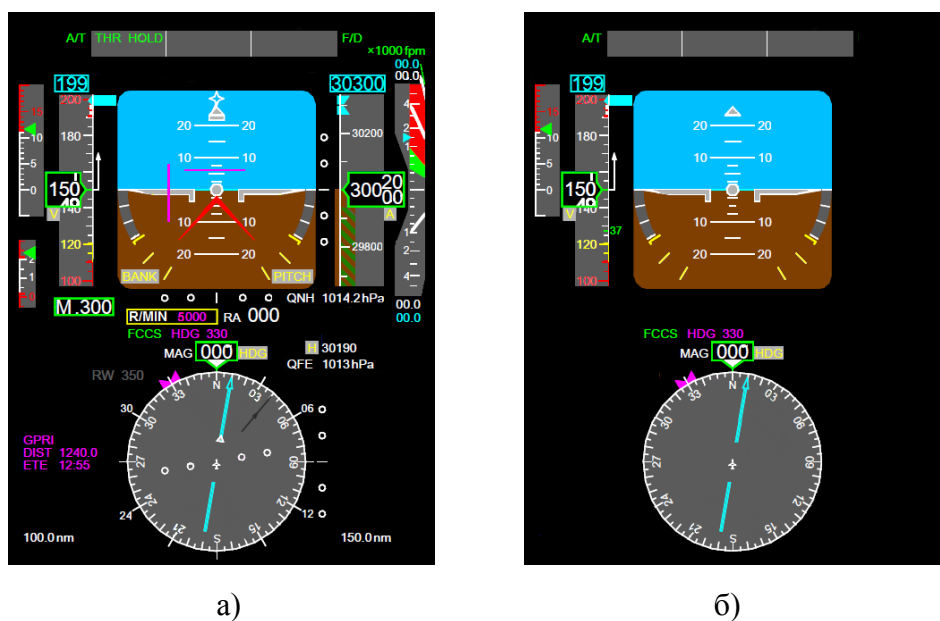


Рисунок 3.2.9 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробеге: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе заруливания при нормальных условиях отображается:

- на шкале приборной скорости: шкала приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, счетчик текущей приборной скорости в узлах;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе за руливания при нормальных условиях приведен на рисунке 3.2.10.

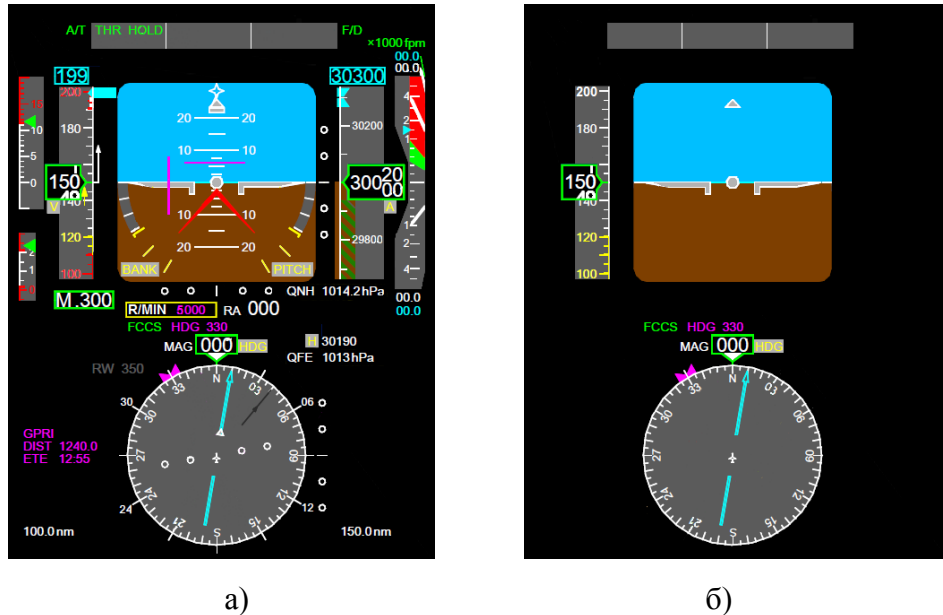


Рисунок 3.2.10 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе за руливания: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

3.3 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при условии наличия нажатых кнопок

При условии наличия отображаемой информации, выведенной принудительно пилотом нажатием соответствующих кнопок на экране пилотажного индикатора на этапе руления отображается:

- на шкале приборной скорости: шкала приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.1.

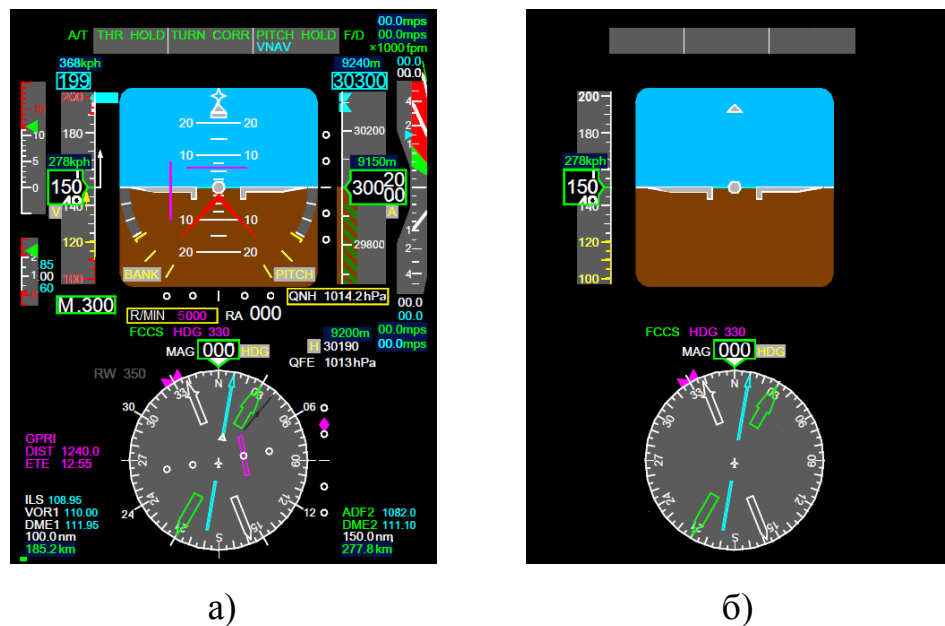


Рисунок 3.3.1 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе разбега до скорости принятия решения (V1) при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости

принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимальной достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.2.

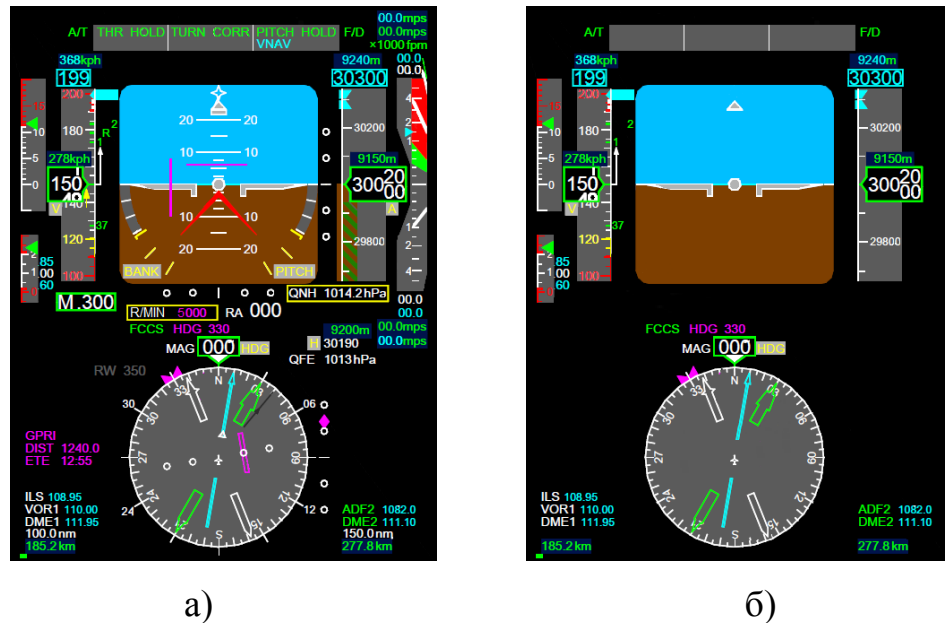


Рисунок 3.3.2 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе разбега от скорости принятия решения (V1) до отрыва при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости подъема передней стойки шасси, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги и информация о выбранном способе управления полетом;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, технологический счетчик ввода барометрического давления, Счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;
- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;
- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;
- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс

текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимальной достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.3.

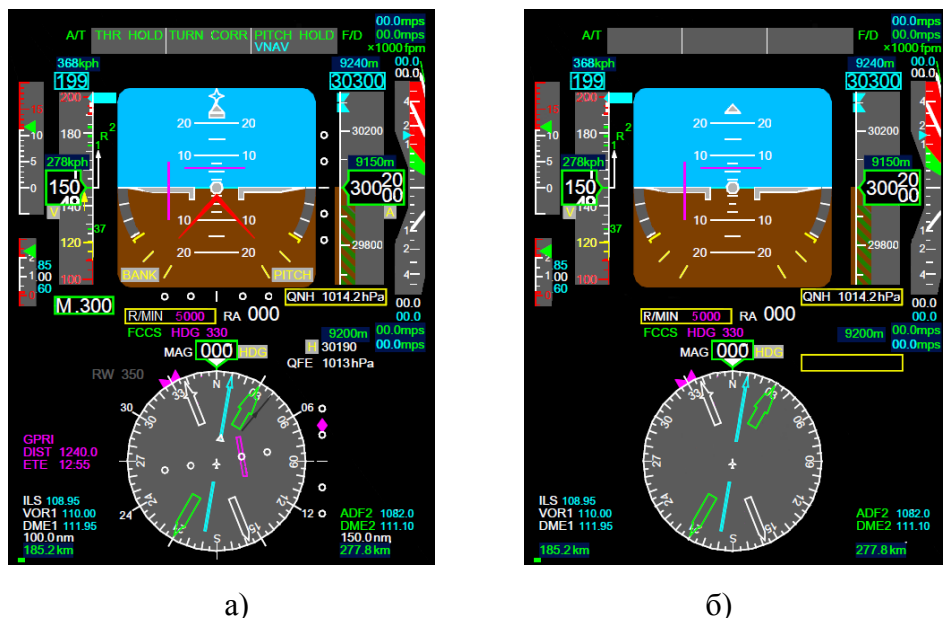


Рисунок 3.3.3 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе взлета при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, Счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в

фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимальной достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.4.

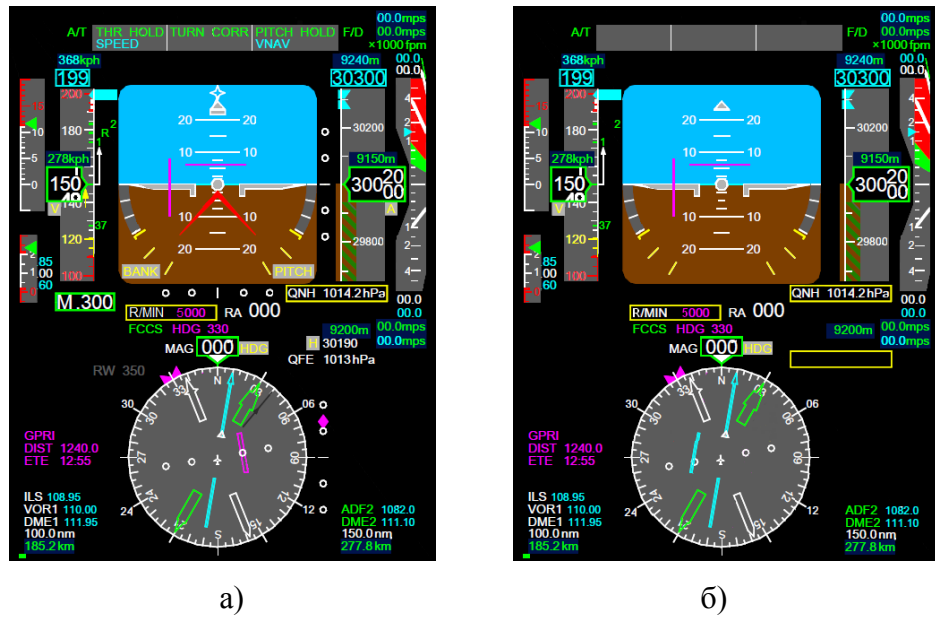


Рисунок 3.3.4 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе набора высоты при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: Шкала вертикальной скорости, Индекс текущей вертикальной скорости, Счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, Счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, Счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, Счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, Команда на вертикальное маневрирование, Индекс заданной вертикальной скорости, Символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.5.

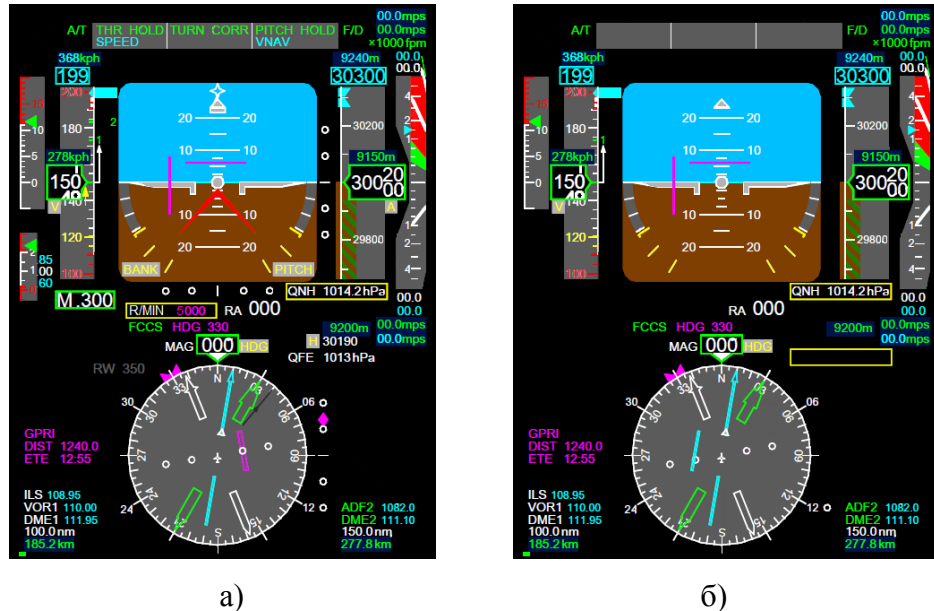


Рисунок 3.3.5 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе полета по маршруту при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданного числа Маха, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущего числа Маха, счетчик текущей приборной скорости в узлах;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о выбранном способе управления полетом;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;
- на шкале вертикальной скорости: счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;
- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;
- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.6.

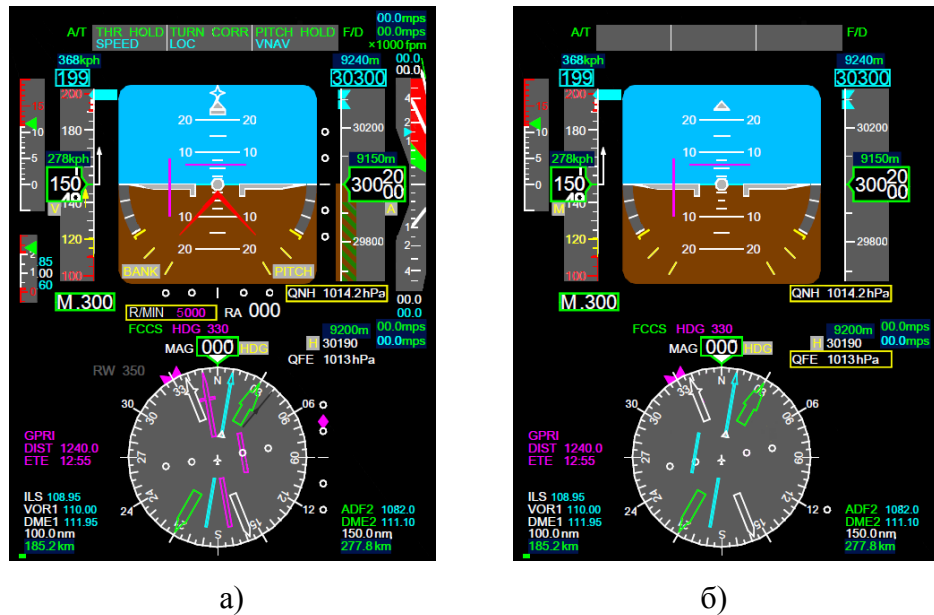


Рисунок 3.3.6 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе посадки до высоты принятия решения при условии наличия нажатых кнопок отображается:

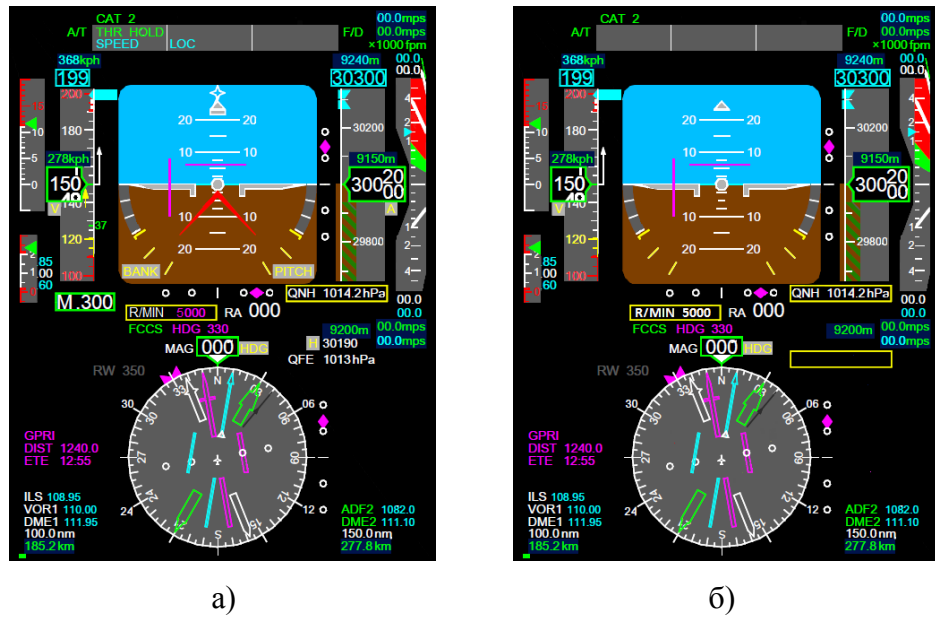
- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;
- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;
- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки, дополнительная шкала отклонения от курса посадки, дополнительный индекс отклонения от курса посадки, дополнительная

шкала отклонения от глиссады снижения, дополнительный индекс отклонения от глиссады снижения;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;
- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;
- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;
- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;
- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;
- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимальной достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.7.



а)

б)

Рисунок 3.3.7 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе посадки после высоты принятия решения при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости и команда директорного управления в боковой плоскости;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, Команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки, дополнительная шкала отклонения от курса посадки, дополнительный индекс отклонения от курса посадки, дополнительная шкала отклонения от глиссады снижения, дополнительный индекс отклонения от глиссады снижения;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты и счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик минимальной высоты снижения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимальной достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.8.

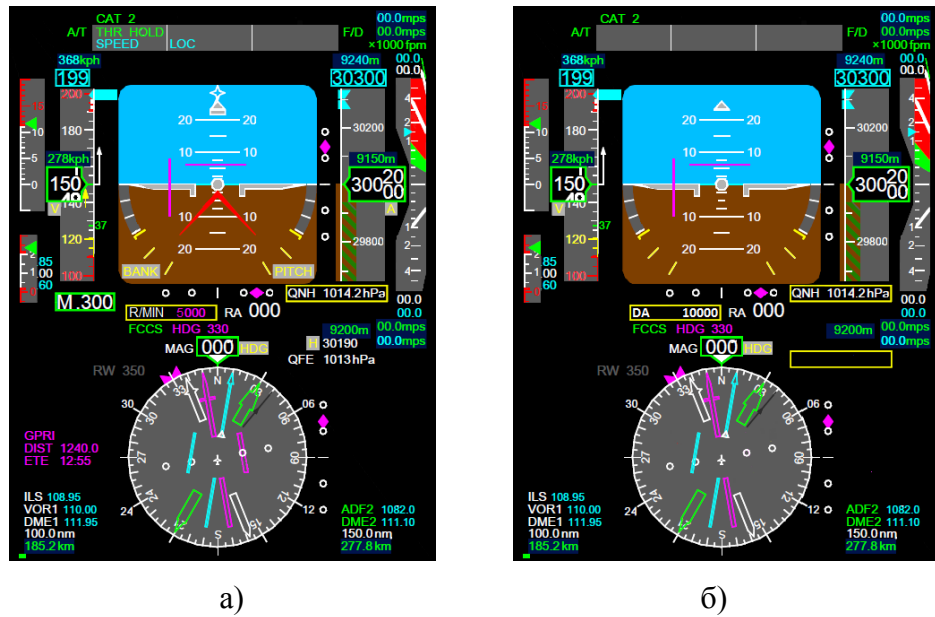


Рисунок 3.3.8 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе пробега при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- на шкале крена: шкала крена и индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей информация от готовности автомата тяги;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробеге при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.9.

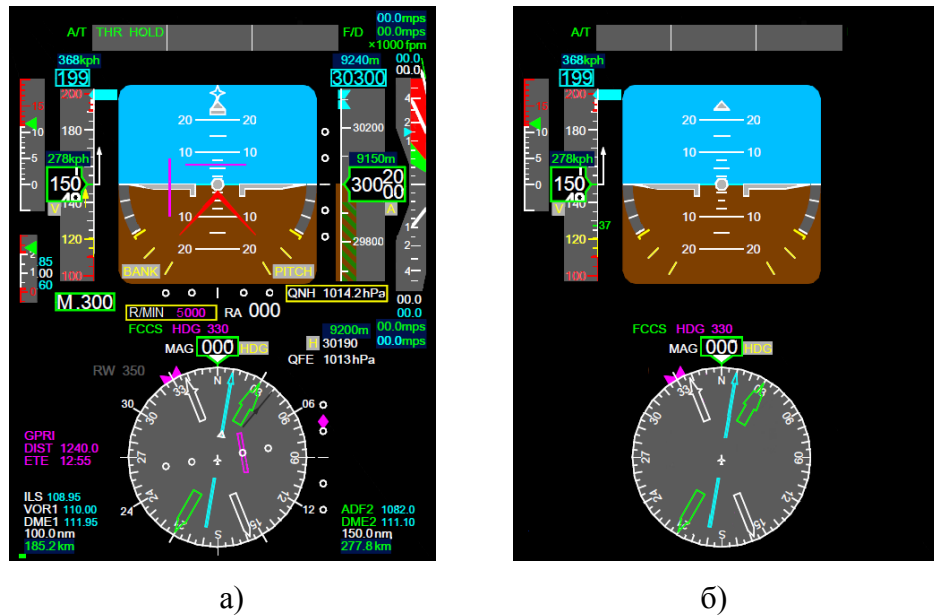


Рисунок 3.3.9 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробеге: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

На этапе заруливания при условии наличия нажатых кнопок отображается:

- на шкале приборной скорости: Шкала приборной скорости, Индекс минимально допустимой приборной скорости, Счетчик текущей приборной скорости в узлах;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе за руливания при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.3.10.

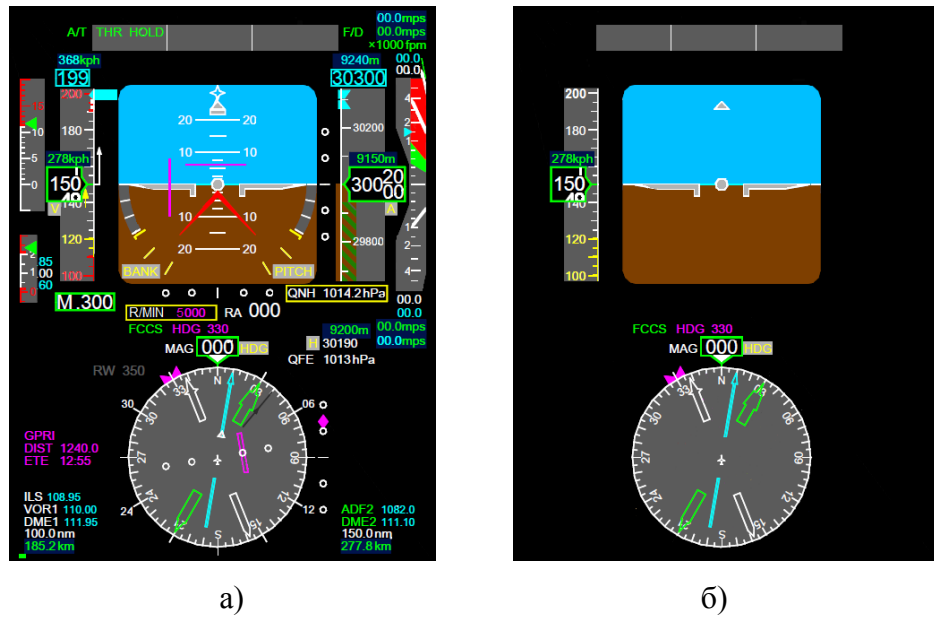


Рисунок 3.3.10- Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе за руливания: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

3.4 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при приближении к максимально допустимым значениям

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе руления отображается:

- на шкале приборной скорости: шкала приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль» и силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля» и линия авиагоризонта;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.1.

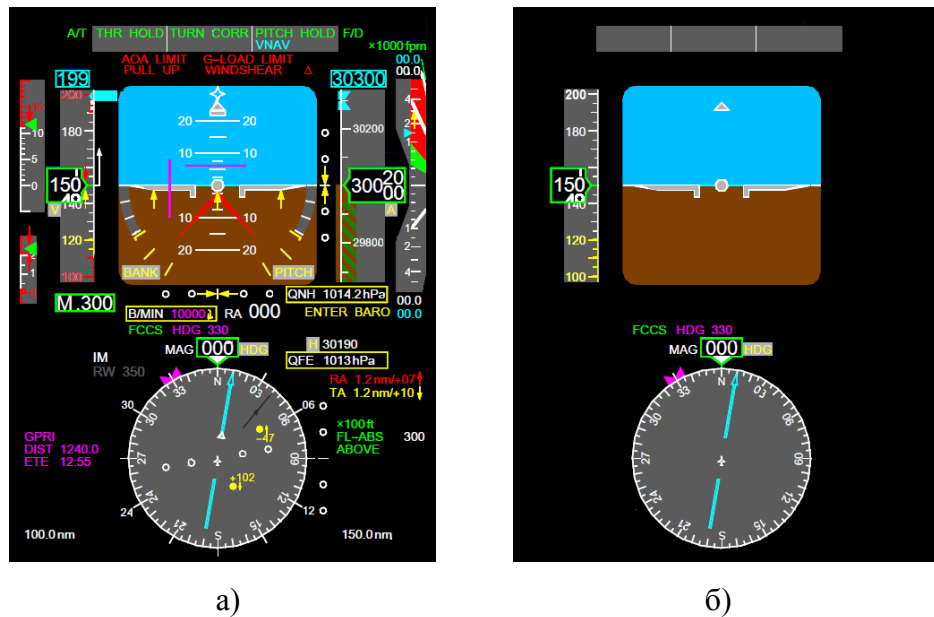


Рисунок 3.4.1 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям на этапе разбега до скорости принятия решения (V1) отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально

допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;
- в зоне информации о высоте принятия решения: технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута;
- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;
- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.2.

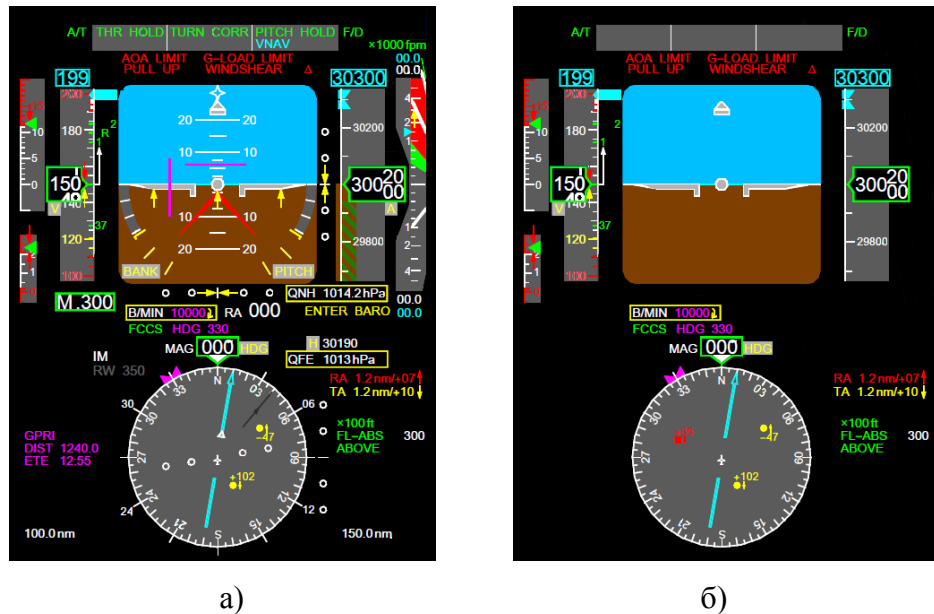


Рисунок 3.4.2 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям на этапе разбега от скорости принятия решения (V_1) до отрыва отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости подъема передней стойки шасси, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому

углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;
- символ безопасности;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги, информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;
- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости,

сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки;

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.3.

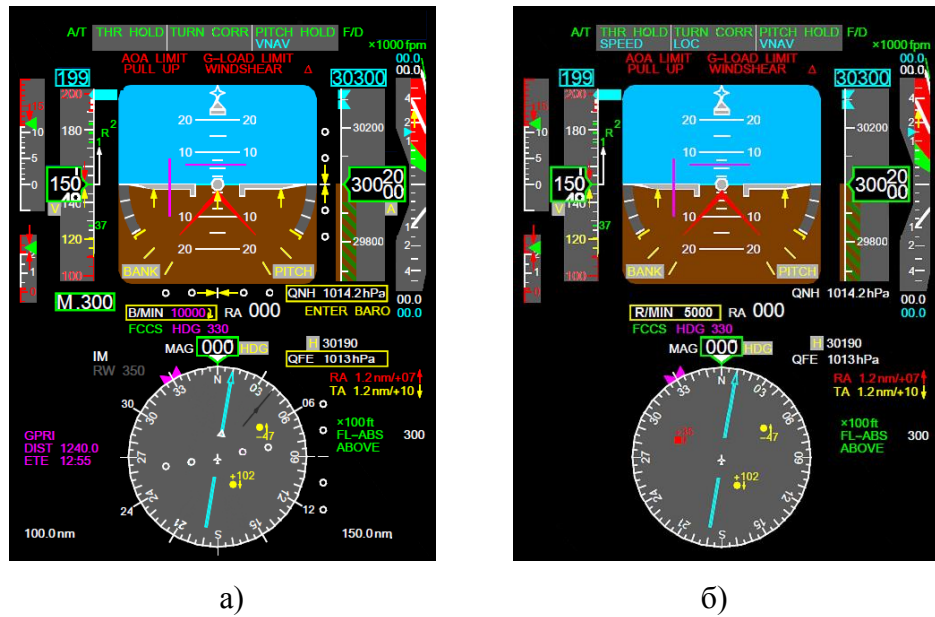


Рисунок 3.4.3 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе взлета отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости принятия решения при взлете, Вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;

- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;

- символ безопасности;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги, информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;

- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, Счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПШ, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, Команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;
- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;
- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;
- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;
- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;
- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.4.

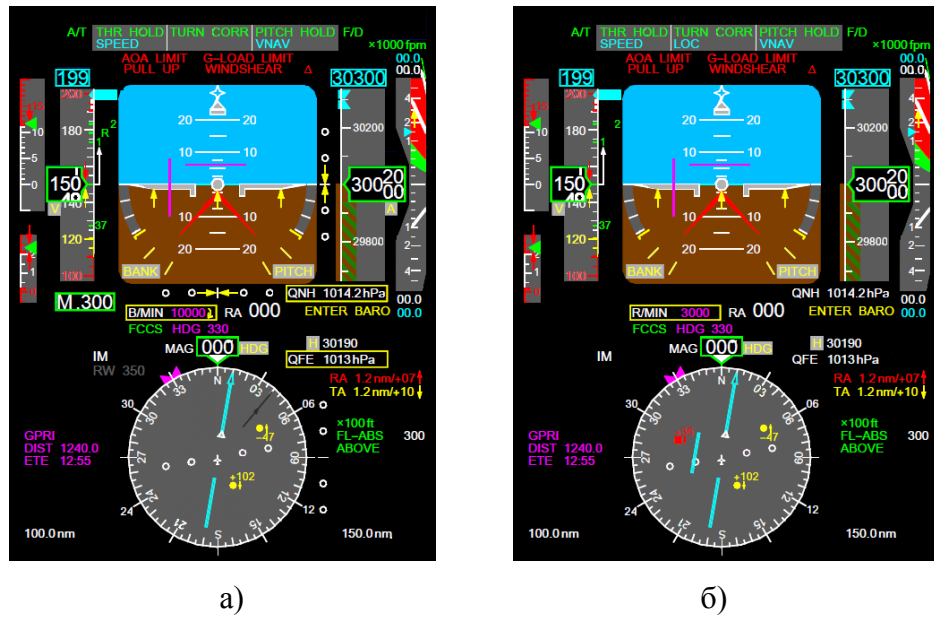


Рисунок 3.4.4 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе набора высоты отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;
- символ безопасности;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги, информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПШ, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;
- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;
- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: Технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.5.

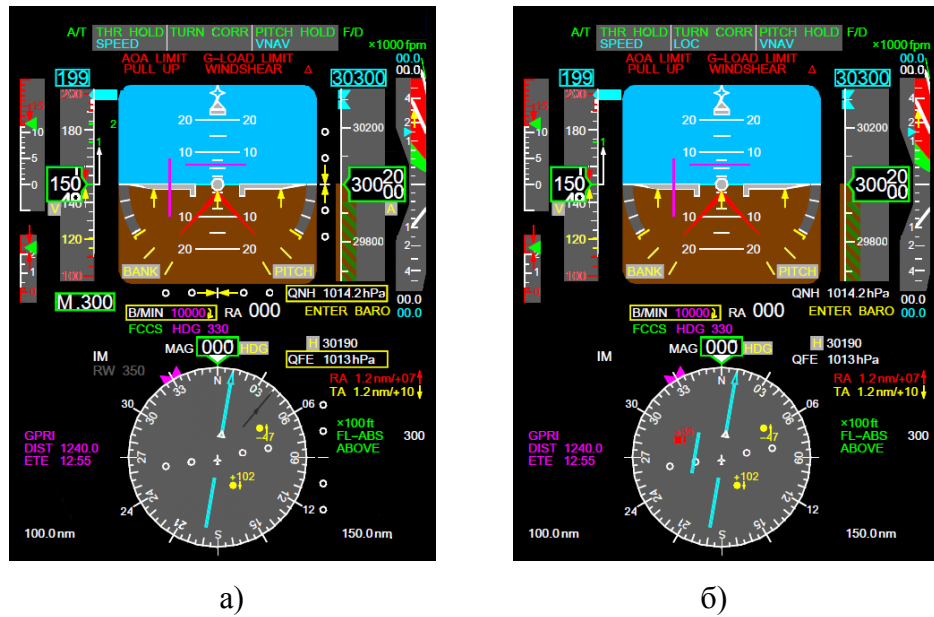


Рисунок 3.4.5 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе полета по маршруту отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданного числа Маха, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущего числа Маха, счетчик текущей приборной скорости в узлах, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;
- символ безопасности;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги, информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;
- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, Команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;
- в зоне информации о высоте принятия решения: Технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, признак полета на (от)

маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.6.

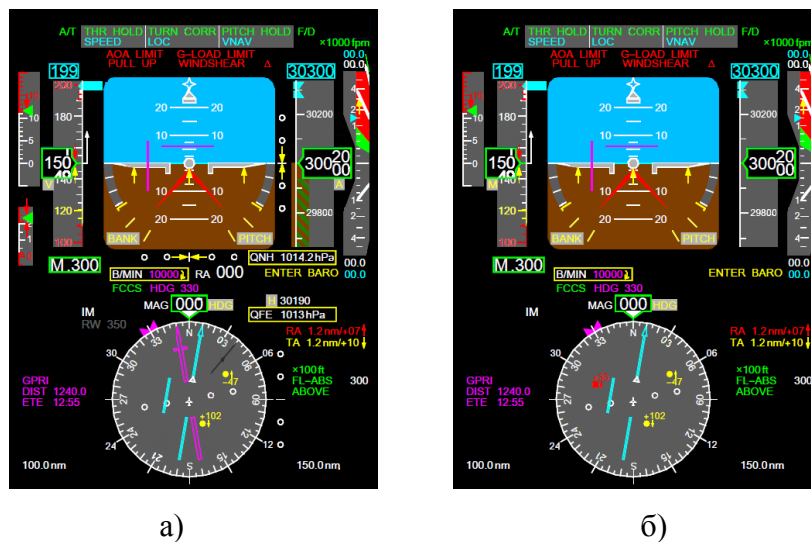


Рисунок 3.4.6 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе посадки до высоты принятия решения отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;

- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;

- символ безопасности;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;

- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, индекс абсолютной высоты

КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, сигнализация достижения предельного отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, сигнализация достижения предельного отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.7.

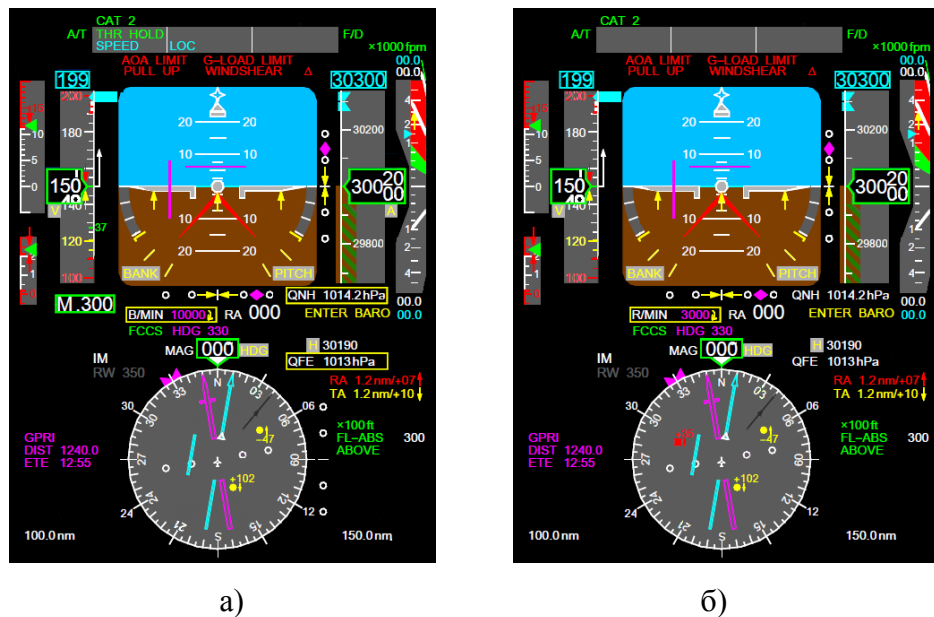


Рисунок 3.4.7 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе посадки после высоты принятия решения отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;
- символ безопасности;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, сигнализация достижения предельного отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, сигнализация достижения предельного отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик минимальной высоты снижения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.8.

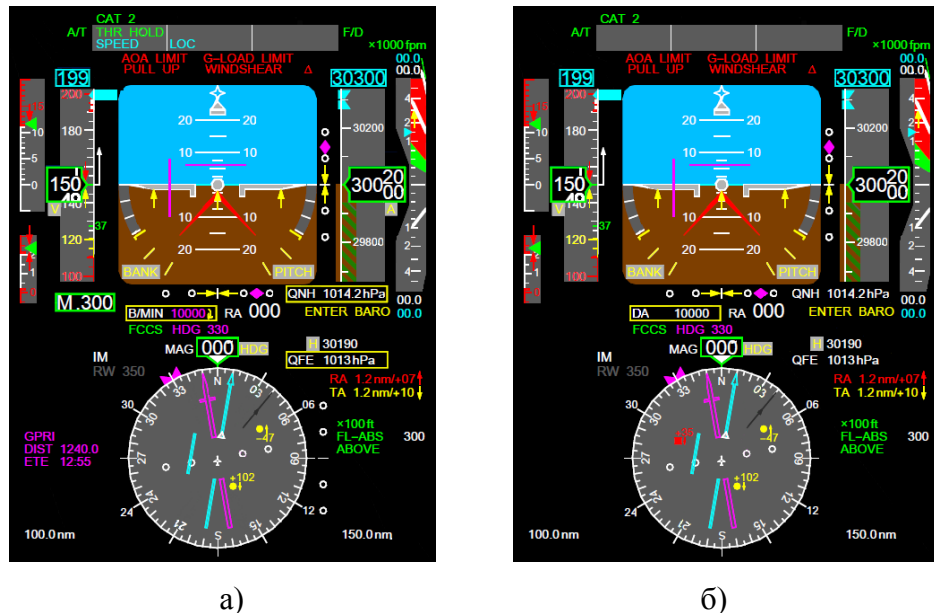


Рисунок 3.4.8 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе пробега отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;

- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: Информация от готовности автомата тяги,

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробега при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.9.

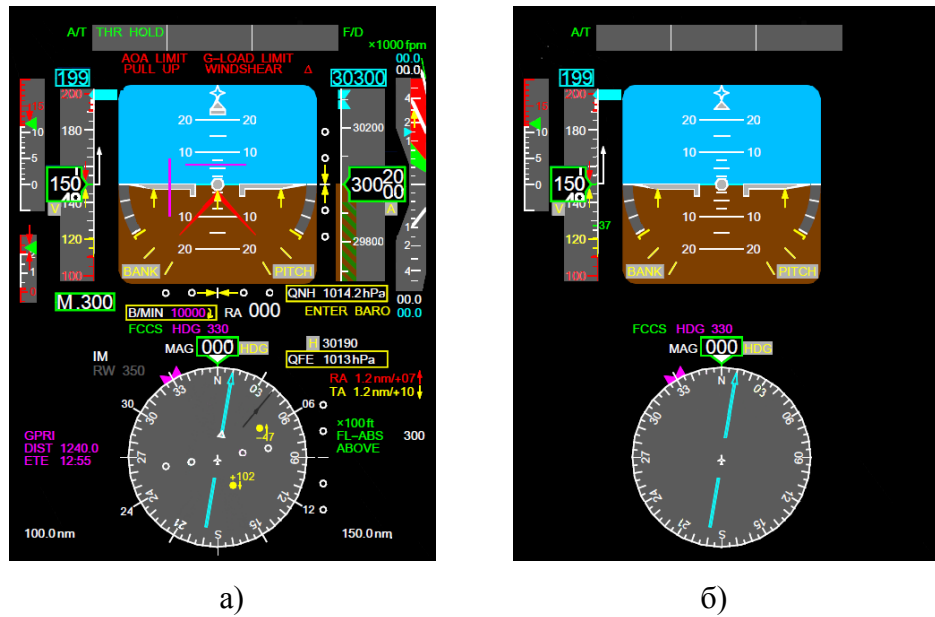


Рисунок 3.4.9 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробега: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям, на этапе заруливания отображается:

- на шкале приборной скорости: шкала приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, счетчик текущей приборной скорости в узлах;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе заруливания при приближении к максимально допустимым значениям приведен на рисунке 3.4.10.

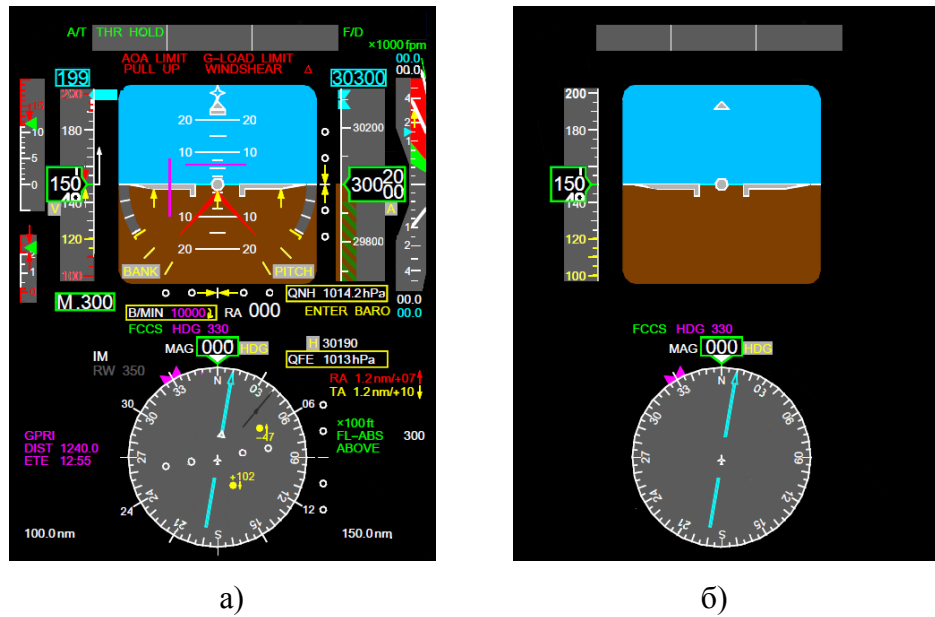


Рисунок 3.4.10 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе заруливания: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

3.5 Адаптивное формирование состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе руления отображается:

- на шкале приборной скорости: шкала приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс

текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.1.

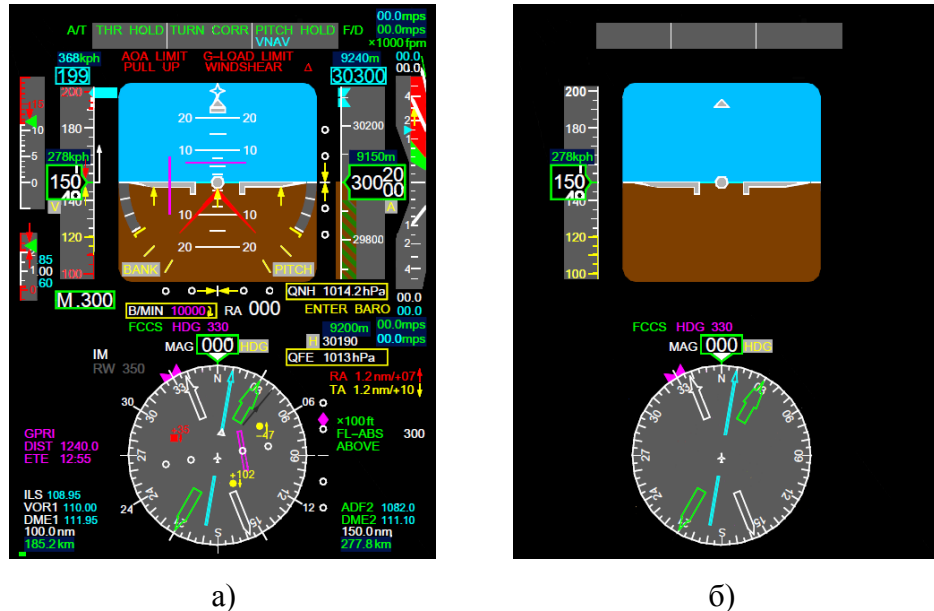


Рисунок 3.5.1 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе руления: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе разбега до скорости принятия решения (V1) отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра,

индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;
- в зоне информации о высоте принятия решения: технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2;
- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимально достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.2.

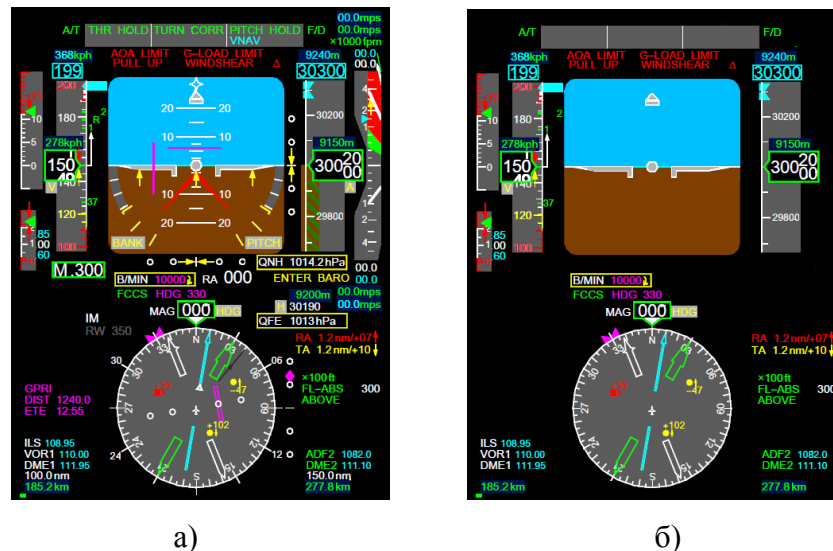


Рисунок 3.5.2 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега до скорости принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе разбега от скорости принятия решения (V_1) до отрыва отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости подъема передней стойки шасси, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;

- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;

- символ безопасности;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги,

информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;

- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс

текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак, частота настройки АРК2 или VOR2, признак, частота настройки DME2, признак, частота настройки DME1, признак, частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимально достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.3.

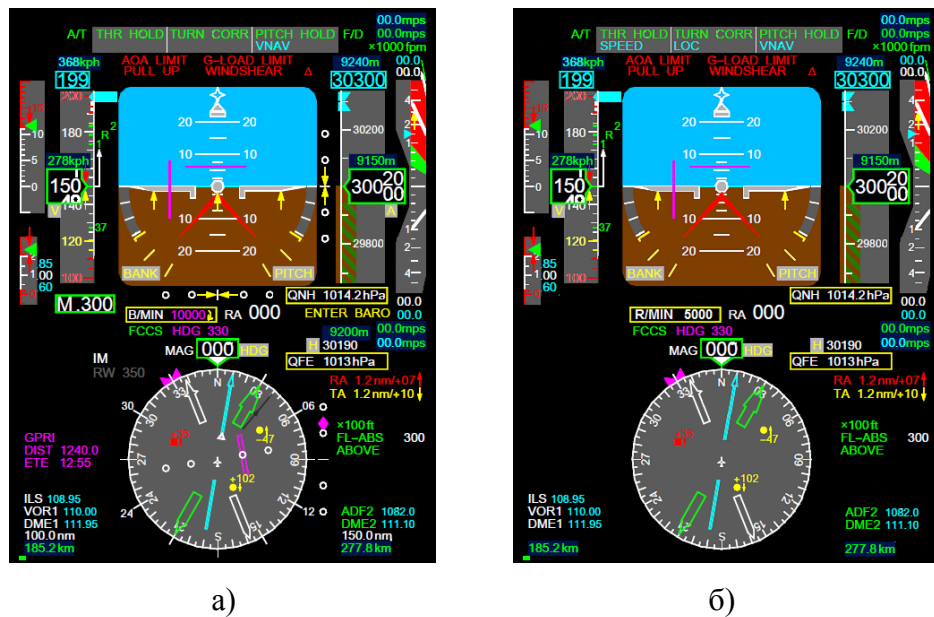


Рисунок 3.5.3 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе взлета отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс безопасной скорости взлета, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;
- символ безопасности;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги, информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, Дальность до радиомаяка DME1 в

километрах, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимально достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.4.

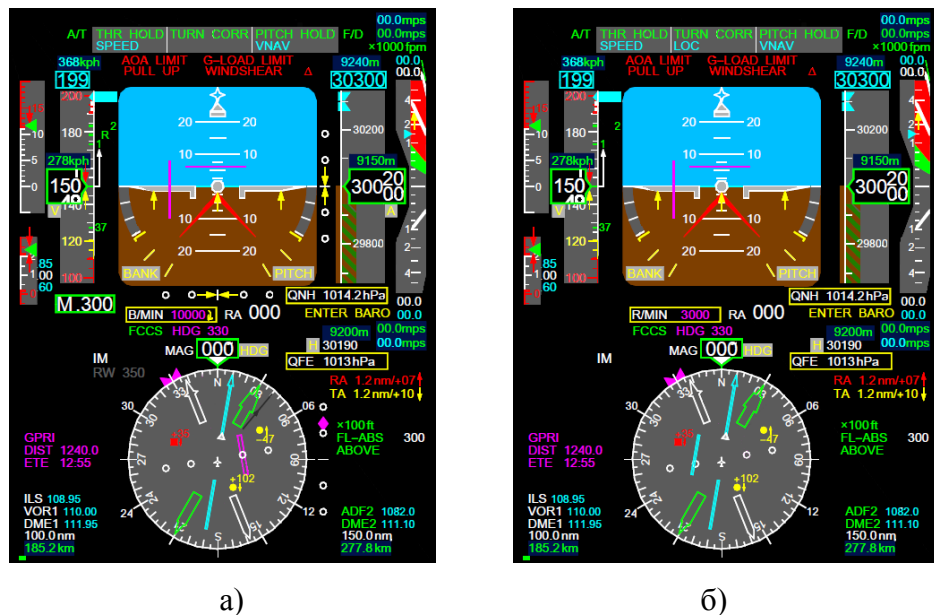


Рисунок 3.5.4 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе взлета: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе набора высоты отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, индекс скорости принятия решения при взлете, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;

- символ безопасности;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги, информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;

- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;

- на шкале барометрической высоты: счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, Признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты

воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.5.

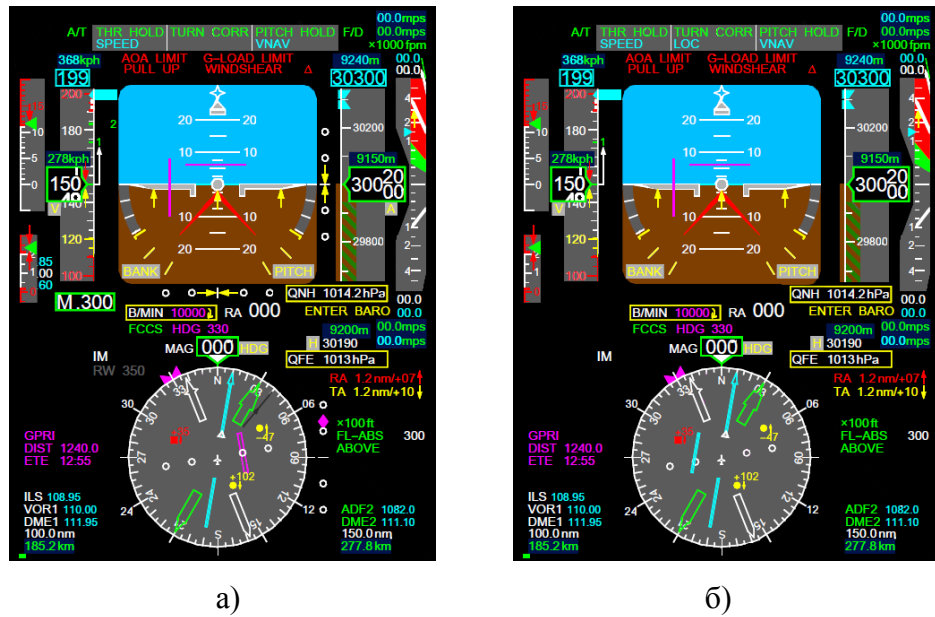


Рисунок 3.5.5 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе набора высоты: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе полета по маршруту отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданного числа Маха, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущего числа Маха, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;

- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;

- символ безопасности;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о подготовленном режиме управления в канале тяги, информация о выполняемом режиме управления в канале тяги, информация о подготовленном режиме управления в боковом канале, информация о выполняемом режиме управления в боковом канале, информация о подготовленном режиме управления в продольном канале, информация о выполняемом режиме управления в продольном канале, информация о выбранном способе управления полетом;

- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной

вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации о высоте принятия решения: технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.6.

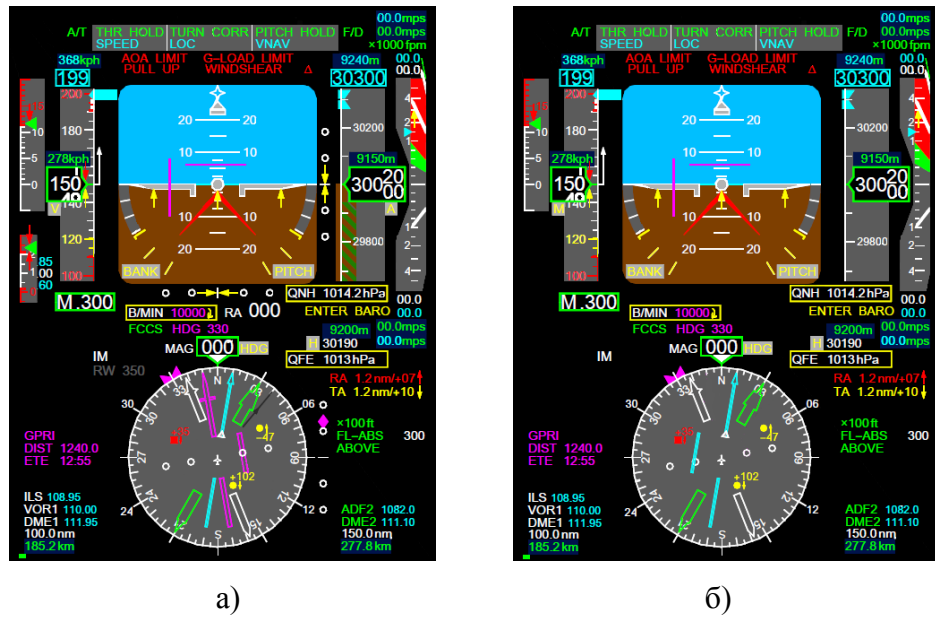


Рисунок 3.5.6 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе полета по маршруту: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе посадки до высоты принятия решения отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: Фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;
- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;
- символ безопасности;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;
- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;
- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;
- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной

скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, сигнализация достижения предельного отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, сигнализация достижения предельного отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки, дополнительная шкала отклонения от курса посадки, дополнительный индекс отклонения от курса посадки, дополнительная шкала отклонения от глиссады снижения, дополнительный индекс отклонения от глиссады снижения;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик высоты принятия решения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота

настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки APK1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- в зоне информации о расстоянии и времени до ППМ-на: наименование ППМ-на, расстояние до ППМ-на, время до ППМ-на;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимально достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.7.

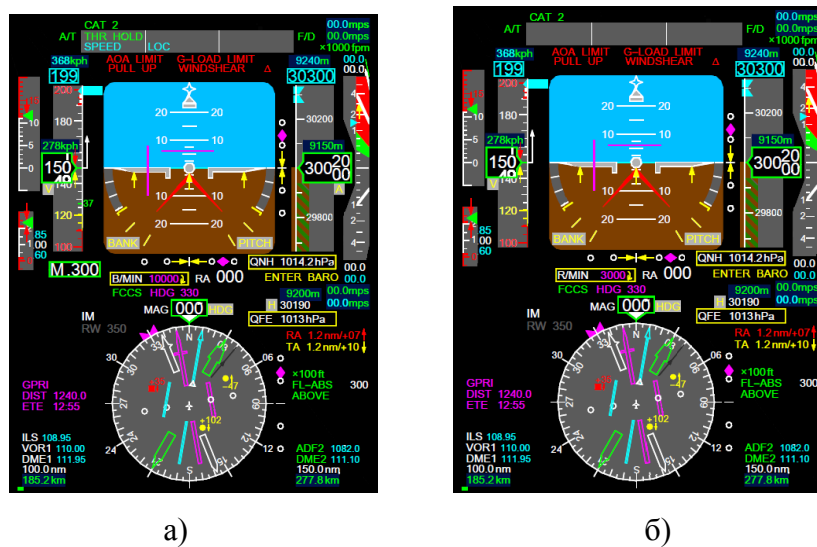


Рисунок 3.5.7 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки до высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе посадки после высоты принятия решения отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки, сигнализация предельного угла атаки;

- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;

- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;

- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;

- шкала тангажа;

- в зоне информации о боковой перегрузке: индекс боковой перегрузки;

- в зоне команд директорного управления: команда директорного управления в продольной плоскости, команда директорного управления в боковой плоскости;

- символ безопасности;

- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги, информация о категории посадки, информация о выбранном способе управления полетом;

- в зоне сигнальной информации: аварийная сигнализация, сигнализация пролета маркерного маяка, сигнализация недопустимой скорости снижения;

- на шкале барометрической высоты: шкала барометрической высоты, счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или QNE, сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE, технологический счетчик ввода барометрического давления, счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE, счетчик дополнительной барометрической высоты в футах, счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах, индекс абсолютной высоты КТА/ВПП, счетчик основной барометрической высоты в футах, счетчик основной барометрической высоты в метрах, индекс заданной барометрической высоты, счетчик заданной барометрической высоты в футах, счетчик заданной барометрической высоты в метрах;

- на шкале вертикальной скорости: шкала вертикальной скорости, индекс текущей вертикальной скорости, счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин, счетчик заданной вертикальной скорости в м/с, счетчик текущей вертикальной скорости в м/с, команда на вертикальное маневрирование, индекс заданной вертикальной скорости, сигнализация предельной вертикальной скорости, символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;

- в зоне информации об отклонении от глиссады и курса посадки: основная шкала отклонения от глиссады снижения, основной индекс отклонения от глиссады снижения, сигнализация достижения предельного отклонения от глиссады снижения, основная шкала отклонения от курса посадки, сигнализация достижения предельного отклонения от курса посадки, основной индекс отклонения от курса посадки, дополнительная шкала отклонения от курса посадки, дополнительный индекс отклонения от курса посадки, дополнительная шкала отклонения от глиссады снижения, дополнительный индекс отклонения от глиссады снижения;

- на шкале радиовысоты: индекс радиовысоты, счетчик радиовысоты;

- в зоне информации о высоте принятия решения: счетчик минимальной высоты снижения;

- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, индекс курса ВПП, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2, индекс заданного направления ЛЗП, признак полета на (от) маяк VOR, шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки), индекс отклонения от заданного азимута, шкала курсовых углов радиостанции, дополнительный счетчик курса ВПП;

- в зоне информации о воздушной обстановке от СПС: символ соседнего самолета, зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг, признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки, признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки, счетчик абсолютной высоты собственного самолета, признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;

- в зоне информации о признаках и частотах настройки бортовых радиосредств: признак и частота настройки АРК2 или VOR2, признак и частота настройки DME2, признак и частота настройки DME1, признак и частота настройки АРК1 или VOR1, признак и частота настройки ILS;

- в зоне информации о дальности до радиомаяков DME: дальность до радиомаяка DME1 в морских милях, дальность до радиомаяка DME1 в километрах, дальность до радиомаяка DME2 в морских милях, дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

- на шкале нормальной перегрузки: шкала нормальной перегрузки, сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки, индекс текущей нормальной перегрузки, сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки, счетчик максимальной достигнутой перегрузки, счетчик текущей нормальной перегрузки, счетчик минимальной достигнутой перегрузки, индекс минимально допустимой нормальной перегрузки, индекс максимально допустимой перегрузки.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.8.

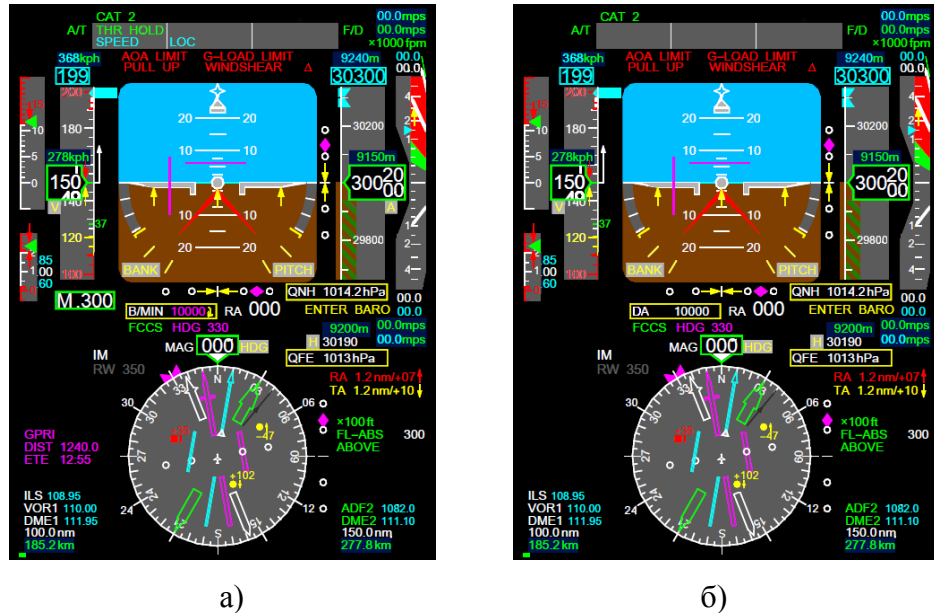


Рисунок 3.5.8 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе посадки после высоты принятия решения: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе пробега отображается:

- на шкале угла атаки: шкала угла атаки, индекс текущего угла атаки, индекс допустимого угла атаки;
- на шкале приборной скорости: счетчик заданной приборной скорости в узлах, счетчик заданной приборной скорости в км/ч, шкала приборной скорости, индекс заданной приборной скорости, индекс максимально допустимой приборной скорости, вектор прогнозируемого изменения приборной скорости, сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра, индексы скоростей выпуска-уборки закрылков, индекс минимально допустимой приборной скорости, индекс приборной скорости, соответствующей допустимому

углу атаки, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч, сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- на шкале крена: индекс «Зенит», сигнализация предельного крена, шкала крена, индекс допустимого угла крена;
- шкала тангажа;
- в зоне режимы управления полетом и тягой двигателей: информация от готовности автомата тяги;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробеге при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.9.

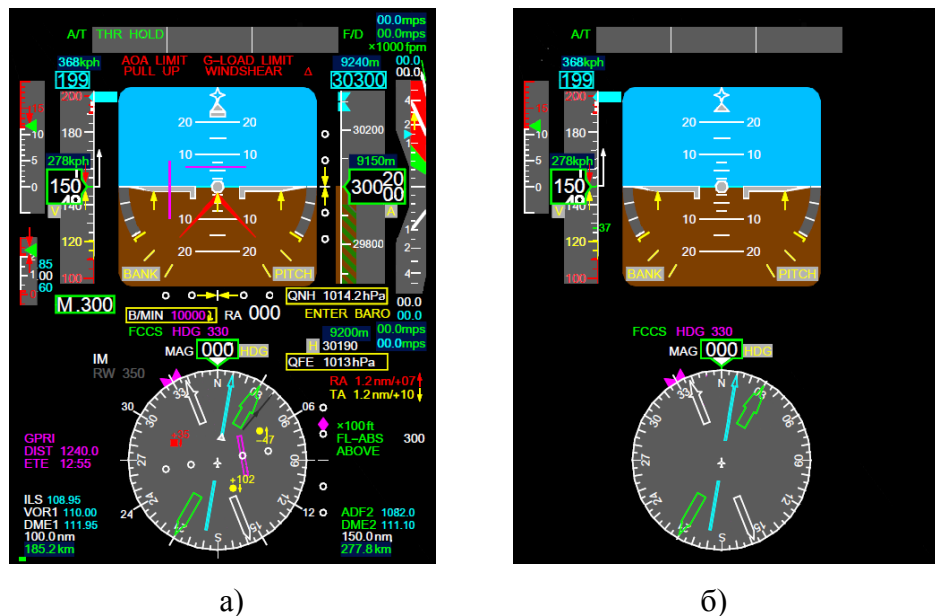


Рисунок 3.5.9 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе пробеге: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

При условии наличия отображаемой информации, выведенной при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок, на этапе заруливания отображается:

- на шкале приборной скорости: шкала приборной скорости, индекс минимально допустимой приборной скорости, счетчик текущей приборной скорости в узлах, счетчик текущей приборной скорости в км/ч;
- у символа самолета: индекс «Вертикаль», силуэт самолета;
- на авиагоризонте: фон «Небо-Земля», линия авиагоризонта;
- в зоне курсовой информации: шкала курса, индекс заданного путевого угла или заданного курса, индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1, счетчик заданного направления, счетчик текущего курса, индекс текущего путевого угла, индекс заданного азимута, индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2.

Вид отображаемой информации пилотажно-навигационного индикатора на этапе заруливания при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок приведен на рисунке 3.5.10.

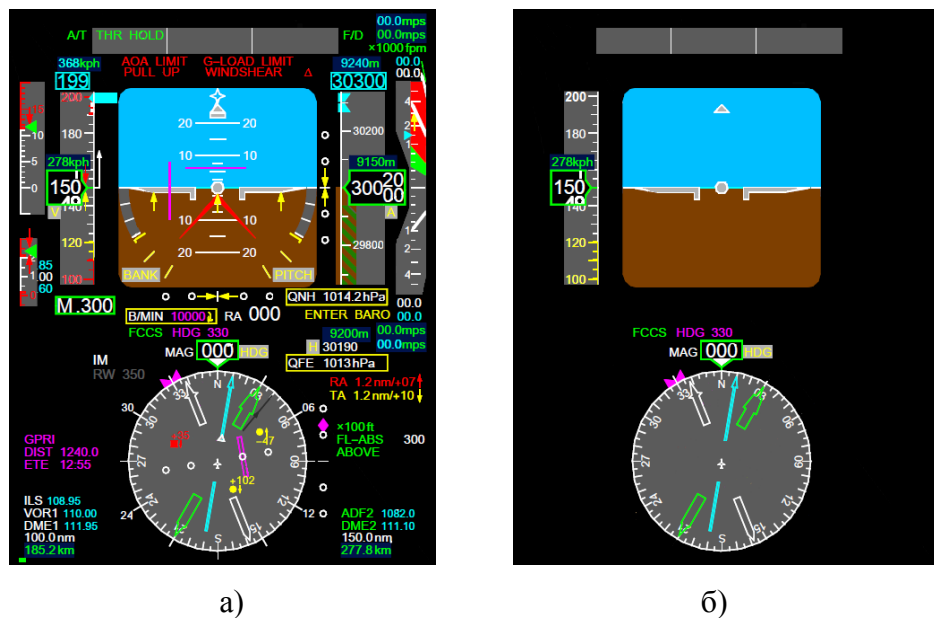


Рисунок 3.5.10 - Отображаемая информация на экране пилотажно-навигационного индикатора на этапе заруливания: а) при обычном функционировании пилотажно-навигационного индикатора, б) при адаптивном отображении и сигнализации

3.6 Математическая модель обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации

Для наглядности принципа адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации логика формирования состава и передачи на индикацию пилотажно-навигационной информации представлена через отношения множеств [82].

Множество этапов полета представляет собой группу элементов (этапов полета) принадлежащих множеству $M_{\text{Э}}$ (3.6.1):

$$M_{\text{Э}} = \{Э_1, Э_2, Э_3, Э_4, Э_5, Э_6, Э_7, Э_8, Э_9, Э_{10}\}, \quad (3.6.1)$$

где $M_{\text{Э}}$ - множество этапов полета;

$Э_1$ - этап руления;

$Э_2$ - этап разбега до скорости принятия решения;

$Э_3$ - этап разбега после скорости принятия решения;

$Э_4$ - этап взлета;

$Э_5$ - этап набора высоты;

$Э_6$ - этап полета по маршруту;

$Э_7$ - этап посадки до высоты принятия решения;

$Э_8$ - этап посадки после высоты принятия решения;

$Э_8$ - этап пробега;

$Э_{10}$ - этап заруливания.

Множество условий полета представляет собой группу элементов (подмножеств условий полета) принадлежащих множеству $M_{\text{У}}$ (3.6.2):

$$M_y = \left\{ \begin{array}{l} M_{y1}, M_{y2}, M_{y3}, M_{y4}, M_{y5}, M_{y6}, M_{y7}, M_{y8}, M_{y9}, M_{y10}, M_{y11}, \\ M_{y12}, M_{y13}, M_{y14}, M_{y15}, M_{y16}, M_{y17}, M_{y18}, M_{y19}, M_{y20}, M_{y21}, \\ M_{y22}, M_{y23}, M_{y24}, M_{y25}, M_{y26}, M_{y27}, M_{y28}, M_{y29}, M_{y30}, M_{y31}, \\ M_{y32}, M_{y33}, M_{y34}, M_{y35}, M_{y36}, M_{y37}, M_{y38}, M_{y39}, M_{y40} \end{array} \right\}, \quad (3.6.2)$$

где M_y - множество условий полета;

M_{y1} - подмножество условий полета на этапе руления при нормальных условиях;

M_{y2} - подмножество условий полета на этапе руления при условии нажатия кнопок;

M_{y3} - подмножество условий полета на этапе руления при условии приближения к предельным значениям;

M_{y4} - подмножество условий полета на этапе руления при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y5} - подмножество условий полета на этапе разбега до скорости принятия решения при нормальных условиях;

M_{y6} - подмножество условий полета на этапе разбега до скорости принятия решения при условии нажатия кнопок;

M_{y7} - подмножество условий полета на этапе разбега до скорости принятия решения при условии приближения к предельным значениям;

M_{y8} - подмножество условий полета на этапе разбега до скорости принятия решения при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y9} - подмножество условий полета на этапе разбега после скорости принятия решения при нормальных условиях;

M_{y10} - подмножество условий полета на этапе разбега после скорости принятия решения при условии нажатия кнопок;

M_{y11} - подмножество условий полета на этапе разбега после скорости принятия решения при условии приближения к предельным значениям;

M_{y12} - подмножество условий полета на этапе разбега после скорости принятия решения при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y13} - подмножество условий полета на этапе взлета при нормальных условиях;

M_{y14} - подмножество условий полета на этапе взлета при условии нажатия кнопок;

M_{y15} - подмножество условий полета на этапе взлета при условии приближения к предельным значениям;

M_{y16} - подмножество условий полета на этапе взлета при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y17} - подмножество условий полета на этапе набора высоты я при нормальных условиях;

M_{y18} - подмножество условий полета на этапе набора высоты при условии нажатия кнопок;

M_{y19} - подмножество условий полета на этапе набора высоты при условии приближения к предельным значениям;

M_{y20} - подмножество условий полета на этапе набора высоты при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y21} - подмножество условий полета на этапе полета по маршруту при нормальных условиях;

M_{y22} - подмножество условий полета на этапе полета по маршруту при условии нажатия кнопок;

M_{y23} - подмножество условий полета на этапе полета по маршруту при условии приближения к предельным значениям;

M_{y24} - подмножество условий полета на этапе полета по маршруту при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y25} - подмножество условий полета на этапе посадки до высоты принятия решения при нормальных условиях;

M_{y26} - подмножество условий полета на этапе посадки до высоты принятия решения при условии нажатия кнопок;

M_{y27} - подмножество условий полета на этапе посадки до высоты принятия решения при условии приближения к предельным значениям;

M_{y28} - подмножество условий полета на этапе посадки до высоты принятия решения при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y29} - подмножество условий полета на этапе посадки после высоты принятия решения при нормальных условиях;

M_{y30} - подмножество условий полета на этапе посадки после высоты принятия решения при условии нажатия кнопок;

M_{y31} - подмножество условий полета на этапе посадки после высоты принятия решения при условии приближения к предельным значениям;

M_{y32} - подмножество условий полета на этапе посадки после высоты принятия решения при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y33} - подмножество условий полета на этапе пробега при нормальных условиях;

M_{y34} - подмножество условий полета на этапе пробега при условии нажатия кнопок;

M_{y35} - подмножество условий полета на этапе пробега при условии приближения к предельным значениям;

M_{y36} - подмножество условий полета на этапе пробега при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям;

M_{y37} - подмножество условий полета на этапе за руливания при нормальных условиях;

M_{y38} - подмножество условий полета на этапе за руливания при условии нажатия кнопок;

M_{y39} - подмножество условий полета на этапе за руливания при условии приближения к предельным значениям;

M_{y40} - подмножество условий полета на этапе заруливания при условии нажатия кнопок и при условии приближения к предельным значениям.

Подмножества условий полета на этапе руления представляет собой группы элементов (этапа руления и условий полета) принадлежащих множествам M_{y1} , M_{y2} , M_{y3} , M_{y4} (3.6.3).

$$\begin{aligned} M_{y1} &= \{\mathcal{E}_1, C_1, \overline{C_2}, \overline{C_3}\} \\ M_{y2} &= \{\mathcal{E}_1, C_1, C_2, \overline{C_3}\} \\ M_{y3} &= \{\mathcal{E}_1, C_1, \overline{C_2}, C_3\} \\ M_{y4} &= \{\mathcal{E}_1, C_1, C_2, C_3\}, \end{aligned} \quad (3.6.3)$$

где C_1 - нормальные условия отображения;

C_2 - условие наличия нажатых кнопок;

C_3 - условие приближения к предельным значениям;

$\overline{C_2}$ - отсутствие условия наличия нажатых кнопок;

$\overline{C_3}$ - отсутствие условия приближения к предельным значениям.

Операции на множествах можно графически представить в виде кругов Эйлера-Венна, когда множествам сопоставляются замкнутые фигуры на плоскости, взаимное расположение которых определяет результат операции [83].

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе разбега представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.1.

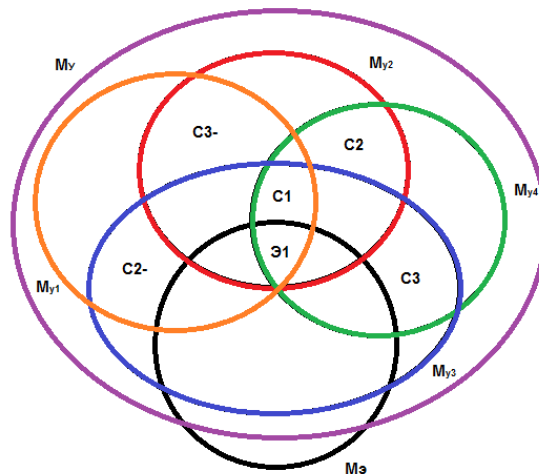


Рисунок 3.6.1 – Отношение множеств на этапе руления

Подмножества условий полета на этапе разбега до скорости принятия решения представляет собой группы элементов (этапа разбега до скорости принятия решения и условий полета) принадлежащих множествам M_{y5} , M_{y6} , M_{y7} , M_{y8} (3.6.4).

$$\begin{aligned}
 M_{y5} &= \{\bar{\alpha}_2, C_1, \bar{C}_2, \bar{C}_3\} \\
 M_{y6} &= \{\bar{\alpha}_2, C_1, C_2, \bar{C}_3\} \\
 M_{y7} &= \{\bar{\alpha}_2, C_1, \bar{C}_2, C_3\} \\
 M_{y8} &= \{\bar{\alpha}_2, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.4}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе разбега до скорости принятия решения представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.2.

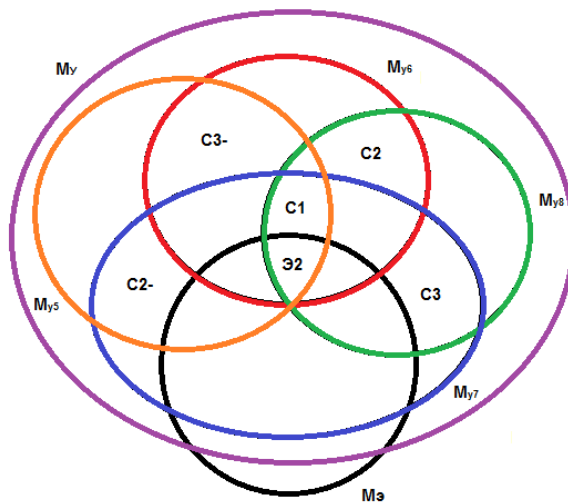


Рисунок 3.6.2 – Отношение множеств на этапе разбега до скорости принятия решения

Подмножества условий полета на этапе разбега после скорости принятия решения представляет собой группы элементов (этапа разбега после скорости принятия решения и условий полета) принадлежащих множествам M_{y9} , M_{y10} , M_{y11} , M_{y12} (3.6.5).

$$\begin{aligned}
 M_{y9} &= \{\bar{\alpha}_3, C_1, \bar{C}_2, \bar{C}_3\} \\
 M_{y10} &= \{\bar{\alpha}_3, C_1, C_2, \bar{C}_3\} \\
 M_{y11} &= \{\bar{\alpha}_3, C_1, \bar{C}_2, C_3\} \\
 M_{y12} &= \{\bar{\alpha}_3, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.5}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе разбега после скорости принятия решения представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.3.

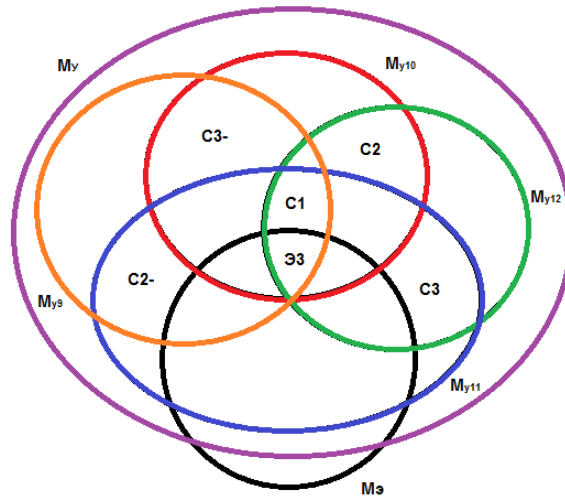


Рисунок 3.6.3 – Отношение множеств на этапе разбега после скорости принятия решения

Подмножества условий полета на этапе взлета представляет собой группы элементов (этапа взлета и условий полета) принадлежащих множествам M_{Y13} , M_{Y14} , M_{Y15} , M_{Y16} (3.6.6).

$$\begin{aligned}
 M_{Y13} &= \{\mathcal{A}_4, C_1, \overline{C_2}, \overline{C_3}\} \\
 M_{Y14} &= \{\mathcal{A}_4, C_1, C_2, \overline{C_3}\} \\
 M_{Y15} &= \{\mathcal{A}_4, C_1, \overline{C_2}, C_3\} \\
 M_{Y16} &= \{\mathcal{A}_4, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.6}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе взлета представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.4.

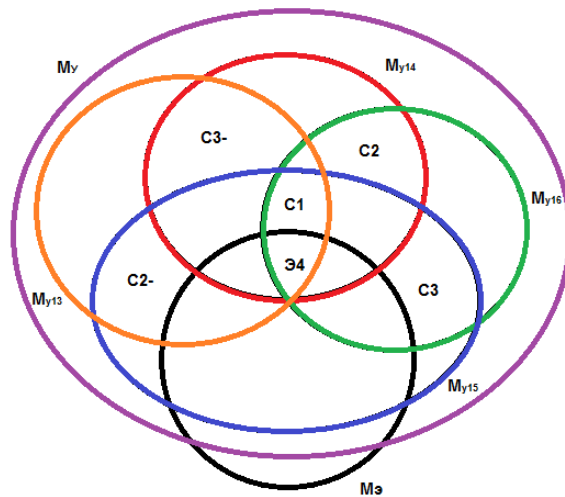


Рисунок 3.6.4 – Отношение множеств на этапе взлета

Подмножества условий полета на этапе набора высоты представляет собой группы элементов (этапа набора высоты и условий полета) принадлежащих множествам $M_{y17}, M_{y18}, M_{y19}, M_{y20}$ (3.6.7).

$$\begin{aligned}
 M_{y17} &= \{\mathcal{E}_5, C_1, \overline{C_2}, \overline{C_3}\} \\
 M_{y18} &= \{\mathcal{E}_5, C_1, C_2, \overline{C_3}\} \\
 M_{y19} &= \{\mathcal{E}_5, C_1, \overline{C_2}, C_3\} \\
 M_{y20} &= \{\mathcal{E}_5, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.7}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе набора высоты представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.5.

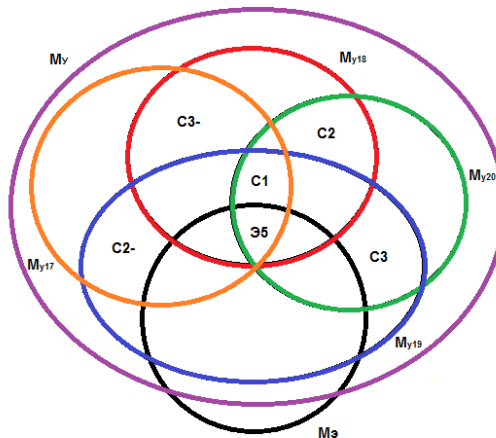


Рисунок 3.6.5 – Отношение множеств на этапе набора высоты

Подмножества условий полета на этапе полета по маршруту представляет собой группы элементов (этапа полета по маршруту и условий полета) принадлежащих множествам $M_{y21}, M_{y22}, M_{y23}, M_{y24}$ (3.6.8).

$$\begin{aligned}
 M_{y21} &= \{\mathcal{E}_6, C_1, \overline{C_2}, \overline{C_3}\} \\
 M_{y22} &= \{\mathcal{E}_6, C_1, C_2, \overline{C_3}\} \\
 M_{y23} &= \{\mathcal{E}_6, C_1, \overline{C_2}, C_3\} \\
 M_{y24} &= \{\mathcal{E}_6, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.8}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе полета по маршруту представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.6.

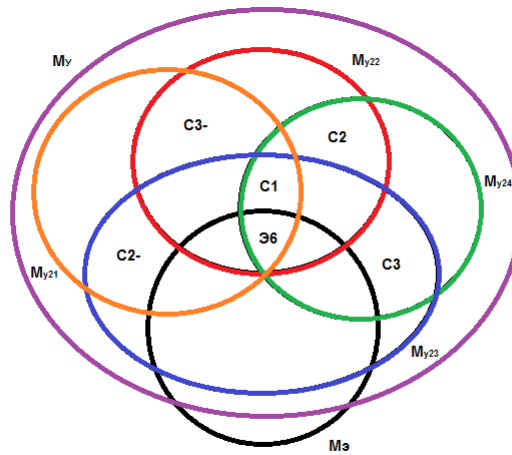


Рисунок 3.6.6 – Отношение множеств на этапе полета по маршруту

Подмножества условий полета на этапе посадки до высоты принятия решения представляет собой группы элементов (этапа посадки до высоты принятия решения и условий полета) принадлежащих множествам $M_{y25}, M_{y26}, M_{y27}, M_{y28}$ (3.6.9).

$$\begin{aligned}
 M_{y25} &= \{\mathcal{E}_7, C_1, \overline{C_2}, \overline{C_3}\} \\
 M_{y26} &= \{\mathcal{E}_7, C_1, C_2, \overline{C_3}\} \\
 M_{y27} &= \{\mathcal{E}_7, C_1, \overline{C_2}, C_3\} \\
 M_{y28} &= \{\mathcal{E}_7, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.9}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе посадки до высоты принятия решения представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.7.

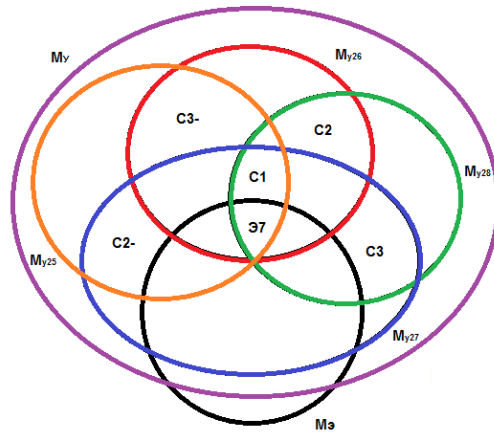


Рисунок 3.6.7 – Отношение множеств на этапе посадки до высоты принятия решения

Подмножество условий полета на этапе посадки после высоты принятия решения представляет собой группы элементов (этапа посадки после высоты принятия решения и условий полета) принадлежащих множествам M_{y29} , M_{y30} , M_{y31} , M_{y32} (3.6.10).

$$\begin{aligned}
 M_{y29} &= \{\bar{\varepsilon}_8, C_1, \bar{C}_2, \bar{C}_3\} \\
 M_{y30} &= \{\bar{\varepsilon}_8, C_1, C_2, \bar{C}_3\} \\
 M_{y31} &= \{\bar{\varepsilon}_8, C_1, \bar{C}_2, C_3\} \\
 M_{y32} &= \{\bar{\varepsilon}_8, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.10}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе посадки после высоты принятия решения представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.8.

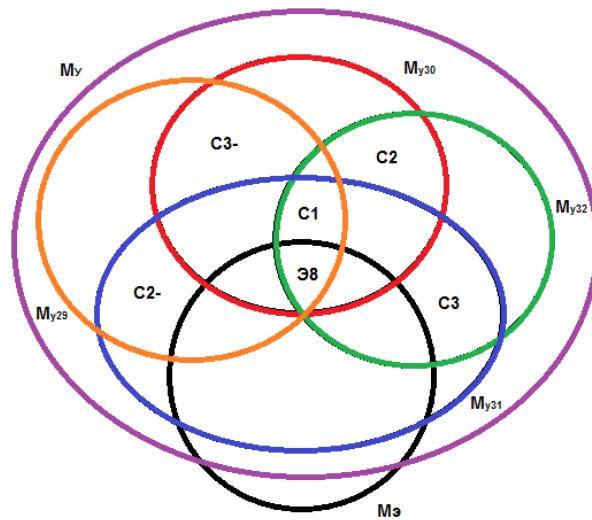


Рисунок 3.6.8 – Отношение множеств на этапе посадки после высоты принятия решения

Подмножества условий полета на этапе пробега представляет собой группы элементов (этапа пробега и условий полета) принадлежащих множествам M_{Y33} , M_{Y34} , M_{Y35} , M_{Y36} (3.6.11).

$$\begin{aligned}
 M_{Y33} &= \{\mathcal{E}_9, C_1, \overline{C_2}, \overline{C_3}\} \\
 M_{Y34} &= \{\mathcal{E}_9, C_1, C_2, \overline{C_3}\} \\
 M_{Y35} &= \{\mathcal{E}_9, C_1, \overline{C_2}, C_3\} \\
 M_{Y36} &= \{\mathcal{E}_9, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned} \tag{3.6.11}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе пробега представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.9.

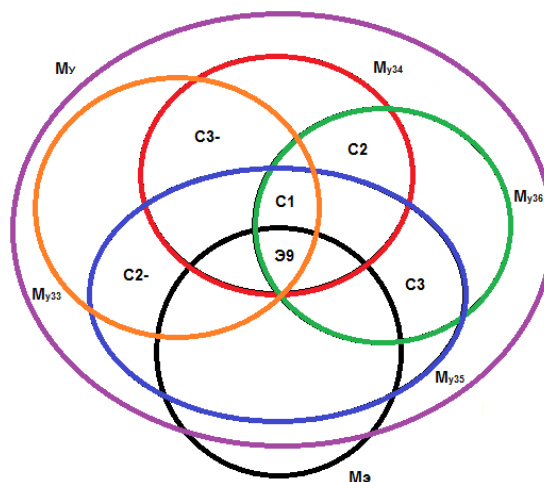


Рисунок 3.6.9 – Отношение множеств на этапе пробега

Подмножества условий полета на этапе за руливания представляет собой группы элементов (этапа за руливания и условий полета) принадлежащих множествам $M_{Y37}, M_{Y38}, M_{Y39}, M_{Y40}$ (3.6.12).

$$\begin{aligned}
 M_{Y37} &= \{\mathcal{E}_{10}, C_1, \overline{C_2}, \overline{C_3}\} \\
 M_{Y38} &= \{\mathcal{E}_{10}, C_1, C_2, \overline{C_3}\} \\
 M_{Y39} &= \{\mathcal{E}_{10}, C_1, \overline{C_2}, C_3\} \\
 M_{Y40} &= \{\mathcal{E}_{10}, C_1, C_2, C_3\}
 \end{aligned}
 \tag{3.6.12}$$

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета на этапе за руливания представлено с помощью диаграмм Эйлера-Венна на рисунке 3.6.10.

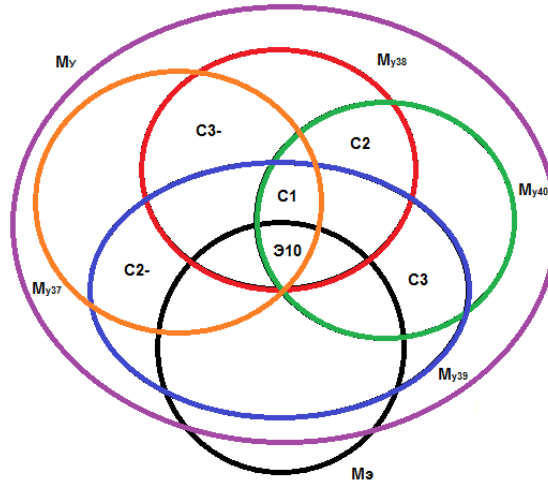


Рисунок 3.6.10 – Отношение множеств на этапе за руливания

Бинарное отношение множеств представляет собой декартово произведение множества $M_{\mathcal{E}}$ и M_Y (3.6.13) и имеет вид согласно 3.6.14.

$$M = \{(\mathcal{E}_i, Y_i) / \mathcal{E}_i \in M_{\mathcal{E}}, Y_i \in M_Y\},
 \tag{3.6.13}$$

где $Y_i = M_{Yi}$.

$$R_2 = \left\{ \begin{aligned}
 &(\mathcal{E}_1, Y_1)(\mathcal{E}_1, Y_2)(\mathcal{E}_1, Y_3)(\mathcal{E}_1, Y_4)(\mathcal{E}_2, Y_5)(\mathcal{E}_2, Y_6)(\mathcal{E}_2, Y_7)(\mathcal{E}_2, Y_8) \\
 &(\mathcal{E}_3, Y_9)(\mathcal{E}_3, Y_{10})(\mathcal{E}_3, Y_{11})(\mathcal{E}_3, Y_{12})(\mathcal{E}_4, Y_{13})(\mathcal{E}_4, Y_{14})(\mathcal{E}_4, Y_{15}) \\
 &(\mathcal{E}_4, Y_{16})(\mathcal{E}_5, Y_{17})(\mathcal{E}_5, Y_{18})(\mathcal{E}_5, Y_{19})(\mathcal{E}_5, Y_{20})(\mathcal{E}_6, Y_{21})(\mathcal{E}_6, Y_{22}) \\
 &(\mathcal{E}_6, Y_{23})(\mathcal{E}_6, Y_{24})(\mathcal{E}_7, Y_{25})(\mathcal{E}_7, Y_{26})(\mathcal{E}_7, Y_{27})(\mathcal{E}_7, Y_{28})(\mathcal{E}_8, Y_{29}) \\
 &(\mathcal{E}_8, Y_{30})(\mathcal{E}_8, Y_{31})(\mathcal{E}_8, Y_{32})(\mathcal{E}_9, Y_{33})(\mathcal{E}_9, Y_{34})(\mathcal{E}_9, Y_{35})(\mathcal{E}_9, Y_{36}) \\
 &(\mathcal{E}_{10}, Y_{37})(\mathcal{E}_{10}, Y_{38})(\mathcal{E}_{10}, Y_{39})(\mathcal{E}_{10}, Y_{40})
 \end{aligned} \right\},
 \tag{3.6.14}$$

где R - бинарное отношение.

С учетом регламентированных Авиационными правилами требований к пилотажно-навигационному оборудованию (п. 8.2.1 АП-25) для каждого пилота на экранах комплексных пилотажных индикаторов (КПИ) должна индицироваться следующая информация [6]:

1) Параметрическая:

- приборная скорость;
- максимальная эксплуатационная приборная скорость;
- барометрическая высота;
- вертикальная скорость;
- выставленное барометрическое давление;
- крен;
- тангаж;
- курс;
- скольжение;
- текущее значение числа M с индикацией максимального эксплуатационного значения числа M ;
- текущий угол атаки с индикацией допустимого угла атаки на самолете, не имеющем признаков, предупреждающих о приближении к сваливанию.

Согласно АП-25 допускается не индицировать число M на взлете, при заходе на посадку и посадке.

2) Сигнальная:

- о достижении максимальной эксплуатационной приборной скорости;
- автономный магнитный компас;
- часы с секундомером;
- индикатор температуры наружного воздуха (по вызову или непрерывно);
- о достижении допустимых в эксплуатации углов крена на самолете, имеющем ограничения по углу крена;
- о приближении к сваливанию;

- о достижении максимального эксплуатационного значения числа М на самолете, имеющем ограничения по числу М.

На экранах комплексных индикаторов навигационной обстановки (КИНО) должна индицироваться следующая информация:

- курс;
- признак индицируемого курса;
- координаты текущего места самолета.

Указанная параметрическая и сигнальная информация, согласно АП-25 должна индицироваться на протяжении всего полета и вне зависимости от режимов работы КПИ и КИНО, однако допускается не индицировать число М на взлете, при заходе на посадку и посадке.

Логика адаптивного формирования состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации в индикаторе имеет вид, представленный в 3.6.15, и не противоречит требованиям АП-25 к пилотажно-навигационному оборудованию.

$$\begin{aligned}
 O = & (\mathcal{A}_1 \cap \mathcal{Y}_1) \cup (\mathcal{A}_1 \cap \mathcal{Y}_2) \cup (\mathcal{A}_1 \cap \mathcal{Y}_3) \cup (\mathcal{A}_1 \cap \mathcal{Y}_4) \cup (\mathcal{A}_2 \cap \mathcal{Y}_5) \cup \\
 & \cup (\mathcal{A}_2 \cap \mathcal{Y}_6) \cup (\mathcal{A}_2 \cap \mathcal{Y}_7) \cup (\mathcal{A}_2 \cap \mathcal{Y}_8) \cup (\mathcal{A}_3 \cap \mathcal{Y}_9) \cup (\mathcal{A}_3 \cap \mathcal{Y}_{10}) \cup \\
 & \cup (\mathcal{A}_3 \cap \mathcal{Y}_{11}) \cup (\mathcal{A}_3 \cap \mathcal{Y}_{12}) \cup (\mathcal{A}_4 \cap \mathcal{Y}_{13}) \cup (\mathcal{A}_4 \cap \mathcal{Y}_{14}) \cup (\mathcal{A}_4 \cap \mathcal{Y}_{15}) \cup \\
 & \cup (\mathcal{A}_4 \cap \mathcal{Y}_{16}) \cup (\mathcal{A}_5 \cap \mathcal{Y}_{17}) \cup (\mathcal{A}_5 \cap \mathcal{Y}_{18}) \cup (\mathcal{A}_5 \cap \mathcal{Y}_{19}) \cup (\mathcal{A}_5 \cap \mathcal{Y}_{20}) \cup \quad (3.6.15) \\
 & \cup (\mathcal{A}_6 \cap \mathcal{Y}_{21}) \cup (\mathcal{A}_6 \cap \mathcal{Y}_{22}) \cup (\mathcal{A}_6 \cap \mathcal{Y}_{23}) \cup (\mathcal{A}_6 \cap \mathcal{Y}_{24}) \cup (\mathcal{A}_7 \cap \mathcal{Y}_{25}) \cup \\
 & \cup (\mathcal{A}_7 \cap \mathcal{Y}_{26}) \cup (\mathcal{A}_7 \cap \mathcal{Y}_{27}) \cup (\mathcal{A}_7 \cap \mathcal{Y}_{28}) \cup (\mathcal{A}_8 \cap \mathcal{Y}_{29}) \cup (\mathcal{A}_8 \cap \mathcal{Y}_{30}) \cup \\
 & \cup (\mathcal{A}_8 \cap \mathcal{Y}_{31}) \cup (\mathcal{A}_8 \cap \mathcal{Y}_{32}) \cup (\mathcal{A}_9 \cap \mathcal{Y}_{33}) \cup (\mathcal{A}_9 \cap \mathcal{Y}_{34}) \cup (\mathcal{A}_9 \cap \mathcal{Y}_{35}) \cup \\
 & \cup (\mathcal{A}_9 \cap \mathcal{Y}_{36}) \cup (\mathcal{A}_{10} \cap \mathcal{Y}_{37}) \cup (\mathcal{A}_{10} \cap \mathcal{Y}_{38}) \cup (\mathcal{A}_{10} \cap \mathcal{Y}_{39}) \cup (\mathcal{A}_{10} \cap \mathcal{Y}_{40}),
 \end{aligned}$$

где O - отображение пилотажной информации;

\cap - Логическое «И»;

\cup - логическое «ИЛИ».

$$\begin{aligned}
 \mathcal{Y}_1 = & \mathcal{A}_1 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \\
 & \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathcal{Y}_2 = & \mathcal{A}_1 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \\
 & \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9}
 \end{aligned}$$

$$y_3 = \vartheta_1 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8}$$

$$y_4 = \vartheta_1 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9}$$

$$y_5 = \vartheta_2 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}$$

$$y_6 = \vartheta_2 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}$$

$$y_7 = \vartheta_2 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_7 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{16.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}$$

$$y_8 = \vartheta_2 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_7 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{16.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}$$

$$\begin{aligned}
Y_9 = \mathfrak{A}_3 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \\
& \cap \Pi_{2.8} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \\
& \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.8} \cap \\
& \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \\
& \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \\
& \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{10} = \mathfrak{A}_3 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.8} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \\
& \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \\
& \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \\
& \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \\
& \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \\
& \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.5} \cap \\
& \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{11} = \mathfrak{A}_3 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.8} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \\
& \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \\
& \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \Pi_{10.9} \cap \\
& \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \\
& \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \\
& \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \\
& \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{12} = \mathfrak{A}_3 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \\
& \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.8} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \\
& \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \\
& \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \\
& \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \\
& \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \\
& \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \\
& \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \\
& \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{22.1} \cap \\
& \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{13} = \exists_4 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \\
& \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \\
& \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \\
& \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \\
& \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \\
& \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{14} = \exists_4 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \\
& \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.4} \cap \\
& \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \\
& \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \\
& \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \\
& \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \\
& \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{15} = \exists_4 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \\
& \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \\
& \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \\
& \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \\
& \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \\
& \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \\
& \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{21.1} \cap \\
& \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{16} = \mathfrak{A}_4 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \\
& \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.7} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \\
& \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \\
& \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \\
& \cap \Pi_{11.2} \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \\
& \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \\
& \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \\
& \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \\
& \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{19.1} \cap \\
& \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \\
& \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \\
& \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{17} = \mathfrak{A}_5 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.9} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \\
& \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \\
& \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \\
& \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{20.1} \cap \\
& \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{18} = \mathfrak{A}_5 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \\
& \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \\
& \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \\
& \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \\
& \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{19.1} \cap \\
& \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \\
& \cap \Pi_{21.3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{19} = \mathfrak{A}_5 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \\
& \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \\
& \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \\
& \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \\
& \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \\
& \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \\
& \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \\
& \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \\
& \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{20} = \mathfrak{A}_5 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \\
& \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.9} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \\
& \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \\
& \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \\
& \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \\
& \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \\
& \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \\
& \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \\
& \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \\
& \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \\
& \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{21} = \mathfrak{A}_6 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.2} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \\
& \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.15} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_{8.1} \cap \\
& \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \\
& \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{21.1} \cap \\
& \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{22} = \mathfrak{A}_6 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.2} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.15} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \\
& \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.5} \cap \\
& \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \\
& \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.11} \cap \\
& \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \\
& \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{23} = \mathfrak{A}_6 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.2} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.15} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \\
& \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \\
& \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.9} \cap \\
& \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \\
& \cap \Pi_{16.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \\
& \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{21.1} \cap \\
& \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{24} = \mathfrak{A}_6 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.2} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \\
& \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.15} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \\
& \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \\
& \cap \Pi_{10.3} \cap \Pi_{10.4} \cap \Pi_{10.5} \cap \Pi_{10.6} \cap \Pi_{10.7} \cap \Pi_{10.8} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \Pi_{11.3} \cap \\
& \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \\
& \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \\
& \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{16.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \\
& \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \\
& \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \\
& \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{25} = \mathfrak{A}_7 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \\
& \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \\
& \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.2} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \\
& \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{14.1} \cap \Pi_{14.2} \cap \Pi_{14.4} \cap \\
& \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \\
& \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{17.15} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.3} \cap \\
& \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{26} = \mathfrak{A}_7 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \\
& \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.2} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \\
& \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \\
& \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{14.1} \cap \Pi_{14.2} \cap \Pi_{14.4} \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{14.7} \cap \Pi_{14.8} \cap \Pi_{14.9} \cap \\
& \cap \Pi_{14.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \\
& \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{17.15} \cap \\
& \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \\
& \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{27} = \mathfrak{A}_7 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \\
& \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.2} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \\
& \cap \Pi_{11.2} \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \\
& \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{14.1} \cap \\
& \cap \Pi_{14.2} \cap \Pi_{14.3} \cap \Pi_{14.4} \cap \Pi_{14.5} \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \\
& \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \\
& \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{17.15} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.3} \cap \\
& \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{28} = \mathfrak{A}_7 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \\
& \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \\
& \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \\
& \cap \Pi_{10.2} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.5} \cap \\
& \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \Pi_{13.1} \cap \\
& \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{14.1} \cap \\
& \cap \Pi_{14.2} \cap \Pi_{14.3} \cap \Pi_{14.4} \cap \Pi_{14.5} \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{14.7} \cap \Pi_{14.8} \cap \Pi_{14.9} \cap \Pi_{14.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \\
& \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \\
& \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{17.15} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \\
& \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \\
& \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \\
& \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{29} = \exists_8 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \\
& \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \\
& \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.2} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \\
& \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{14.1} \cap \Pi_{14.2} \cap \\
& \cap \Pi_{14.4} \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.3} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \\
& \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{17.15} \cap \Pi_{20.1} \cap \\
& \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{30} = \exists_8 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \\
& \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.2} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.4} \cap \Pi_{12.7} \cap \\
& \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \\
& \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{14.1} \cap \Pi_{14.2} \cap \Pi_{14.4} \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{14.7} \cap \Pi_{14.8} \cap \\
& \cap \Pi_{14.9} \cap \Pi_{14.10} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.3} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \\
& \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \\
& \cap \Pi_{17.15} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \\
& \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{31} = \exists_8 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \\
& \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.2} \cap \\
& \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.8} \cap \\
& \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \\
& \cap \Pi_{13.10} \cap \Pi_{14.1} \cap \Pi_{14.2} \cap \Pi_{14.3} \cap \Pi_{14.4} \cap \Pi_{14.5} \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.3} \cap \\
& \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \\
& \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{17.15} \cap \Pi_{18.1} \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{20.1} \cap \\
& \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{22.1} \cap \Pi_{22.2} \cap \Pi_{22.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{32} = \mathfrak{A}_8 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{1.4} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \\
& \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \\
& \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_7 \cap \Pi_{8.1} \cap \Pi_{8.2} \cap \Pi_9 \cap \\
& \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{10.2} \cap \Pi_{10.9} \cap \Pi_{11.1} \cap \Pi_{11.2} \cap \Pi_{11.3} \cap \Pi_{12.1} \cap \Pi_{12.2} \cap \Pi_{12.3} \cap \Pi_{12.4} \cap \\
& \cap \Pi_{12.5} \cap \Pi_{12.6} \cap \Pi_{12.7} \cap \Pi_{12.8} \cap \Pi_{12.9} \cap \Pi_{12.10} \cap \Pi_{12.11} \cap \Pi_{12.12} \cap \Pi_{12.13} \cap \\
& \cap \Pi_{13.1} \cap \Pi_{13.2} \cap \Pi_{13.3} \cap \Pi_{13.4} \cap \Pi_{13.5} \cap \Pi_{13.6} \cap \Pi_{13.7} \cap \Pi_{13.8} \cap \Pi_{13.9} \cap \Pi_{13.10} \cap \\
& \cap \Pi_{14.1} \cap \Pi_{14.2} \cap \Pi_{14.3} \cap \Pi_{14.4} \cap \Pi_{14.5} \cap \Pi_{14.6} \cap \Pi_{14.7} \cap \Pi_{14.8} \cap \Pi_{14.9} \cap \Pi_{14.10} \cap \\
& \cap \Pi_{15.1} \cap \Pi_{15.2} \cap \Pi_{16.3} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.4} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \\
& \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9} \cap \Pi_{17.10} \cap \Pi_{17.11} \cap \Pi_{17.12} \cap \Pi_{17.13} \cap \Pi_{17.14} \cap \Pi_{17.15} \cap \Pi_{18.1} \cap \\
& \cap \Pi_{18.2} \cap \Pi_{18.3} \cap \Pi_{18.4} \cap \Pi_{18.5} \cap \Pi_{18.6} \cap \Pi_{19.1} \cap \Pi_{19.2} \cap \Pi_{19.3} \cap \Pi_{19.4} \cap \Pi_{19.5} \cap \\
& \cap \Pi_{20.1} \cap \Pi_{20.2} \cap \Pi_{20.3} \cap \Pi_{20.4} \cap \Pi_{21.1} \cap \Pi_{21.2} \cap \Pi_{21.3} \cap \Pi_{22.4} \cap \Pi_{22.5} \cap \Pi_{22.6} \cap \\
& \cap \Pi_{22.7} \cap \Pi_{22.8} \cap \Pi_{22.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{33} = \mathfrak{A}_9 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \\
& \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \\
& \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{34} = \mathfrak{A}_9 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \\
& \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{35} = \mathfrak{A}_9 \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \Pi_{2.10} \cap \\
& \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \\
& \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{36} = \mathfrak{A}_9 \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = & \Pi_{1.1} \cap \Pi_{1.2} \cap \Pi_{1.3} \cap \Pi_{2.1} \cap \Pi_{2.3} \cap \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.5} \cap \Pi_{2.6} \cap \\
& \cap \Pi_{2.10} \cap \Pi_{2.11} \cap \Pi_{2.12} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.14} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{2.18} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \\
& \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{5.1} \cap \Pi_{5.2} \cap \Pi_{5.3} \cap \Pi_{5.4} \cap \Pi_6 \cap \Pi_{10.1} \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \\
& \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{37} = \mathfrak{A}_{10} \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap \overline{C_3} = & \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \\
& \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{38} = \mathfrak{A}_{10} \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C_3} = & \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{2.17} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \\
& \cap \Pi_{17.1} \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.3} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8} \cap \Pi_{17.9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{39} = \mathfrak{A}_{10} \cap C_1 \cap \overline{C_2} \cap C_3 = & \Pi_{2.4} \cap \Pi_{2.13} \cap \Pi_{2.16} \cap \Pi_{3.1} \cap \Pi_{3.2} \cap \Pi_{4.1} \cap \Pi_{4.2} \cap \Pi_{17.1} \cap \\
& \cap \Pi_{17.2} \cap \Pi_{17.5} \cap \Pi_{17.6} \cap \Pi_{17.7} \cap \Pi_{17.8}
\end{aligned}$$

$$Y_{40} = \mathcal{E}_{10} \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = P_{2.4} \cap P_{2.13} \cap P_{2.16} \cap P_{2.17} \cap P_{3.1} \cap P_{3.2} \cap P_{4.1} \cap P_{4.2} \cap P_{17.1} \cap P_{17.2} \cap P_{17.3} \cap P_{17.5} \cap P_{17.6} \cap P_{17.7} \cap P_{17.8} \cap P_{17.9}$$

$P_{1.1}$ - шкала угла атаки;

$P_{1.2}$ - индекс текущего угла атаки;

$P_{1.3}$ - индекс допустимого угла атаки;

$P_{1.4}$ - сигнализация предельного угла атаки;

$P_{2.1}$ - счетчик заданной приборной скорости в узлах;

$P_{2.2}$ - счетчик заданного числа Маха;

$P_{2.3}$ - счетчик заданной приборной скорости в км/ч;

$P_{2.4}$ - шкала приборной скорости;

$P_{2.5}$ - индекс заданной приборной скорости;

$P_{2.6}$ - индекс максимально допустимой приборной скорости;

$P_{2.7}$ - индекс безопасной скорости взлета;

$P_{2.8}$ - индекс скорости подъема передней стойки шасси;

$P_{2.9}$ - индекс скорости принятия решения при взлете;

$P_{2.10}$ - вектор прогнозируемого изменения приборной скорости;

$P_{2.11}$ - сигнализация достижения минимально допустимой приборной скорости, скорости, соответствующей допустимому углу атаки, сдвига ветра;

$P_{2.12}$ - индексы скоростей выпуска-уборки закрылков;

$P_{2.13}$ - индекс минимально допустимой приборной скорости;

$P_{2.14}$ - индекс приборной скорости, соответствующей допустимому углу атаки;

$P_{2.15}$ - счетчик текущего числа Маха;

$P_{2.16}$ - счетчик текущей приборной скорости в узлах;

$P_{2.17}$ - счетчик текущей приборной скорости в км/ч;

$P_{2.18}$ - сигнализация достижения максимально допустимой приборной скорости;

$P_{3.1}$ - индекс «Вертикаль»;

$P_{3.2}$ - силуэт самолета;

$P_{4.1}$ - фон «Небо-Земля»;

$P_{4.2}$ - линия авиагоризонта;

$P_{5.1}$ - индекс «Зенит»;

- П*_{5.2} - сигнализация предельного крена;
- П*_{5.3} - шкала крена;
- П*_{5.4} - индекс допустимого угла крена;
- П*₆ - шкала тангажа;
- П*₇ - индекс боковой перегрузки;
- П*_{8.1} - команда директорного управления в продольной плоскости;
- П*_{8.2} - команда директорного управления в боковой плоскости;
- П*₉ - символ безопасности;
- П*_{10.1} - информация от готовности автомата тяги;
- П*_{10.2} - информация о категории посадки;
- П*_{10.3} - информация о подготовленном режиме управления в канале тяги;
- П*_{10.4} - информация о выполняемом режиме управления в канале тяги;
- П*_{10.5} - информация о подготовленном режиме управления в боковом канале;
- П*_{10.6} - информация о выполняемом режиме управления в боковом канале;
- П*_{10.7} - информация о подготовленном режиме управления в продольном канале;
- П*_{10.8} - информация о выполняемом режиме управления в продольном канале;
- П*_{10.9} - информация о выбранном способе управления полетом;
- П*_{11.1} - аварийная сигнализация;
- П*_{11.2} - сигнализация пролета маркерного маяка;
- П*_{11.3} - сигнализация недопустимой скорости снижения;
- П*_{12.1} - шкала барометрической высоты;
- П*_{12.2} - счетчик основного барометрического давления QNH, QFE или STD;
- П*_{12.3} - сигнализация необходимости ввода основного барометрического давления QNH, QFE;
- П*_{12.4} - технологический счетчик ввода барометрического давления;
- П*_{12.5} - счетчик дополнительного барометрического давления QNH, QFE;
- П*_{12.6} - счетчик дополнительной барометрической высоты в футах;
- П*_{12.7} - счетчик дополнительной барометрической высоты в метрах;
- П*_{12.8} - индекс абсолютной высоты КТА/ВПП;
- П*_{12.9} - счетчик основной барометрической высоты в футах;

- П*_{12.10} - счетчик основной барометрической высоты в метрах;
- П*_{12.11} - индекс заданной барометрической высоты;
- П*_{12.12} - счетчик заданной барометрической высоты в футах;
- П*_{12.13} - счетчик заданной барометрической высоты в метрах;
- П*_{13.1} - шкала вертикальной скорости;
- П*_{13.2} - индекс текущей вертикальной скорости;
- П*_{13.3} - счетчик текущей вертикальной скорости в фут/мин;
- П*_{13.4} - счетчик заданной вертикальной скорости в фут/мин;
- П*_{13.5} - счетчик заданной вертикальной скорости в м/с;
- П*_{13.6} - счетчик текущей вертикальной скорости в м/с;
- П*_{13.7} - команда на вертикальное маневрирование;
- П*_{13.8} - индекс заданной вертикальной скорости;
- П*_{13.9} - сигнализация предельной вертикальной скорости;
- П*_{13.10} - символ отображения вертикальной скорости в тысячах футов;
- П*_{14.1} - основная шкала отклонения от глиссады снижения;
- П*_{14.2} - основной индекс отклонения от глиссады снижения;
- П*_{14.3} - сигнализация достижения предельного отклонения от глиссады снижения;
- П*_{14.4} - основная шкала отклонения от курса посадки;
- П*_{14.5} - сигнализация достижения предельного отклонения от курса посадки;
- П*_{14.6} - основной индекс отклонения от курса посадки;
- П*_{14.7} - дополнительная шкала отклонения от курса посадки;
- П*_{14.8} - дополнительный индекс отклонения от курса посадки;
- П*_{14.9} - дополнительная шкала отклонения от глиссады снижения;
- П*_{14.10} - дополнительный индекс отклонения от глиссады снижения;
- П*_{15.1} - индекс радиовысоты;
- П*_{15.2} - счетчик радиовысоты;
- П*_{16.1} - технологический счетчик ввода высоты принятия решения или минимальной высоты снижения;
- П*_{16.2} - счетчик высоты принятия решения;
- П*_{16.3} - счетчик минимальной высоты снижения;

- П*_{17.1} - шкала курса;
- П*_{17.2} - индекс заданного путевого угла или заданного курса;
- П*_{17.3} - индекс азимута на маяк VOR №1 или индекс курсового угла ОПРС №1;
- П*_{17.4} - индекс курса ВПП;
- П*_{17.5} - счетчик заданного направления;
- П*_{17.6} - счетчик текущего курса;
- П*_{17.7} - индекс текущего путевого угла;
- П*_{17.8} - индекс заданного азимута;
- П*_{17.9} - индекс азимута на маяк VOR №2 или индекс курсового угла ОПРС №2;
- П*_{17.10} - индекс заданного направления ЛЗП;
- П*_{17.11} - признак полета на (от) маяк VOR;
- П*_{17.12} - шкала отклонения от заданного азимута (курса посадки);
- П*_{17.13} - индекс отклонения от заданного азимута;
- П*_{17.14} - шкала курсовых углов радиостанции;
- П*_{17.15} - дополнительный счетчик курса ВПП;
- П*_{18.1} - символ соседнего самолета;
- П*_{18.2} - зона для отображения информации СПС о соседних самолетах, для которых не определен пеленг;
- П*_{18.3} - признак индикации в сотнях футов высоты воздушной обстановки;
- П*_{18.4} - признак выбранного режима отображения высоты воздушной обстановки;
- П*_{18.5} - счетчик абсолютной высоты собственного самолета;
- П*_{18.6} - признак выбранного диапазона обзора по высоте воздушной обстановки;
- П*_{19.1} - признак, частота настройки АРК2 или VOR2;
- П*_{19.2} - признак, частота настройки DME2;
- П*_{19.3} - признак, частота настройки DME1;
- П*_{19.4} - признак, частота настройки АРК1 или VOR1;
- П*_{19.5} - признак и частота настройки ILS;
- П*_{20.1} - дальность до радиомаяка DME1 в морских милях;
- П*_{20.2} - дальность до радиомаяка DME1 в километрах;
- П*_{20.3} - дальность до радиомаяка DME2 в морских милях;

$P_{20.4}$ - дальность до радиомаяка DME2 в километрах;

$P_{21.1}$ - наименование ППМ-на;

$P_{21.2}$ - расстояние до ППМ-на;

$P_{21.3}$ - время до ППМ-на;

$P_{22.1}$ - шкала нормальной перегрузки;

$P_{22.2}$ - сигнализация достижения максимально допустимой перегрузки;

$P_{22.3}$ - индекс текущей нормальной перегрузки;

$P_{22.4}$ - сигнализация достижения минимально допустимой перегрузки;

$P_{22.5}$ - счетчик максимальной достигнутой перегрузки;

$P_{22.6}$ - счетчик текущей нормальной перегрузки;

$P_{22.7}$ - счетчик минимальной достигнутой перегрузки;

$P_{22.8}$ - индекс минимально допустимой нормальной перегрузки;

$P_{22.9}$ - индекс максимально допустимой перегрузки.

Логическая реализация адаптивного формирования состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации представлена в виде блок-схемы и приведена в приложении В.

3.7 Результаты и выводы

1. Предложен принцип адаптивного функционирования пилотажно-навигационной информации на экране многофункционального индикатора летательного аппарата, заключающийся в отображении тех пилотажно-навигационных параметров, которые полостью характеризуют протекание полета ЛА на текущем этапе.

2. Для реализации адаптивного формирования состава пилотажно-навигационной информации, определены параметры, не выводимые на индикацию в зависимости от этапов полета:

- на этапе руления не отображается шкала угла атаки, счетчик заданного и текущего числа М, шкала крена и тангажа, шкала боковой перегрузки, команды директорного управления, символ безопасности, режимы управления полетом и тягой двигателей, сигнальная информация, шкала барометрической высоты,

шкала вертикальной скорости, отклонение от глиссады и курса посадки, шкала радиовысоты, счетчик высоты принятия решения, воздушная обстановка от СПС, признаки и частоты настройки бортовых радиосредств, дальности до радиомаяков DME, расстояние и время до ППМ-на, шкала нормальной перегрузки;

- на этапе разбега до скорости принятия решения не отображается счетчик заданного и текущего числа M , шкала крена и тангажа, команды директорного управления, символ безопасности, шкала вертикальной скорости, отклонение от глиссады и курса посадки, шкала радиовысоты, расстояние до ППМ-на;

- на этапе разбега от скорости принятия решения до отрыва не отображается счетчик заданного и текущего числа M , отклонение от глиссады и курса посадки;

- на этапе взлета ВС не отображается счетчик заданного и текущего числа M , отклонение от глиссады и курса посадки;

- на этапе набора высоты не отображается счетчик заданного и текущего числа M , отклонение от глиссады и курса посадки;

- на этапе полета по маршруту не отображается счетчик заданной приборной скорости в узлах, отклонение от глиссады и курса посадки, шкала нормальной перегрузки;

- на этапе посадки до высоты принятия решения не отображается счетчик заданного и текущего числа M ;

- на этапе посадки после высоты принятия решения не отображается счетчик заданного и текущего числа M ;

- на этапе пробега не отображается счетчик заданного и текущего числа M , шкала боковой перегрузки, команды директорного управления, символ безопасности, сигнальная информация, шкала барометрической высоты, шкала вертикальной скорости, отклонение от глиссады и курса посадки, шкала радиовысоты, высота принятия решения, воздушная обстановка от СПС, признаки и частоты настройки бортовых радиосредств, дальности до радиомаяков DME, расстояние и время до ППМ-на, шкала нормальной перегрузки;

- на этапе заруливание не отображается шкала угла атаки, счетчик заданного и текущего числа M , шкала крена и тангажа, шкала боковой перегрузки, команды

директорного управления, символ безопасности, режимы управления полетом и тягой двигателей, сигнальная информация, шкала барометрической высоты, шкала вертикальной скорости, отклонение от глиссады и курса посадки, шкала радиовысоты, счетчик высоты принятия решения, воздушная обстановка от СПС, признаки и частоты настройки бортовых радиосредств, дальности до радиомаяков DME, расстояние и время до ППМ-на, шкала нормальной перегрузки.

3. Предложен алгоритм автоматического определения этапа полета на основе логики работы воздушного судна по таким параметрам как: наличие/отсутствие сигнала «шасси обжато», положение топливного крана, скорость, положение рычага управления двигателем, высота;

4. Разработана математическая модель обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации.

4. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЗРИТЕЛЬНАЯ НАГРУЗКА ПИЛОТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА

4.1 Расчет зрительной нагрузки пилотов воздушного судна по пилотажно-навигационной информации

Пилот считывает показания различных элементов СОИ с различной частотой в зависимости от динамичности визуализируемой ими информации и выполняемой пилотажной задачи, «при этом уменьшение доли внимания к тому или иному прибору часто диктуется отсутствием времени, а не уменьшением потребности в информации» [28].

Относительная зрительная нагрузка пилота рассчитывается по формуле 4.1 [41, 43]:

$$\lambda = T_{\phi} \sum_{i=1}^N f_i + T_n \sum_{n=1}^K f_n, \quad (4.1)$$

где: λ - относительная зрительная нагрузка пилота;

T_{ϕ} - среднее время снятия пилотом показания с индикатора;

f_i - минимально необходимая частота наблюдения i -го пилотажного параметра (ПП) ($i = 1, \dots, N_n$);

N_n – число визуализируемых n -ым прибором ПП;

T_n – средняя продолжительность переноса взгляда пилота с одного прибора на другой;

f_n - информативная частота n -го прибора.

Поскольку для оценки зрительной нагрузки пилота рассматривается один ПП, то T_n и f_n принимаем равным 0. Отсюда следует, что расчет относительной зрительной нагрузки пилота по параметрической видеоинформации рассчитывается по формуле 4.2.

Величина λ является оценкой зрительной нагрузки пилота в отношении к максимально возможной зрительной нагрузке при определяемых пилотажной задачей частотах $f_i = 1, \dots, N$, наблюдения ПП и определяемых качеством СОИ величинах T_ϕ , то есть относительной зрительной нагрузкой пилота по параметрической информации.

$$\lambda = T_\phi \sum_{i=1}^N f_i. \quad (4.2)$$

Зависимость затраченного времени контроля ПП на длительность этапа полета определяется неравенством (4.3):

$$T_\phi \cdot \lambda \leq T, \quad (4.3)$$

где T - продолжительность этапа полета.

Из приведенного неравенства видно, что λ позволяет определить какая часть продолжительности этапа полета затрачивается пилотом на контроль ПП [44]. При $\lambda = 1$ пилот тратит все время на зрительный контроль ПП и не имеет резерва времени. При $\lambda < 1$ зрительная нагрузка пилота меньше максимально допустимой и пилот на этом этапе полета обладает резервом времени. При $\lambda > 1$ зрительная нагрузка пилота по контролю ПП превышает предельно допустимую нагрузку.

Согласно таблице 3.2 [18]:

- f_i угла тангажа = 0,350 Гц;
- f_i угла крена = 0,344 Гц;
- f_i отклонения руля направления = 0,250 Гц;
- f_i тяги = 0,184 Гц;
- f_i угла рысканья = 0,390 Гц;
- f_i вертикальной скорости = 0,422 Гц;
- f_i воздушной скорости = 0,250 Гц;
- f_i высоты = 0,250 Гц.

Однако в группу ПП, регулярно контролируемых пилотом, не включены углы атаки и скольжения, так как непосредственное стабилизирующее управление по этим ПП приводит к сильному перерегулированию вследствие

безынерционности углов атаки и скольжения. Кратковременный ступенчатый воздушный порыв, не оказывающий заметного изменения большинства ПП и траектории тяжелого ВС, вызывает мгновенные, весьма значительные отклонения углов α и β , которые при их наблюдении пилотом могут привести к избыточному для стабилизации ВС управлению. Роль индикации углов α и β в задаче стабилизации ВС при заходе на посадку сводится, главным образом, к подтверждению установленного пилотом по динамике других ПП попадания ВС в воздушный порыв. Поскольку данные по углу атаки и скольжения не были учтены в [18], но они постоянно отображаются на приборной панели и влияют на зрительную нагрузку пилота, то для расчета зрительной нагрузки будем считать, что значения частот углов α и β соответствуют минимальной частоте, т.е. 0,184.

Между ПП существуют дифференциальные и кинематические соотношения, приводящие к высоким коэффициентам (порядка 0,4 - 0,5 по [18] между отклонений ряда ПП: между углами крена и курса, между тангажом, вертикальной скоростью, вертикальным отклонением от глиссады и высотой. Эта корреляция позволяет пилоту осуществлять косвенный контроль динамики некоторых ПП по информации, полученной при зрительных обращениях к другим, коррелирующим с ними, полетным параметрам. Такая возможность непрямого получения пилотом дополнительной информации о динамике некоторых ПП теоретически позволяет пилоту несколько сократить частоты их зрительного контроля и, тем самым, уменьшить временные затраты при контроле всей группы ПП без снижения заданного качества контроля.

Поскольку значения частот наблюдения косвенно контролируемых параметров не представлены в [18], то целесообразно считать значения частот равными самому малому значению из представленных значений частот наблюдения ПП.

Согласно [32] продолжительность фиксации взгляда составляет 0,25 - 0,65 с. Оптимальное время снятия пилотом показаний 0,35 - 0,4 с. Снижение этого параметра до 0,3 приводит к увеличению потока информации, что требует от пилота повышение скорости переработки информации на 1/3. Сокращение

величины T_ϕ и, тем самым, снижение относительной зрительной нагрузки пилота путем эргономического совершенствования визуализации ПП изобразительным элементом практически невозможно.

Сокращение средней продолжительности считывания пилотом с индицируемых элементов (ИЭ) параметрической информации относительно значения $T_\phi = 0,35 - 0,4$ с невозможно достигнуть совершенствованием технических способов визуализации ПП изобразительных элементов [27].

Уменьшение информационных потоков по ПП за счет повышения частот зрительных обращений пилота к отдельным ПП на этапах полета, отличающихся высокой зрительной нагрузкой пилота по приборной информации, также невозможно, так как временный баланс пилота по параметрической видеоинформации не позволит существенно увеличить частоты наблюдения основных ПП [22].

Данные для расчета зрительной нагрузки представлены в приложении А и приложении Б.

Информацию, не отображаемую на основном кадре, пилот всегда может посмотреть, принудительно вызвав необходимую информацию на экран многофункционального индикатора. Также для безопасности полета, для каждого параметра введены границы, при превышении которых параметры будут сигнализировать пилоту о превышении, или если на данном этапе полета параметр не отображался, то при приближении этого параметра к предельно-допустимому значению, шкала будет выведена на индикацию [25].

Расчет зрительной нагрузки пилотов при нормальных условиях представлен в таблице 4.1. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,4 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при нормальных условиях ($T_{\phi} = 0,4$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия	Руление	3,054	1,222	0,302	0,121
	Разбег до скорости V1	3,098	1,239	0,757	0,303
	Разбег от V1 до отрыва	3,098	1,239	2,123	0,849
	Взлет	3,119	1,247	2,433	0,973
	Набор	3,089	1,236	2,261	0,904
	Маршрут	3,093	1,237	1,677	0,671
	Посадка до ВПР	3,191	1,276	2,546	1,019
	Посадка после ВПР	3,191	1,276	2,377	0,951
	Пробег	2,978	1,191	1,070	0,428
	Заруливание	2,978	1,191	0,302	0,121

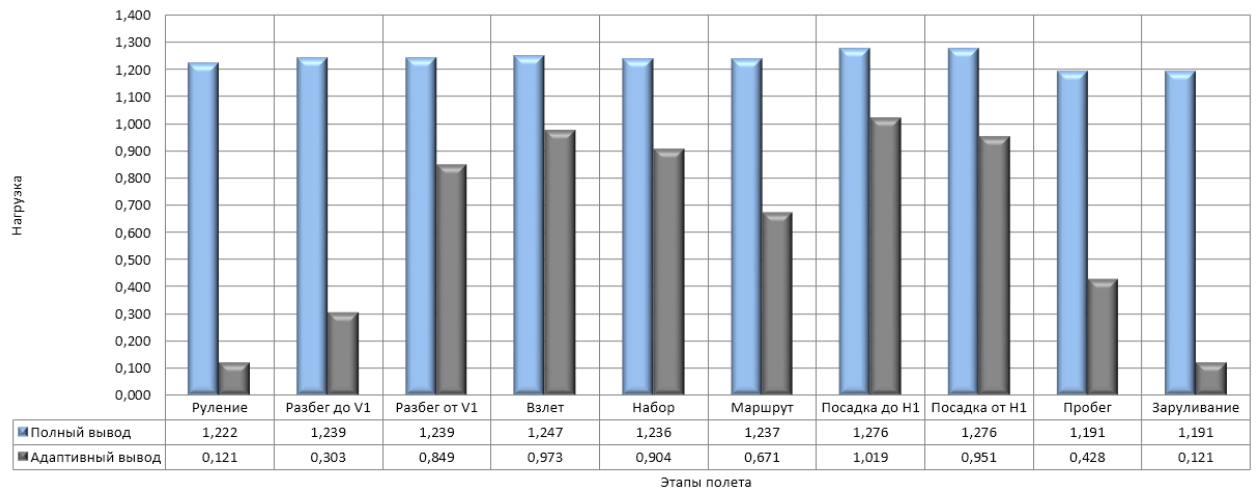


Рисунок 4.1 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при нормальных условиях при $T_{\phi} = 0,4$ с, где V1 - скорость принятия решения, Н1 - высота принятия решения

Расчет зрительной нагрузки пилотов при нормальных условиях представлен в таблице 4.2. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,35 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.2.

Таблица 4.2 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при нормальных условиях ($T_{\phi} = 0,35$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия	Руление	3,054	1,069	0,302	0,106
	Разбег до скорости V1	3,098	1,084	0,757	0,265
	Разбег от V1 до отрыва	3,098	1,084	2,123	0,743
	Взлет	3,119	1,092	2,433	0,852
	Набор	3,089	1,081	2,261	0,791
	Маршрут	3,093	1,082	1,677	0,587
	Посадка до ВПР	3,191	1,117	2,546	0,891
	Посадка после ВПР	3,191	1,117	2,377	0,832
	Пробег	2,978	1,042	1,070	0,375
	Заруливание	2,978	1,042	0,302	0,106

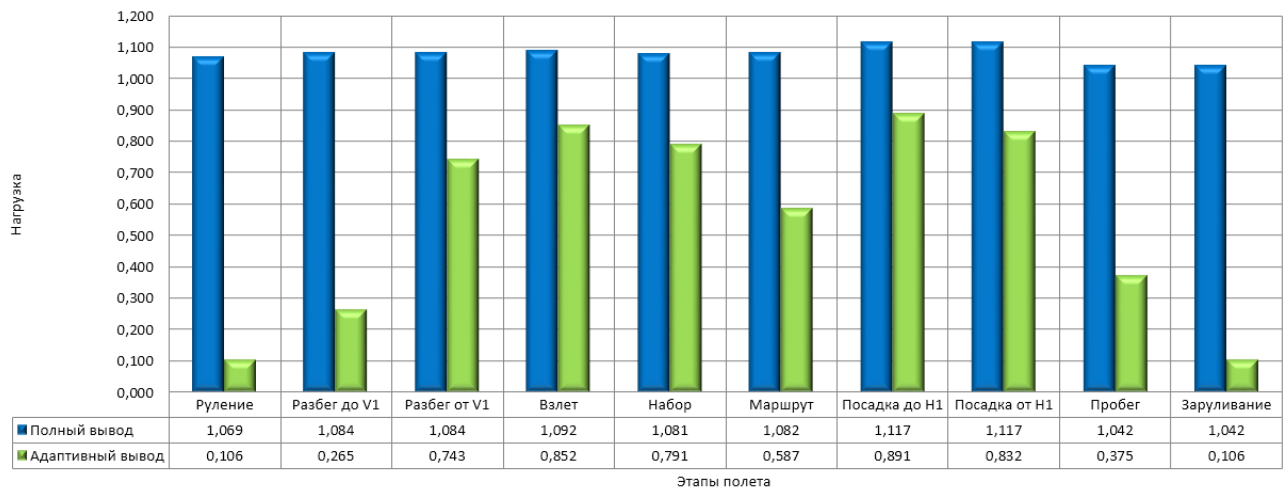


Рисунок 4.2 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при нормальных условиях при $T_{\phi} = 0,35$ с, где V1 - скорость принятия решения, Н1 - высота принятия решения

Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок представлен в таблице 4.3. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,4 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.3.

Таблица 4.3 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок ($T_{\phi} = 0,4$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия и наличие нажатых кнопок	Руление	3,687	1,475	0,341	0,136
	Разбег до скорости V1	3,732	1,493	1,187	0,475
	Разбег от V1 до отрыва	3,732	1,493	2,675	1,070
	Взлет	3,752	1,501	2,986	1,194
	Набор	3,723	1,489	2,752	1,101
	Маршрут	3,812	1,525	2,226	0,890
	Посадка до ВПР	3,824	1,530	3,199	1,280
	Посадка после ВПР	3,824	1,530	3,030	1,212
	Пробег	3,611	1,445	1,124	0,450
	Заруливание	3,611	1,445	0,341	0,136

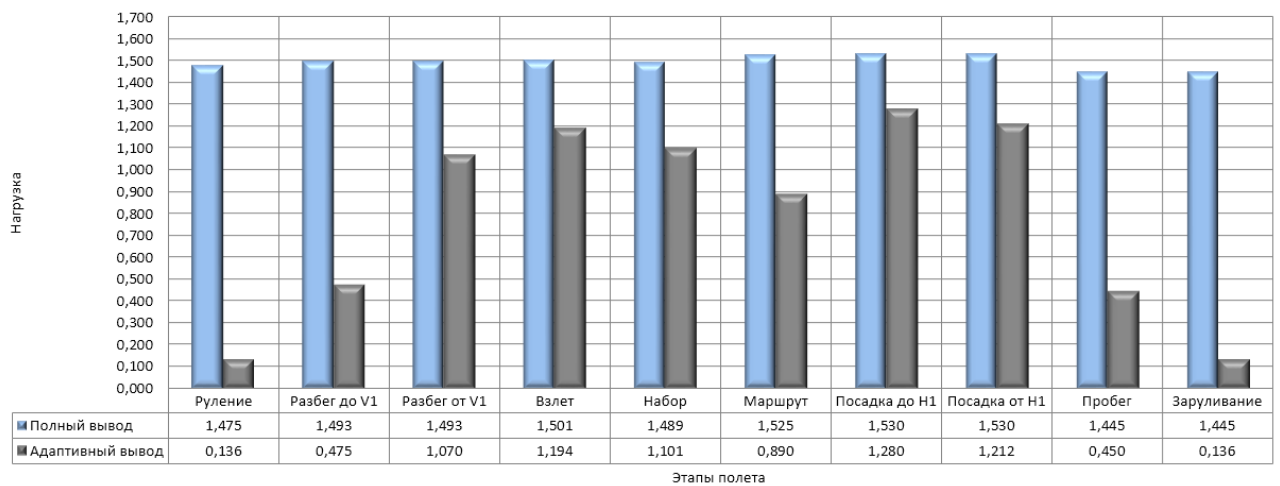


Рисунок 4.3 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при условии наличия нажатых кнопок при $T_{\phi}=0,4$ с, где: V1 - скорость принятия решения, H1 - высота принятия решения

Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок представлен в таблице 4.4. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,35 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.4.

Таблица 4.4 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок ($T_{\phi} = 0,35$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия и наличие нажатых кнопок	Руление	3,687	1,291	0,341	0,119
	Разбег до скорости V1	3,732	1,306	1,187	0,415
	Разбег от V1 до отрыва	3,732	1,306	2,675	0,936
	Взлет	3,752	1,313	2,986	1,045
	Набор	3,723	1,303	2,752	0,963
	Маршрут	3,812	1,334	2,226	0,779
	Посадка до ВПР	3,824	1,338	3,199	1,120
	Посадка после ВПР	3,824	1,338	3,030	1,060
	Пробег	3,611	1,264	1,124	0,394
	Заруливание	3,611	1,264	0,341	0,119

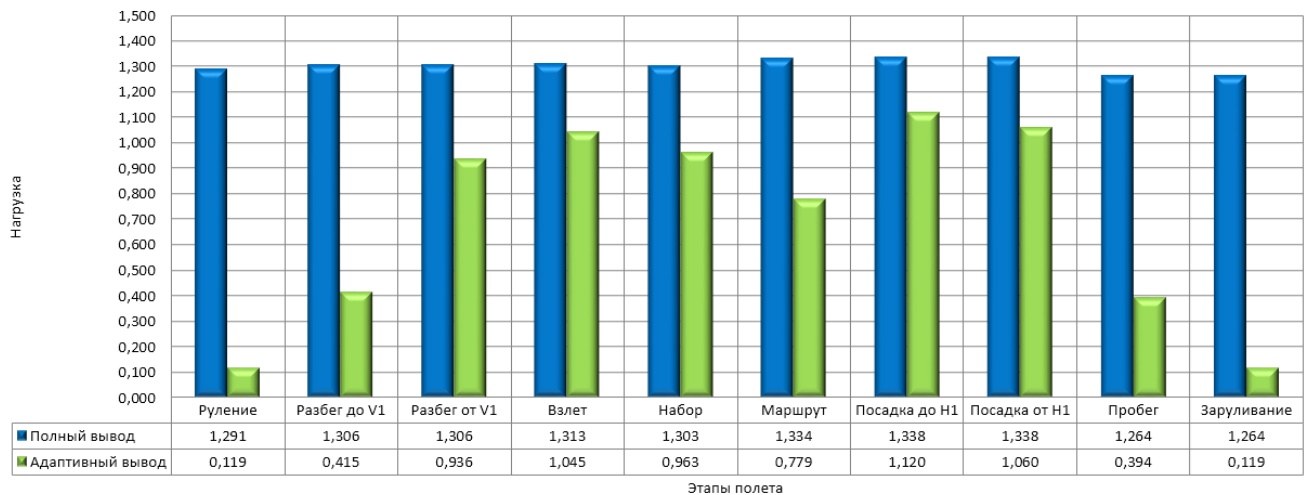


Рисунок 4.4 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при условии наличия нажатых кнопок при $T_{\phi} = 0,35$ с, где V1 - скорость принятия решения, Н1 - высота принятия решения

Расчет зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значениям представлен в таблице 4.5. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,4 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.5.

Таблица 4.5 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значениям ($T_{\phi} = 0,4$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия и приближение к максимально допустимым значениям	Руление	3,802	1,521	0,302	0,121
	Разбег до скорости V1	3,860	1,544	1,364	0,546
	Разбег от V1 до отрыва	3,860	1,544	3,228	1,291
	Взлет	3,881	1,552	3,680	1,472
	Набор	3,852	1,541	3,651	1,460
	Маршрут	3,855	1,542	3,201	1,280
	Посадка до ВПР	3,953	1,581	3,721	1,488
	Посадка после ВПР	3,953	1,581	3,551	1,420
	Пробег	3,740	1,496	1,272	0,509
	Заруливание	3,740	1,496	0,302	0,121

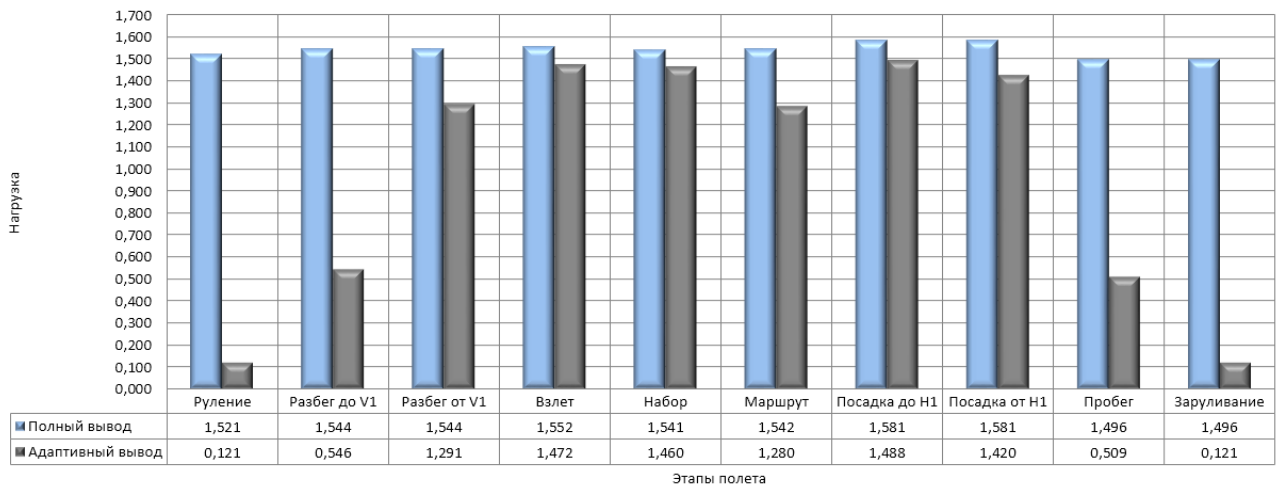


Рисунок 4.5 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значениям при $T_{\phi} = 0,4$ с, где V1 - скорость принятия решения, Н1 - высота принятия решения

Расчет зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значениям представлен в таблице 4.6. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,35 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.6.

Таблица 4.6 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значения ($T_{\phi} = 0,35$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия и приближение к максимально допустимым значениям	Руление	3,802	1,331	0,302	0,106
	Разбег до скорости V1	3,860	1,351	1,364	0,477
	Разбег от V1 до отрыва	3,860	1,351	3,228	1,130
	Взлет	3,881	1,358	3,680	1,288
	Набор	3,852	1,348	3,651	1,278
	Маршрут	3,855	1,349	3,201	1,120
	Посадка до ВПР	3,953	1,384	3,721	1,302
	Посадка после ВПР	3,953	1,384	3,551	1,243
	Пробег	3,740	1,309	1,272	0,445
	Заруливание	3,740	1,309	0,302	0,106

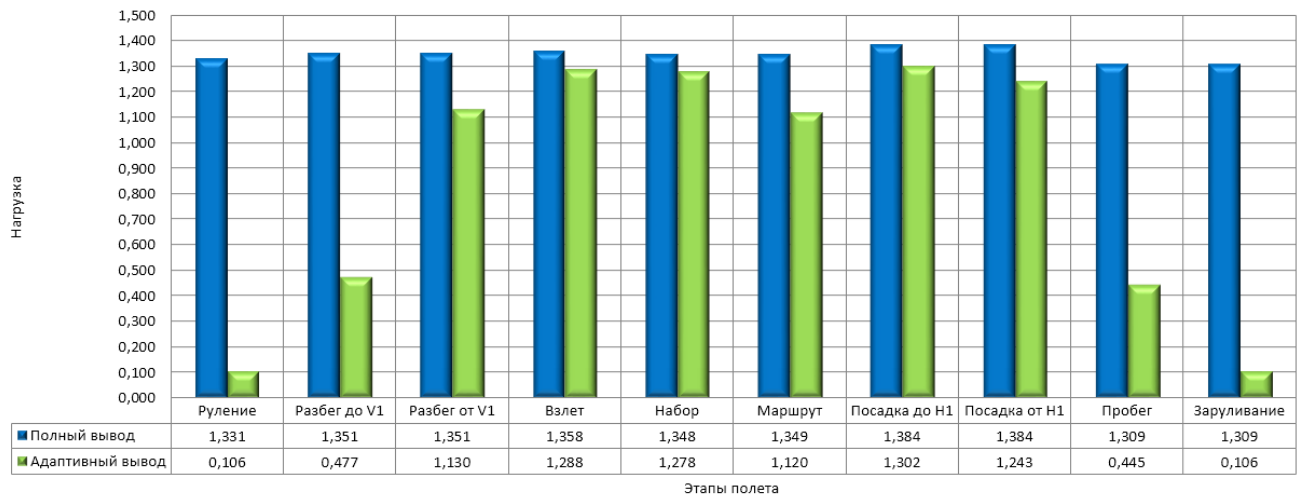


Рисунок 4.6 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значениям при $T_{\phi} = 0,35$ с, где V1 - скорость принятия решения, Н1-высота принятия решения

Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок и приближении к максимально допустимым значениям представлен в таблице 4.7. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,4 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.7.

Таблица 4.7 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок и приближении к максимально допустимым значениям ($T_{\phi} = 0,4$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия, наличие нажатых кнопок и приближение к максимально допустимым значениям	Руление	4,435	1,774	0,341	0,136
	Разбег до скорости V1	4,494	1,798	1,794	0,717
	Разбег от V1 до отрыва	4,494	1,798	3,780	1,512
	Взлет	4,514	1,806	4,233	1,693
	Набор	4,485	1,794	4,142	1,657
	Маршрут	4,488	1,795	3,750	1,500
	Посадка до ВПР	4,587	1,835	4,373	1,749
	Посадка после ВПР	4,587	1,835	4,204	1,682
	Пробег	4,374	1,749	1,326	0,530
	Заруливание	4,374	1,749	0,341	0,136

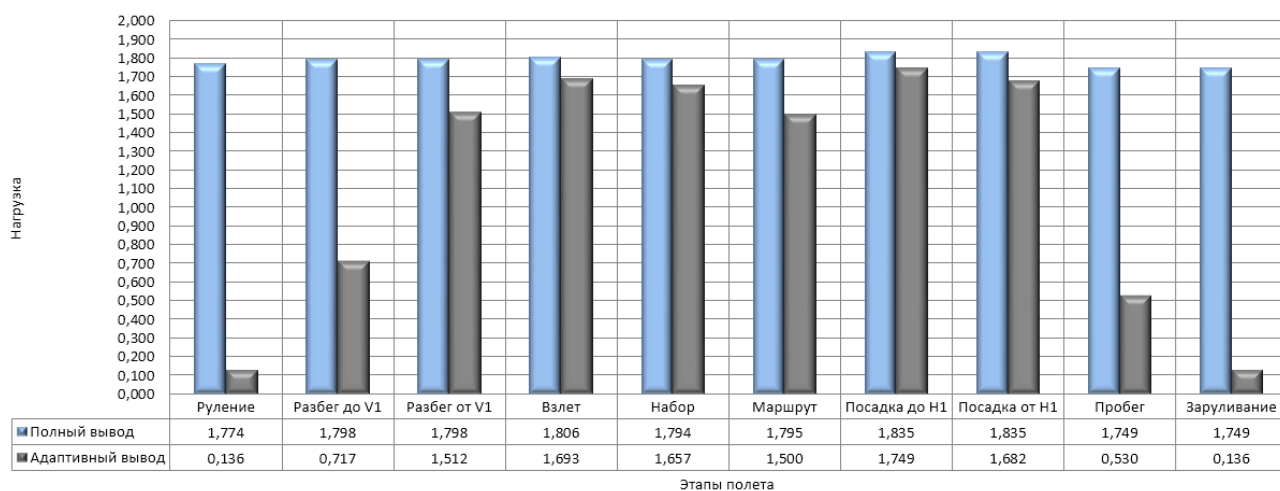


Рисунок 4.7 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок при $T_{\phi} = 0,4$ с,

где V1 - скорость принятия решения, H1-высота принятия решения

Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок и приближении к максимально допустимым значениям представлен в таблице 4.8. Среднее время снятия пилотом показания с индикатора 0,35 с. Графическое представление расчетов зрительной нагрузки пилотов представлено на рисунке 4.8.

Таблица 4.8 - Расчет зрительной нагрузки пилотов при наличии нажатых кнопок и приближении к максимально допустимым значениям ($T_{\phi} = 0,35$ с)

Условия отображения	Этап полета	Обычное функционирование индикатора		Адаптивное функционирование индикатора	
		Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка	Общая частота наблюдения ПП, Гц	Нагрузка
Нормальные условия, наличие нажатых кнопок и приближение к максимально допустимым значениям	Руление	4,435	1,552	0,341	0,119
	Разбег до скорости V1	4,494	1,573	1,794	0,628
	Разбег от V1 до отрыва	4,494	1,573	3,780	1,323
	Взлет	4,514	1,580	4,233	1,481
	Набор	4,485	1,570	4,142	1,450
	Маршрут	4,488	1,571	3,750	1,313
	Посадка до ВПР	4,587	1,605	4,373	1,531
	Посадка после ВПР	4,587	1,605	4,204	1,471
	Пробег	4,374	1,531	1,326	0,464
	Заруливание	4,374	1,531	0,341	0,119

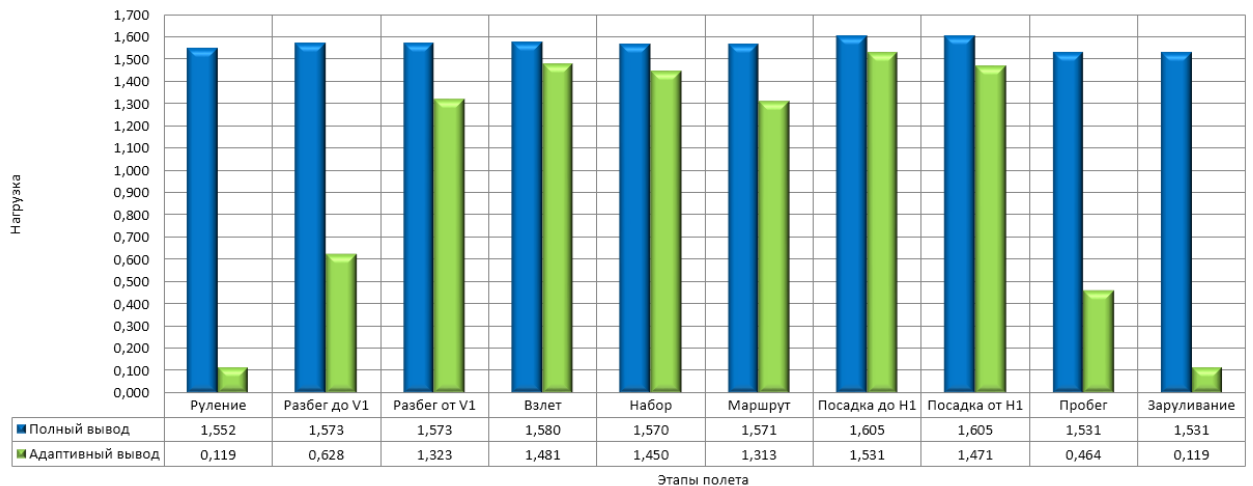


Рисунок 4.8 - Оценка зрительной нагрузки пилотов при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок при $T_{\phi} = 0,35$ с, где V1 - скорость принятия решения, H1-высота принятия решения

4.2 Результаты и выводы

1. Проведен расчет зрительной нагрузки пилотов на всех этапах полета воздушного судна при нормальных условиях, при условии наличия нажатых кнопок для выведения информации на индикацию, при условии приближения параметров к максимально допустимым значения, и при условии наличия нажатых кнопок и приближении параметров к максимально допустимым значения. Расчет зрительной нагрузки пилотов производился с учетом оптимального времени снятия пилотом показаний 0,35 - 0,4 с.

2. Результаты расчетов показали, что благодаря адаптации отображения и сигнализации под этапы полета ВС зрительная нагрузка пилотов сокращается, что дает пилоту дополнительное время для оценки полетной ситуации и принятия решений.

3. Сравнительная оценка зрительной нагрузки пилотов при различных способах отображения пилотажно-навигационной информации, подтверждает эффективность применения разработанного принципа функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, реализация которого позволяет снизить зрительную нагрузку пилотов на всех этапах полета воздушного судна обеспечивая безопасность полета.

Заключение

Подводя итоги проделанной работы можно выделить следующие основные результаты:

1. Совмещенный комплексно-пилотажный индикатор является сложным элементом эргатической системы управления ЛА, так как до 80 % информации о полете пилот воздушного судна получает по визуальному каналу. Состав параметров и объем информации, характеризующие полетную ситуацию на каждом этапе полета, отличаются.

2. Анализ действий пилотов при управлении воздушным судном, распределения обязанностей командира воздушного судна и второго пилота и зрительной нагрузки пилотов по отображаемой пилотажно-навигационной информации летательного аппарата, показал, что на индикаторе постоянно присутствуют параметры, повышающие зрительную нагрузку, но не влияющие на успешное выполнение полета летательного аппарата.

3. Анализ отображаемой на экране многофункционального индикатора пилотажно-навигационной информации и действий экипажа, показал, что часть постоянно отображаемых параметров не участвуют в управлении вниманием экипажа воздушного судна на разных этапах полета, что приводит к необоснованному повышению зрительной нагрузки командира воздушного судна и второго пилота. Для уменьшения зрительной нагрузки членов экипажа необходимо сократить поток информации до необходимого минимума. Экипаж должен получать информацию о параметрах полета, которые важны на текущем этапе полета.

4. Определен алгоритм определения этапов полета воздушного судна, для наложения ограничений на выведение на индикацию пилотажно-навигационной информации.

5. Предложен принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, заключающийся в автоматическом определении этапа полета на основе логики работы воздушного судна и изменении состава отображаемой и сигнализируемой информации с целью снижения зрительной нагрузки экипажа без потери качества восприятия полетной обстановки.

6. Для реализации адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, предложен алгоритм автоматического определения этапа полета на основе логики работы воздушного судна по таким параметрам как: наличие/отсутствие сигнала «шасси обжато», положение топливного крана, скорость, положение рычага управления двигателем, высота.

7. Разработана математическая модель обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации.

8. Логика адаптивного формирования состава и передачи на индикацию пилотажно-навигационной информации представлена наглядно представлена с помощью кругов Эйлера-Венна.

9. Проведен расчет зрительной нагрузки пилотов на всех этапах полета воздушного судна при нормальных условиях, при условии наличия нажатых кнопок для выведения информации на индикацию, при условии приближения параметров к максимально допустимым значения, и при условии наличия нажатых кнопок и приближении параметров к максимально допустимым значения. Расчет зрительной нагрузки пилотов производился с учетом оптимального времени снятия пилотом показаний 0,35 - 0,4 с.

10. Согласно проведенным расчетам при адаптивном функционировании индикатора пилотажно-навигационной информации при различных условиях полета достигается снижение зрительная нагрузка:

- при нормальных условиях ($TФ = 0,4$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 90%, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 76 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 31 %, на этапе взлета - на 22 %, на этапе набора высоты - на 27 %, на этапе полета по маршруту -

на 46 %, на этапе посадки до высоты принятия решения - на 20 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 26 %, на этапе пробега - на 64 %, на этапе за руливания - на 90 %.

- при нормальных условиях ($T_{\Phi} = 0,35$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 90 %, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 76 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 31 %, на этапе взлета - на 22 %, на этапе набора высоты - на 27 %, на этапе полета по маршруту - на 46 %, на этапе посадки до высоты принятия решения - на 20 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 26 %, на этапе пробега - на 64 %, на этапе за руливания - на 90 %.

- при наличии нажатых кнопок ($T_{\Phi} = 0,4$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 91 %, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 68 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 28 %, на этапе взлета - на 20 %, на этапе набора высоты - на 26 %, на этапе полета по маршруту - на 42 %, на этапе посадки до высоты принятия решения - на 16 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 21 %, на этапе пробега - на 69 %, на этапе за руливания - на 91 %.

- при наличии нажатых кнопок ($T_{\Phi} = 0,35$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 91 %, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 68 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 28 %, на этапе взлета - на 20 %, на этапе набора высоты - на 26 %, на этапе полета по маршруту - на 42 %, на этапе посадки до высоты принятия решения - на 16 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 21 %, на этапе пробега - на 69 %, на этапе за руливания - на 91 %.

- при приближении к максимально допустимым значениям ($T_{\Phi} = 0,4$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 92 %, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 65 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 16 %, на этапе взлета - на 5 %, на этапе набора высоты - на 5 %, на этапе полета по маршруту - на 17 %, на этапе посадки до высоты принятия

решения - на 6 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 10 %, на этапе пробега - на 66 %, на этапе за руливания - на 92 %.

- при приближении к максимально допустимым значениям ($T_{\phi} = 0,35$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 92 %, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 65 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 16 %, на этапе взлета - на 5 %, на этапе набора высоты - на 5 %, на этапе полета по маршруту - на 17 %, на этапе посадки до высоты принятия решения - на 6 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 10 %, на этапе пробега - на 66 %, на этапе за руливания - на 92 %.

- при наличии нажатых кнопок и приближении к максимально допустимым значениям ($T_{\phi} = 0,4$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 92 %, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 60 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 16 %, на этапе взлета - на 6 %, на этапе набора высоты - на 8 %, на этапе полета по маршруту - на 16 %, на этапе посадки до высоты принятия решения - на 5 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 8 %, на этапе пробега - на 70 %, на этапе за руливания – на 92 %.

- при наличии нажатых кнопок и приближении к максимально допустимым значениям ($T_{\phi} = 0,35$ с) на этапе руления зрительная нагрузка снизилась на 92 %, на этапе разбега до скорости принятия решения - на 60 %, на этапе разбега после скорости принятия решения - на 16 %, на этапе взлета - на 6 %, на этапе набора высоты - на 8 %, на этапе полета по маршруту - на 16 %, на этапе посадки до высоты принятия решения - на 5 %, на этапе посадки после высоты принятия решения - на 8 %, на этапе пробега - на 70%, на этапе за руливания - на 92 %.

11. Результаты расчетов показали, что на некоторых этапах полета значения зрительной нагрузки превышают значение равное единице, что свидетельствует о превышении предельно допустимой нагрузки и отсутствии времени у пилота на обработку информации. Однако, по сравнению с результатами расчета зрительной нагрузкой при отображении информации на данный момент, при адаптивном функционировании индикатора пилотажно-навигационной информации нагрузка пилотов снизилась до 8 %.

Превышение параметров допустимо на ответственных этапах полета ВС, для полной концентрации внимания пилота.

12. Результаты расчетов показали, что благодаря адаптации отображения и сигнализации под этапы полета ВС зрительная нагрузка пилотов сокращается, что дает пилоту дополнительное время для оценки полетной ситуации и принятия решений. Это подтверждает эффективность применения разработанного принципа функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, реализация которого позволяет снизить зрительную нагрузку пилотов на всех этапах полета воздушного судна и тем самым способствует повышению безопасности полета.

Разработанный принцип адаптивного функционирования индикатора на основе логики работы воздушного судна может быть использован при проектировании перспективных систем индикации, таких как система индикации на лобовом стекле, нашлемной системы индикации, где индикация должна быть ограничена основными параметрами, чтобы как можно меньше заслонять пилоту поле зрения.

Разработанные средства поддержки адаптации могут быть использованы для настройки графического пользовательского интерфейса управления другими бортовыми системами управления такими, как система управления общесамолетным оборудованием, бортовая система контроля данных и др.

Список сокращений и условных обозначений

- АБСУ - автоматическая бортовая система управления
- АГР - авиагоризонт
- АО - акционерное общество
- АП - автопилот
- АРК - автоматический радиокompас
- АС - аварийная ситуация
- АУАСП - автомат углов атаки и сигнализации перегрузок
- БИС - бортовая информационная система
- БП - безопасность полета
- БЭК - бортовой эргатический комплекс
- ВНВО - высота начала визуальной оценки
- ВПП - взлетно-посадочная полоса
- ВПР - высота принятия решения
- ВС - воздушное судно
- ВФ - воздействующий фактор
- ЗПУ - заданный путевой угол
- ИКАО - международная организация гражданской авиации
- ИЛС - инструментальная система посадки
- ИУСПКР - информационно-управляющая система предупреждения критических режимов
- ИЭ - индицируемый элемент
- КИНО - комплексный индикатор навигационной обстановки
- КПИ - комплексный пилотажный индикатор
- КВС - командир воздушного судна
- КС - катастрофическая ситуация
- КТА - контрольная точка аэродрома

ЛА - летательный аппарат

ЛЗП - линия захода на посадку

МСА - международная стандартная атмосфера

НЛГС - нормы летной годности самолета

НОТАМ - оперативно распространяемая информация (извещения) об изменениях в правилах проведения и обеспечения полётов и аэронавигационной информации

НЭУ - нормальные эксплуатационные условия

ОВД - организация воздушного движения

ОВИ - огонь высокой интенсивности

ОПРС - отдельная приводная радиостанция

ОС - особая ситуация

ОСП - оборудование системы посадки

ПКП - пилотажно-командный прибор

ПМПУ - посадочный магнитный путевой угол

ПНП - пилотажно-навигационные приборы

ПП - пилотажные параметры

ППМ - поворотный пункт маршрута

ППП - правила полета по приборам

ПУИП - пульт управления и навигации пилота

РВ - радиовысотомер

РЛС - радиолокационная станция

РЛЭ - руководство по летной эксплуатации

РСП - радиолокационная система посадки

РУД - ручка управления двигателем

РУС - ручка управления самолетом

САУ - система автоматического управления

СОИ - система отображения информации

СПС - система предупреждения столкновения

СС - сложная ситуация

ССОС - система сигнализации опасных скоростей

СЭП - система электропитания

ТВГ - точка входа в глиссаду

УВД - управления воздушным движением

УУП - усложненные условия полета

ЭВМ - электронно-вычислительная машина

2П - второй пилот

CVSM (Conventional Vertical Separation Minimums) - минимальный интервал вертикального эшелонирования

DME (Distance Measuring Equipment) - всенаправленный дальномерный радиомаяк

ILS (Instrument Landing System) - инструментальная система посадки

FMA (Flight Mode Annunciator) - сигнализатор режима полета

MSL (Mean Sea Level) - средний уровень моря

QFE (Question Field Elevation) - давление аэродрома

QNE (Question Nautical Elevation) - стандартное давление

QNH (Question Nautical Height) - давление на уровне моря в точке измерения

RVSM (Reduced Vertical Separation Minimums) - сокращенный интервалов вертикального эшелонирования

VOR (VHF Omni-directional Radio Range) - всенаправленный азимутальный радиомаяк

f_n - информативная частота n -го прибора

f_i - минимально необходимая частота наблюдения i -го ПП

H - высота

H1 - высота принятия решения

M - число Маха

N_n - число визуализируемых n -ым прибором ПП

n_y - нормальная перегрузка

P(ОС/ВФ) - условная вероятность непарирования особой ситуации (ОС) бортовыми автоматизированными системами или экипажем

$P(КС/ОС)$ - вероятность возникновения катастрофической (или аварийной) ситуации

$P_T(t)$ - вероятность отказа техники

$P_{\text{л}}(t)$ - вероятность ошибочных действий экипажа при пилотировании

$P_B(t)$ - вероятность неблагоприятных внешних возмущений

$P_{\text{БП}}(t)$ - вероятность успешного (безопасного) завершения полета

$P(\overline{S_{ijk}})$ - вероятность отклонения от нормального функционирования

$S_{\text{ВФ}}\{S_i\}$ - конечное множество состояний влияющих факторов

T_{ϕ} - среднее время снятия пилотом показания с индикатора

T_n - средняя продолжительность переноса взгляда пилота с одного прибора на другой

V_1 - скорости принятия решения

V_2 - скорость взлета ВС

V_{L0} - скорость отрыва

V_r - скорость разгона

$V_{\text{пр}}$ - приборная скорость

V_y - вертикальная скорость

V_v - параметров воздушной скорости

α - угол атаки

β - угол скольжения

γ - угол крена

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ - угловые вращения ЛА относительно осей связанной системы координат

λ - относительная зрительная нагрузка пилота

Список литературы

1. Макаров, Н.Н. Системы обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса: теория, проектирование, применение / под ред. Доктора техн. наук В.М. Солдаткина, М.: Машиностроение – Полет, 2009. - 760 с.
2. Энциклопедия пилота. Пер. с англ.-М: Осоавиахим, 2011. - 476 с.
3. Ершов, В.В. Практика полетов на самолете ТУ-154 [Электронный ресурс] / Справочная литература. - 2010. - Режим доступа: https://royallib.com/book/ershov_vasiliy/praktika_poletov_na_samolete_tu_154.html.
4. Динамика полета и пилотирование самолета Ту-154: Учеб. пособие. - М.: Воздушный транспорт, 1994. - 192 с.
5. Обеспечение безопасности полетов при управлении воздушным движением: учеб. пособие/сост. М.В. Стионов, Д.А. Князевский. – Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2010. - 67 с.
6. Авиационные правила часть 25 нормы летной годности самолетов транспортной категории: ОАО «Авиаиздат», 2015. - 304 с.
7. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959-2016. –July 2017.
8. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). DOC 9859-AN/474 / ИКАО. 2013.
9. Овчаров, В.Е. «Человеческий фактор» в авиационных происшествиях: методические материалы. - М.: Полиграф, 2005. - 79 с.
10. Клюев, Г.И. Измерители аэродинамических параметров летательных аппаратов: учебное пособие / Г.И. Клюев, Н.Н. Макаров, В.М. Солдаткин, И.П. Ефимов; под ред. В.А. Мишина. – Ульяновск: УЛГТУ, 2005. – 509 с.
11. Макаров, Н.Н. Системы обеспечения безопасности функционирования элементов бортового эргатического комплекса в контуре управления летательного

аппарата: дис. д-ра. тех. наук: 05.13.05, 05.11.16/ Макаров Николай Николаевич. - Ульяновск., 2009. - 506 с.

12. Инструкция по взаимодействию и технология работы членов экипажа самолета Ту-154М. - Новосибирск.: НПФ «Бэсттек-Авиа», 2001. - 154 с.

13. Мирошниченко, А. Несколько советов пилоту-инструктору [Электронный ресурс] / ООО «ЛитСтрит».- 2015 г. - Режим доступа: <http://www.litres.ru/aleksandr-miroshnichenko-5982330/neskolko-sovetov-pilotu-instruktoru/?lfrom=329574480>

14. Введение в летно-технические характеристики ВС.-Airbus, 2007. - 218 с.

15. Аронин, Г.С. Практическая аэродинамика.: учебник для летного состава. - М.: Воениздат, 1962. - 384 с.

16. Ключев, Г.И. и др. Авиационные приборы и системы: Учебное пособие / Г.И. Ключев, Н.Н. Макаров, В.М. Солдаткин; под ред. В.А. Мишина. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 343 с.

17. Сарайский, Ю.Н., Алешков, И.И. Аэронавигация. Часть I. Основы навигации и применение геотехнических средств: Учебное пособие. - СПб: СПбГУГА. - 2010. - 302с.

18. Столяров, Н.Н. Методы оценки эффективности систем отображения полетных параметров воздушного судна. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.14/ Столяров Николай Николаевич. - М., 2005. - 195 с.

19. Кузичев, А.С. Диаграммы Венна. История и применение. - М.: Наука, 1968. - 253 с.

20. Степнова, Е.И. Эргономические требования к многофункциональным индикаторам / Е.И. Степнова // Вузовская наука в современных условиях: сб. матер. 48-й науч.-техн. конф. в.3 ч. Ч2. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – С.80-83.

21. Степнова, Е.И. Система отображения информации. Эргономические требования к предоставлению информации / Е.И. Степнова // Вузовская наука в современных условиях: сб. матер. 49-й науч.-техн. конф. в.3 ч. Ч 2. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – С.97-100.

22. Степнова, Е.И. Оценка предоставляемой информации на приборной доске ЛА эргономическим требованиям/ Е.И. Степнова // Вузовская наука в современных условиях: сб. матер. 50-й науч.-техн. конф. в.3 ч. Ч 2. – Ульяновск: УлГТУ, 2016. – С.81-84.

23. Степнова, Е.И. Оценка соответствия предоставляемой пилотажной информации на приборной доске летательного аппарата эргономическим требованиям/ Е.И. Степнова // Вузовская наука в современных условиях: сб. матер. 51-й науч.-техн. конф. в.3 ч. Ч 2. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – С.100-102.

24. Степнова, Е.И., Киселев, С.К. Адаптивное представление пилотажной информации на экране многофункционального индикатора / Е.И. Степнова, С.К. Киселев // Вузовская наука в современных условиях: сб. матер. 52-й науч.-техн. конф. в.3 ч. Ч 2. – Ульяновск: УлГТУ, 2018. – С.66-69.

25. Степнова, Е.И., Киселев, С.К. Способ обработки и индикации пилотажно-навигационной информации на приборной доске летательного аппарата / Е.И. Степнова, С.К. Киселев // Вузовская наука в современных условиях: сб. матер. 53-й науч.-техн. конф. в.3 ч. Ч 2. – Ульяновск: УлГТУ, 2019. – С.51-53.

26. Степнова, Е.И. Эргономические требования к многофункциональным индикаторам / Е.И. Степнова // Информатика и вычислительная техника: сб. науч. тр. 6-й Всероссийской науч.-техн. конф. аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ 2014/ под общ. ред. В.М. Негоды. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – С. 416-417.

27. Степнова, Е.И., Киселев, С.К. Оценка зрительной загрузки пилота по пилотажно-навигационной информации на этапе посадки воздушного судна / Е.И. Степнова, С.К. Киселев // Вестник Ульяновского государственного технического университета (Вестник УлГТУ): науч. теор. журнал.- № 83.- 2018.- С.44-47.

28. Степнова, Е.И., Киселев, С.К. Способ отображения пилотажной информации на экране пилотажно-навигационного индикатора летательного аппарата на этапе посадки / Е.И. Степнова, С.К. Киселев // Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. и Ю. Гагарина» (г. Воронеж). Актуальные

вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки [текст]: Сб. науч. ст. по материалам докл. V Международный НПК «АВИАТОР»: Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С.326-329.

29. Степнова, Е.И., Киселев, С.К. Адаптивная обработка пилотажно-навигационной информации / Е.И. Степнова, С.К. Киселев // Радиолокация, навигация, связь: сб. тр. XXV Международной науч.-техн. конф.: / Воронежский государственный университет; АО «Концерн «Созвездие». – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019.-Т.6.-С.150-155.

30. Кольтюков, Н.А. Основы эргономики и дизайна РЭС: учебное пособие по курсовому проектированию / Н.А. Кольтюков, О.А. Белоусов. – Тамбов: изд-во ФГБОУ ВПО «ТГВУ», 2012. – 124 с.

31. Данилов, Б.Д. Безопасность полетов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие/ Б.Д. Данилов; Минобрнауки России, Самар. Гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и граф. дан. (2,75 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. Опт. Диск (CD-ROM).

32. Кучерявый, А.А. Бортовые информационные системы: Курс лекций/А.А. Кучерявый: под. ред. В.А. Мишина и Г.И. Ключева. - 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. - 504 с.

33. Кучерявый, А.А. Авионика: Учебное пособие. – СПб.; Изд. «Лань», 2016. -452 с. (+ вклейка, 8 с.). - (Учебник для вузов). Специальная литература.

34. Производство полетов воздушных судов. DOC 8168-OPS/611 / ИКАО. 2006.

35. Денисов, Е.С., Салахова, А.Ш. Цифровая техника и электронные приборные системы: Конспект лекций/ Е.С, Денисов, А.Ш. Салахова. – Ульяновск: КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, 2013. - 137 с.

36. Авиационные приборы [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. Комплекс по дисциплине / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. В. А. Прилепский, Н. А. Яковенко. - Электрон. текстовые и граф. дан. (396 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

37. Кузнецов, С.В. Электронные приборные системы. Часть I. Учебное пособие. –М.: МГТУ ГА, 2014, 90 с.

38. Воробьев, В.Г., Глухов, В.В., Кадышев, И.К. Авиационные приборы информационно-измерительные системы и комплексы: Учебник для вузов / под ред. В.Г. Воробьева. - М.: Транспорт, 1992. – 399 с.

39. Микрюков, Н.В., Пруцкова, Д.С. Анализ человеческого фактора в авиационных происшествиях XXI века // Портал научно-практических публикаций [Электронный ресурс]. URL: <http://portalnp.ru/2016/05/3430>.

40. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов. DOC 9806-AN/763 / ИКАО. 2002.

41. Кузнецов, И.Б., Столяров, Н.А. Теоретические основы формирования маршрутов распределения внимания при пилотировании по приборам/ И.Б. Кузнецов, Н.А. Столяров // Вестник СПбГУ.- 2012. - №1(3). -С.29-34.

42. Кузнецов, И.Б. Видеоокулографические методы исследования зрительной деятельности пилота / И.Б. Кузнецов // Информационно-управляющие системы. - 2012. - №1. - С.79-83.

43. Кузнецов, И.Б. Исследование вопросов распределения внимания при пилотировании по приборам/ И.Б. Кузнецов// Вестник санкт-петербургского государственного университета гражданской авиации. - 2012. - №1 (3). - С.20-28.

44. Булгаков, Д.Н., Столяров, Н.Н. Эргономическое проектирование интегральной индикации в следящей системе / Д.Н. Булгаков, Н.Н. Столяров // Эргономическое проектирование интегральной индикации в следящей системе. - 2016. - №1. - С. 116-121.

45. Столяров, Н.А., Кузнецов, И.Б. Эргономические основы совершенствования отображения приборной информации / Н.А. Столяров, И.Б. Кузнецов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 192. - 2013. - С. 96-101.

46. Столяров, Н. А., Косачевский, С. Г., Калинина, С. А., Меркулова, А. Г., Максимова, В. В., Локайчук, Д. А., Королев, С. Д. Экспериментальные исследования распределения и переключения зрительного внимания пилотов самолетов с EFIS / Н. А. Столяров, С. Г. Косачевский, С. А. Калинина., А. Г.

Меркулова, В. В. Максимова, Д. А. Локайчук, С. Д. Королев // Научный вестник УВАУ ГА(И). - № 8. - 2016. - С. 50-56.

47. Кузнецов, И.Б. Экспериментальные исследования зрительной деятельности пилота при пилотировании ВС с электронной системой отображения информации / И.Б. Кузнецов // Научный вестник МГТУ ГА. - №172. - 2011. - С. 122-128.

48. Кузнецов, И.Б. СОИ с интегральными полетными параметрами / И.Б. Кузнецов // Вопросы теории. Мир транспорта. -2012. - № 01. - С.16-20.

49. Рыбалкина, А.Л. Кабина экипажа как источник ошибок пилотирования / А.Л. Рыбалкина // Научный вестник МГТУ ГА. - № 218. - 2015. - С. 126-131.

50. Коваленко, П.А. Пагубное влияние «прямой» индикации в авиагоризонтах на катастрофу самолета Boeing-737, 14.09.08 г. Под Пермью и другие авиапроисшествия. Психологическое «дорасследование». – М., МГОУ, 2011. -107 с.

51. Булгаков, Д.Н. Теоретические основы расчетно-экспериментальной оценки эргономического качества системы отображения информации в следящей системе / Д.Н. Булгаков // Моделирование в анализе данных. - 2013. - № 1. - С.88-96.

52. Навыки пилота, необходимые для повышения эффективности визуального обзора с целью предотвращения столкновений. Циркуляр 213-AN/139 / ИКАО. 1989.

53. Руководство по летной эксплуатации самолета Ту-204-300: ОАО «Туполев», 2005. - 2003 с.

54. Коптев, А.Н. Авиационное и радиоэлектронное оборудование воздушных судов гражданской авиации. В 3 кн. Кн. 2: учеб. пособие / А.Н. Коптев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 196 с.: ил.

55. Авиационное оборудование/ Ю.А. Андриевский, Ю.Е. Воскресенский, Ю.П. Доброленский и др.; Под ред. Ю.П. Доброленского. - М.: Воениздат, 1989. – 248 с.

56. Мунипов, В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. - М.: Логос, 2001. - 356 с.

57. Денисов, В.Г. Онищенко В.Ф., Скрыпец А.В. Авиационная инженерная психология. - М.: Машиностроение, 1983. -232 с.

58. Рыбалкина, А.Л. Человеческий фактор и психология безопасности: учебно-методическое пособие по выполнению практических работ. – М.: МГТУ ГА, 2017. – 52.

59. Гулина, Ю.С., Колючкин, В.Я. Методика расчета вероятности распознавания изображений человеком оператором. –М.: Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». - 2012. - № 1.

60. Правила полетов. Приложение 2 к конвенции о международной гражданской авиации / ИКАО. 2005.

61. Самолетовождение. Черный М. А., Кораблин В. И. Изд-во «Транспорт», 1973 г., 368 с.

62. Комплексный курс подготовки пилотов коммерческой авиации. Часть В-5 (Курс № 236 ИКАО) DOC 7192-AN/857 / ИКАО. 1985.

63. Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации утвержденные приказом министра обороны Российской Федерации министерства транспорта Российской Федерации и Российского Авиационно-космического агентства № 136/42/51 от 31 марта 2002 г.

64. Материалы по правилам полетов на международных линиях. Для подготовки летного состава к РГ ВКК: документы ИКАО. - ОАО «Аэрофлот – Российские авиалинии».

65. Кузнецов, С.В. Электронные приборные системы. Часть I. Учебное пособие. –М.: МГТУ ГА, 2014, 90 с.

66. Инструкция по взаимодействию и технология работы членов экипажа самолета Ту-204: Минеральные воды. - 2000.-80 с.

67. Инструкция по взаимодействию и технология работы членов экипажа самолета АН-2 [утвержденная Зам. Министра гражданской авиации А.М. Горяшко]/- 1989. - №9/И.

68. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС) DOC 10019-AN/507 / ИКАО. 2015.

69. Руководство по летной эксплуатации самолета Ту-154М.- 190 с.

70. Руководство по летной эксплуатации самолета Ту-154Б.- 2005. - 150 с.

71. Руководство по летной эксплуатации самолета Ту-134АБ. – 2004. -210 с.

72. Руководство по летной эксплуатации самолета Су-26М.- 41 с.

73. Руководство по летной эксплуатации самолета Ту-134А-3. - 2002. - 42 с.

74. Руководство по летной эксплуатации самолета АС-7М.- 2007. -47 с.

75. Руководство по летной эксплуатации самолета Cessna-172. - 2007. - 46 с.

76. Руководство по летной эксплуатации самолета РЛЭ Extra-300. - 2009. -92 с.

77. Ошибки пилота: человеческий фактор/Пер. с англ. А.С. Щebroва. - М.: Транспорт,1986. -262 с., ил., табл.

78. Ключев, А.В., Качалкин, А.Н., Диденко, Э.Б., Овчаров, В.Е., Горбач, Н.Г. Психологические аспекты. проблемы «человеческого фактора» в авиационной аварийности. Анализ и стратегия профилактики - М.: Текст, 1996. - 85 с.

79. Миронов, А. Д. Рабочая нагрузка пилотов в «стеклянной кабине» / А. Д. Миронов // Проблемы безопасности полетов. – 1999. – № 8. – С. 16–24.

80. Кузнецов, И. Б. Методология распределения внимания пилота: учеб. пособие / И. Б. Кузнецов. – СПб.: Политехника, 2012. – 167 с.

81. Горбатов В.А., Дискретная математика: Учеб. Для студентов втузов / В.А.Горбатов, А.В. Горбатов, М.В.Горбатова. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003.-447 с.

82. Битюцкий В.П., Соколов С.С., Основы дискретной математики. Часть 1.: Учебное пособие по дисциплине «Дискретная математика» / В.П. Битюцкий, С.С. Соколов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005.-96 с.

83. Отчет о научно исследовательской работе «Разработка и апробация методики оценки напряженности по показателям сенсорной нагрузки членов экипажа летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации (заключительный)». Москва: ФГБНУ «НИИ МТ», 2018. – 135 с.

**ТАБЛИЦА ЧАСТОТ НАБЛЮДЕНИЯ ПИЛОТАЖНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИ ОБЫЧНОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПИЛОТАЖНО-
НАВИГАЦИОННОГО ИНДИКАТОРА**

Продолжение таблицы А1

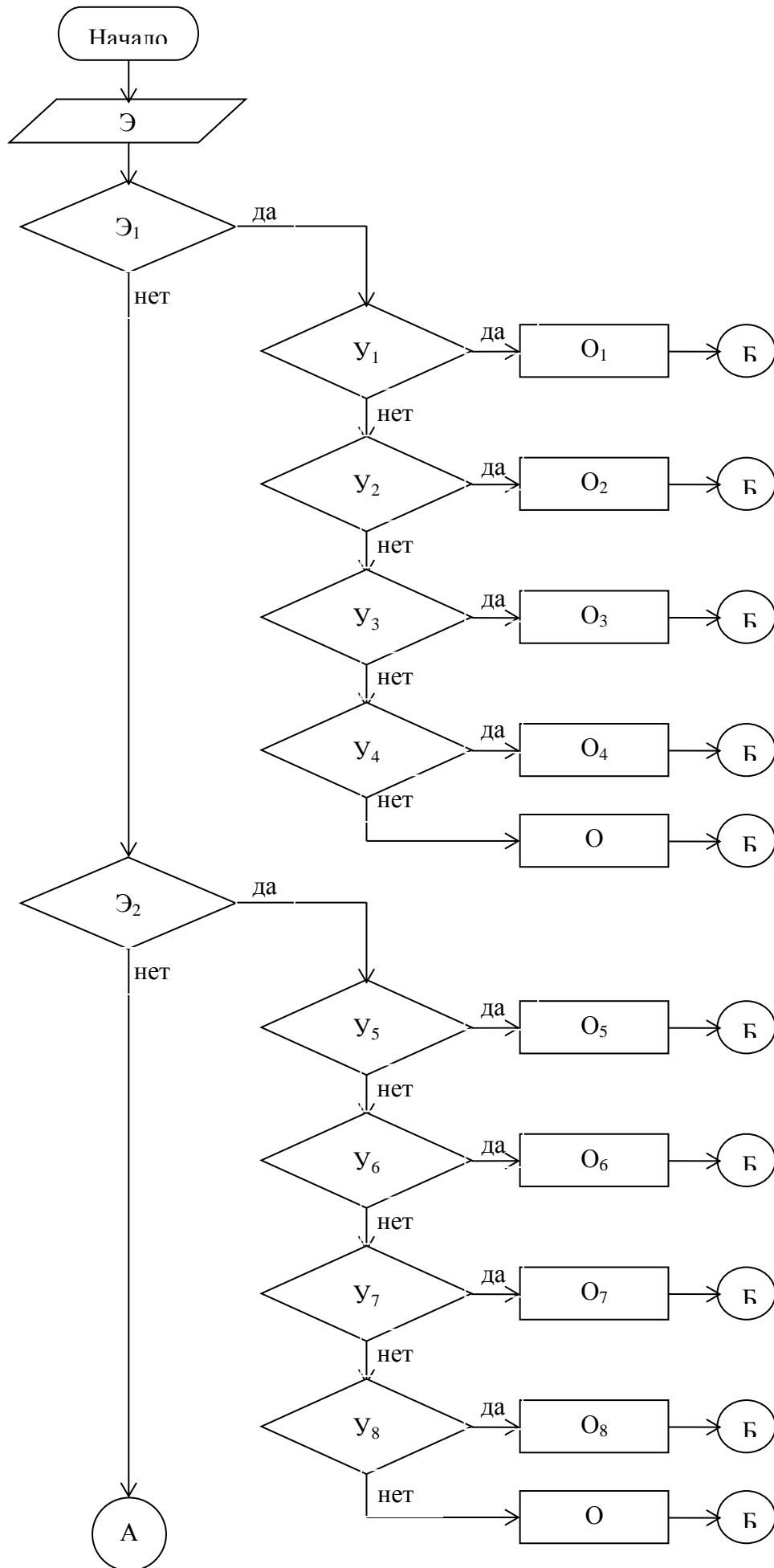
Пилотажные параметры		Частоты наблюдения пилотажных параметров, Гц									
		Руление	Разбег до скорости V1 (скорости принятия решения)	Разбег от V1 до отрыва	Взлет (PB ≤ 250 м)	Набор (PB = 250 ÷ 450 м)	Маршрут	Посадка до ВПР (PB = 450 ÷ 60 м)	Посадка после ВПР (PB < 60 м)	Пробег	Заруливание
Нормальная перегрузка	Индекс минимально допустимой нормальной перегрузки	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	Индекс максимально допустимой перегрузки	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
<p>Примечание:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ - постоянно отображаемые параметры; ■ - параметры, отображающиеся при наличие нажатых кнопок; ■ - параметры, отображающиеся при приближение к максимально допустимым значениям; ■ - не отображаемые параметры. 											

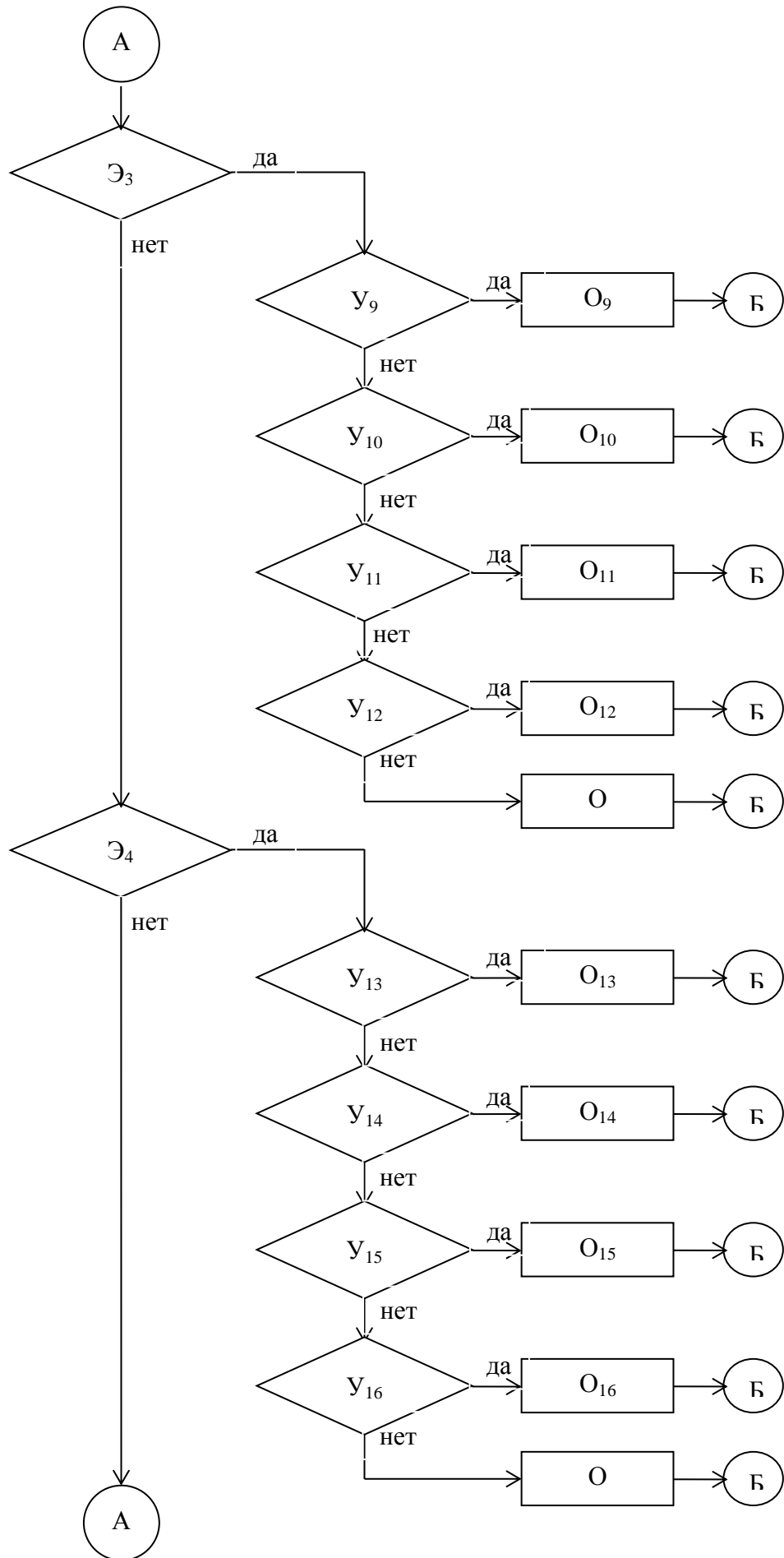
ТАБЛИЦА ЧАСТОТ НАБЛЮДЕНИЯ ПИЛОТАЖНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ АДАПТАЦИИ ОТОБРАЖЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

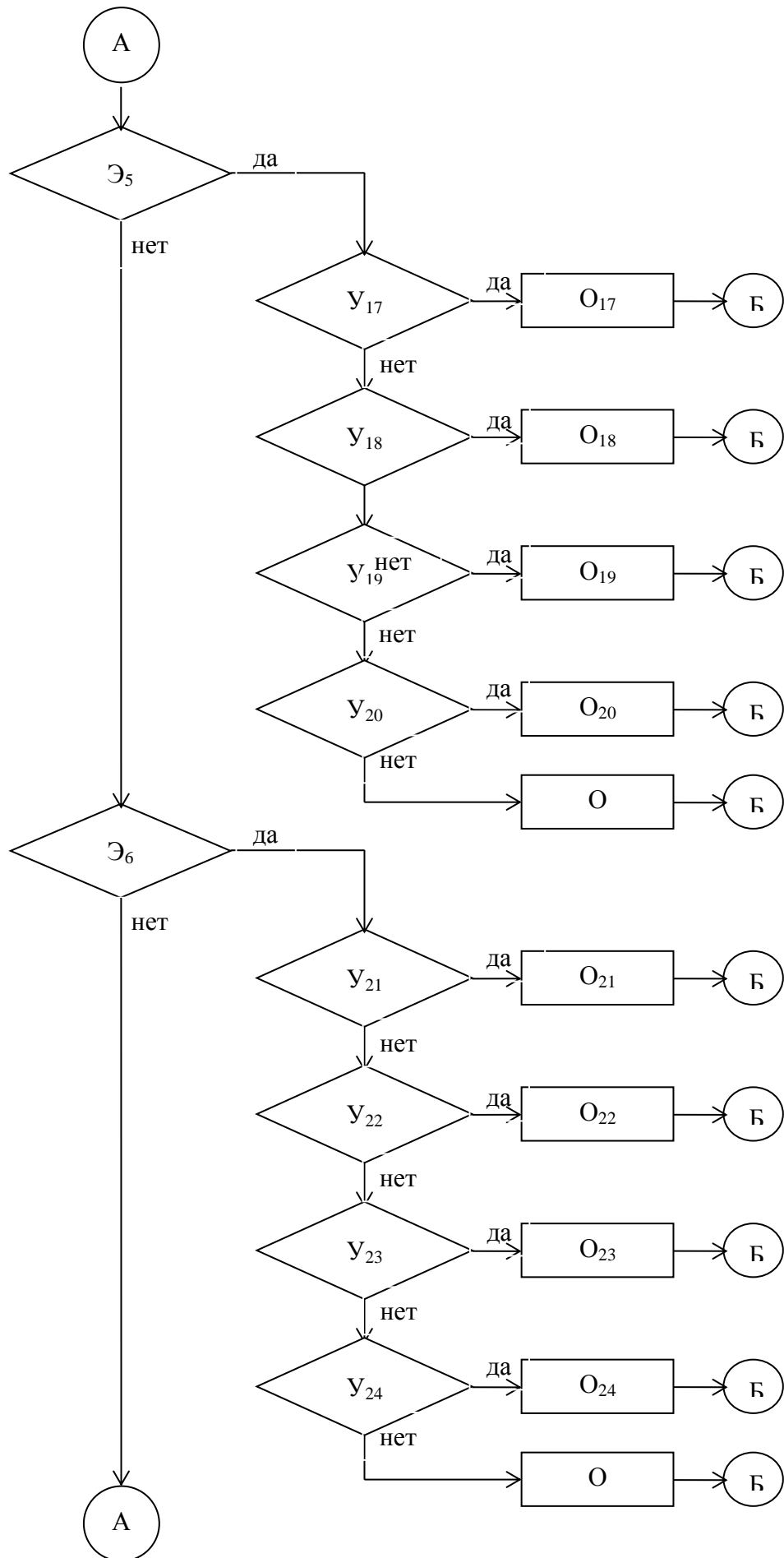
Продолжение таблицы А2

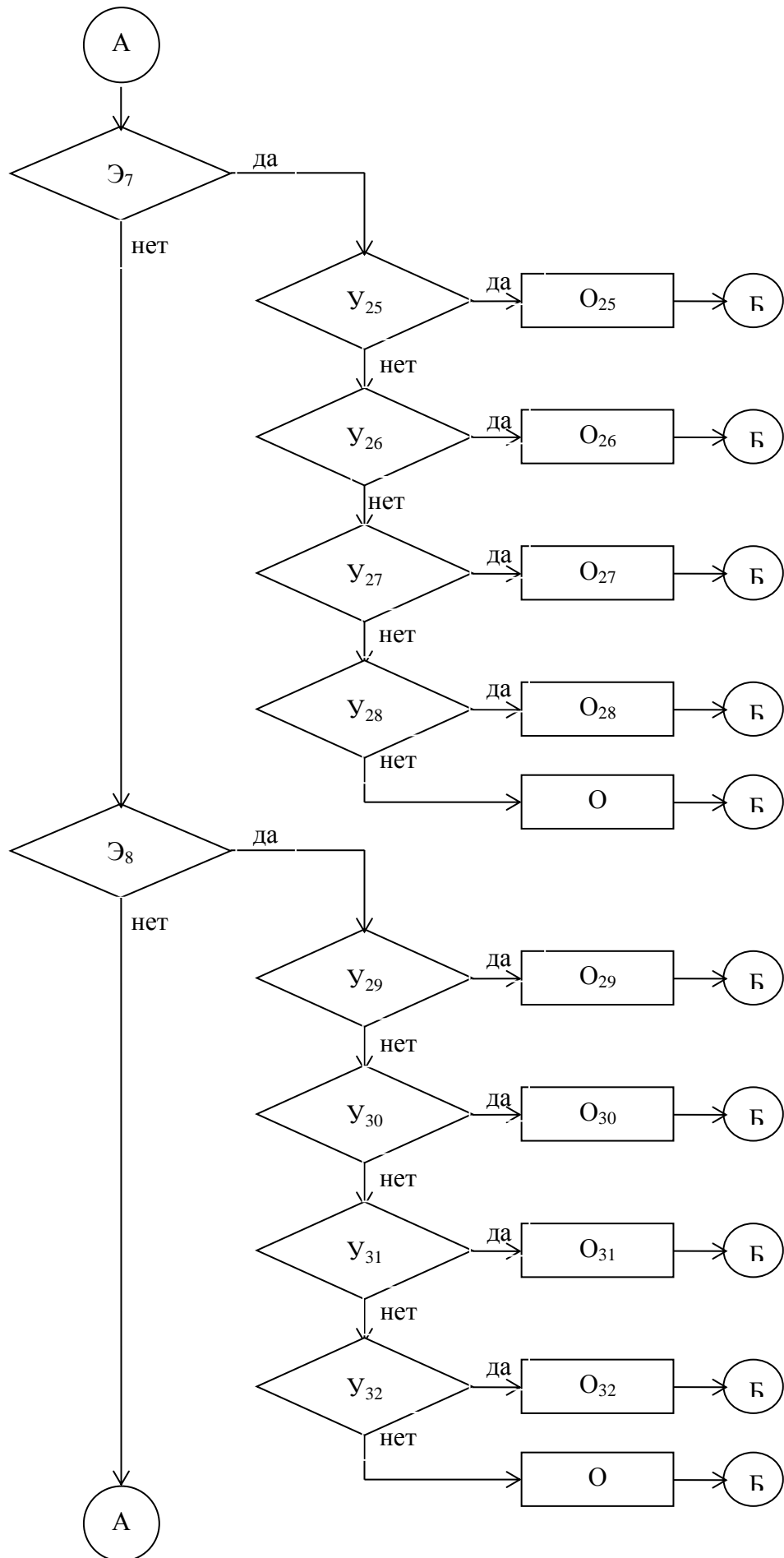
Пилотажные параметры		Частоты наблюдения пилотажных параметров, Гц									
		Руление	Разбег до скорости V1 (скорости принятия решения)	Разбег от V1 до отрыва	Взлет (PB ≤ 250 м)	Набор (PB = 250 ÷ 450 м)	Маршрут	Посадка до ВПР (PB = 450 ÷ 60 м)	Посадка после ВПР (PB < 60 м)	Пробег	Заруливание
Нормальная перегрузка	Индекс минимально допустимой нормальной перегрузки	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	Индекс максимально допустимой перегрузки	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
<p>Примечание:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ - постоянно отображаемые параметры; ■ - параметры, отображающиеся при наличие нажатых кнопок; ■ - параметры, отображающиеся при приближение к максимально допустимым значениям; ■ - не отображаемые параметры. 											

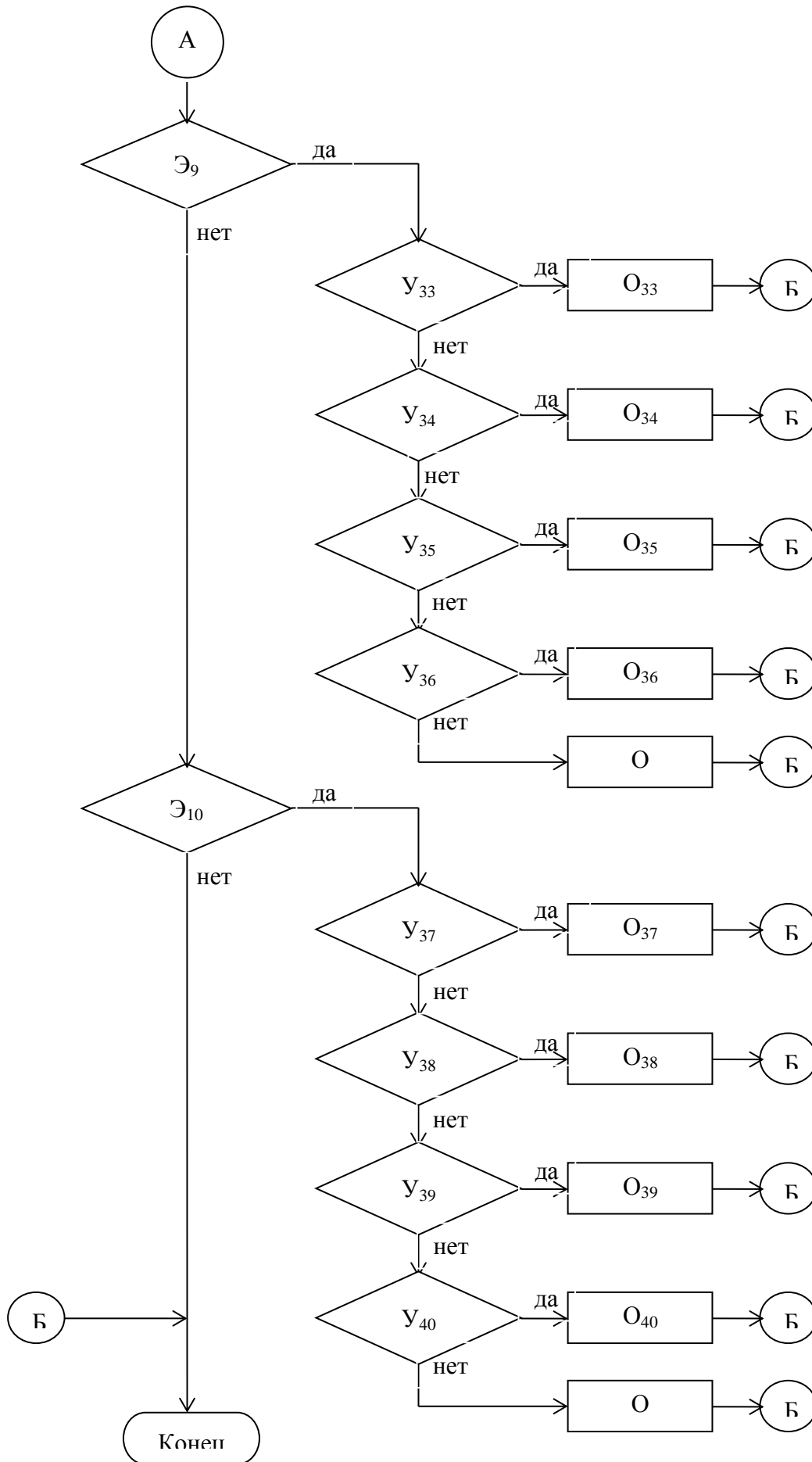
**БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ
СОСТАВА ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ
ОТОБРАЖЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ**











УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «Ульяновское конструкторское
бюро приборостроения»

«*А.Г. Берг*» 2019 г.

АКТ

использования результатов диссертационной работы
Степновой Елены Ивановны, выполненной на тему
«Адаптивный пилотажно-навигационный индикатор бортовой эргатической
системы управления летательного аппарата»
в разработках АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»

Настоящий акт подтверждает, что ряд результатов, полученных в диссертационной работе Степновой Е.И., применены при разработке индикатора многофункционального ИМ-55, в частности:

- результаты анализа и оценки эффективности использования пилотажно-навигационной информации на разных этапах полета;
- результаты расчета зрительной нагрузки пилотов по пилотажно-навигационной информации;
- алгоритм автоматического определения этапа полета самолета по информации бортовых систем;
- способ адаптации отображения информации на экране пилотажно-навигационного индикатора на различных этапах полета.

Использование научно-обоснованных технических решений, полученных в диссертации, позволило разработать рекомендации по адаптации отображения информации на экране многофункционального индикатора ИМ-55, что должно способствовать снижению психофизической нагрузки на пилотов, повысить качество пилотирования и безопасность полета за счет появления у пилотов дополнительного резерва времени для оценки пилотажно-навигационной обстановки и принятия решений.

ВрИО Директора НТЦР

О.И. Кузнецов

Начальник НИО-15

И.А. Поляков