

Описание конкурсной работы в номинации «За создание новой технологии»

Наименование работы: «Исследование в области перспективных технологий авионики вертолётгов»

В течении 2019 года, МАИ был выполнен ряд НИР по заказу АО «Вертолеты России», направленных на повышение качества выполнения полётного задания, средствами модернизации БРЭО, элементов ИУП и индикации. В результате выполнения работ, были разработаны новые проекты стандартов предприятия на проектирования ИУП кабины экипажа и эскизные проекты новых устройств ввода информации, а именно:

1) Структура информационной системы ИУП и индикационных кадров ИУП.

Работа выполнялась в два этапа. В процессе выполнения первого этапа выполнена задача формирования теоретического обоснования критериев оптимальности реализации полётного задания. На основании выбранных численных критериев, реализован программный комплекс, выполняющий построение оптимальной относительно выбранных критериев, трёхмерной траектории движения ЛА. Полученные пространственные кривые были проанализированы относительно вопроса реализуемости ЛА прототипом. В случае невозможности реализовать оптимальную траекторию, траектория модифицировалась, области оптимальных значений так, что бы она могла быть реализована ЛА прототипом. Группы таких траекторий были разложены на этапы, согласно функциональной нагрузке на экипаж.

На втором этапе работы, для модифицированных траекторий были разработаны циклограммы работы лётного экипажа. Эти циклограммы функций экипажа были детализированы до уровня считываемых и вводимых информационных потоков в системе человек-машина. Для процесса взаимодействия были рассчитаны объёмы информационного потока и объём вводимой информации.

Полученные пики информационной нагрузки были детектированы.

Была выдвинута гипотеза, что экипаж считывает не полный информационный поток в процессе опроса информационно-управляющего поля (ИУП), а сверяет образ полёта, с предполагаемыми параметрами. Таким образом, задача оптимизации информационных кадров была сведена к максимизации соотношения полезный сигнал/шум в ИУП. В силу того, что изъятие, уменьшение линейных и угловых размеров, а так же изменение логики индикации недопустимо действующими стандартами на эргономическое обеспечение ЛА, было принято решение об оптимизации информационного потока, путём упрощения индикаторов, без изменения их логики, размеров и положения в ИУП.

Результатом работы стало описание логики работы индикации пилотажного кадра и кадра общевертолётного оборудования, и эскизный проект логики работы оптимизированных индикаторов.

2) Проект стандарта, и макетов индикационных кадров пилотажного индикатора для применения системы синтетического видения.

Применение системы синтетического видения (ССВ), в ближайшем будущем, вероятно станет стандартом для индикационных полей пилотируемой авиации. Вместе с этим, проблемы восприятия индикационного кадра на плоской поверхности не позволяют полноценно пилотирования ЛА исключительно на сновании индикации ССВ.

В работе было предложено изучить уровень развития западных разработок в вопросе отображения индикации системы синтетического видения. Конкретизировать проблемные этапы разработки и применения, и сформировать предложения по решению задач.

В области логики отображения информации наиболее значимой проблемой является передача информации о дальности объектов в трёхмерной сцене.

Результатом работы стало техническое предложение по реализации программно-аппаратного комплекса, реализующего кодирование информации о дальности, методом стереоизображения.

Был разработан состав и принцип работы комплекса. Описан алгоритм реализации изображения из базы данных ССВ.

Решение в дальнейшем будет реализовано в лабораторном образце.

На основании проделанной работы по анализу нормативных документов, а так же, на основании разработанных предложений, был выпущен проект стандарта организации Заказчика по формированию индикации в составе ИК ССВ.

3) Проект стандартов на аппаратную составляющую индикатора с сенсорной панелью в составе ИУП вертолёта, и макеты индикационных кадров индикатора с сенсорной панелью.

Выполненная работа посвящена анализу программных и аппаратных требований к сенсорным панелям (СП) в составе ИУП ЛА.

В ходе работы были проанализированы доступные нормативные и рекомендательные документы. На их основе был выпущен интегрирующий актуальные требования и ограничения проект стандарта организации на разработку элементов ИУП с СП.

Был выпущен эскизный проект логики на применение СП в процессе ввода информации в ИУП.

4) Обоснование перспективности применения боковых ручек управления (РЦШ и РОШ), с ЭДСУ, теоретическое обоснование и эскизный проект на боковую ручку РОШ, с созданием габаритного макета

Работа выполнялась двумя группами исследователей:

1. Группа профессора Ефремова А.В., заведующего кафедрой 106 «Динамика полёта и управление движением летательных аппаратов» МАИ.

2. Группа инженеров Лаборатории №3 НИО-101 МАИ.

Группой профессора Ефремова А.В. были исследованы вопросы влияния применения боковой ручки на точность управления по каналам управления.

Разработана методика экспериментального исследования качества управления вертолётном, при помощи боковых ручек управления.

Группой инженеров Лаборатории №3 НИО-101 МАИ, были собраны в единую работу правила формирования поля ввода информации на боковых рычагах управления, согласования структуры ИУС с логикой размещения устройств ввода информации, разработаны требования к устройствам поддержки рук, при работе с боковыми рычагами управления.

Разработан эскизный проект рукоятки боковой ручки управления циклическим шагом винта.

5) Проект требований на применение индикаторов на основе голографических волноводов в составе ИУП.

Целью проекта являлось формирование функциональных и технических требований к устройствам электронной индикации на основе голографических оптических волноводов.

Работа включала в себя кооперацию с профильными исследовательскими лабораториями России.

Сформированы требования к составу и функционалу изделий, использующих голографические волноводы в качестве основных устройств отображения информации: к нашлемной системе отображения информации (НСЦИ) и индикатору на лобовом стекле (ИЛС).

Разработан план выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР). Сформирован бюджет, план-график, технико-экономическое обоснование (ТЭО).

б) Проект требований на формирование индикационных кадров в режиме дополненной реальности на НСЦИ.

Целью проекта являлась разработка требований к организации и логики ИК для НСЦИ и систем дополненной реальности.

Задачами работы являлось формирование требований к функционалу, вариантам технической реализации, структуре. Разработка проекта стандарта на формирование индикации в НСЦИ, в режиме дополненной реальности.

Результатом работы стал проект стандарта организации на разработку индикации в режиме дополненной реальности в НСЦИ, эскизы кадров, описание их применения и логики.

Были сформированы предложения по дополнению функционала, с использованием дополнительных источников информации.

Все выполненные работы прошли приём результатов с НТС. Логики индикации прошли оценку лётным составом лётно-испытательной комиссии. Получена резолюция руководителя лётных испытаний в акте приёмки результатов работы.

Все выполненные работы формируют новый облик ИУП летательного аппарата, существенно изменяя логику работы экипажа, и формируя новые требования к бортовому оборудованию, с целью снижения требований к уровню профессионального мастерства рядового лётного состава, и упрощения процесса обучения.

Сведения о соискателе:

Московский авиационный институт является ведущим университетом в области авиационных, ракетно-космических и других высокотехнологичных систем, обеспечивает прочную базу для формирования кадрового потенциала наукоёмких отраслей, занимаясь подготовкой инженеров-лидеров с широким набором мультидисциплинарных компетенций и опытом работы над реальными проектами индустриальных партнёров.

На базе института реализуются комплексные научно-образовательные программы, в том числе с зарубежными партнёрами, создаются новейшие разработки в аэрокосмической отрасли, запускаются малые космические аппараты, ведутся исследования в сфере аддитивных технологий, систем управления, IT-решений и других актуальных направлений.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Исследование в области перспективных технологий авионики вертолётов

Конкурсная работа для конкурса «Авиастроитель года» по итогам 2019 года
в номинации «За создание новой технологии»

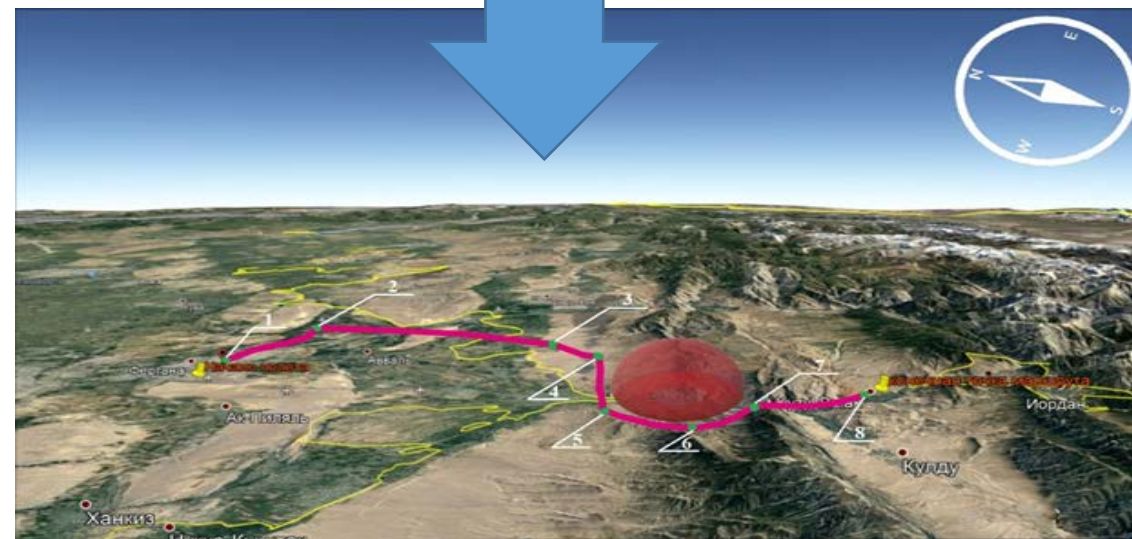
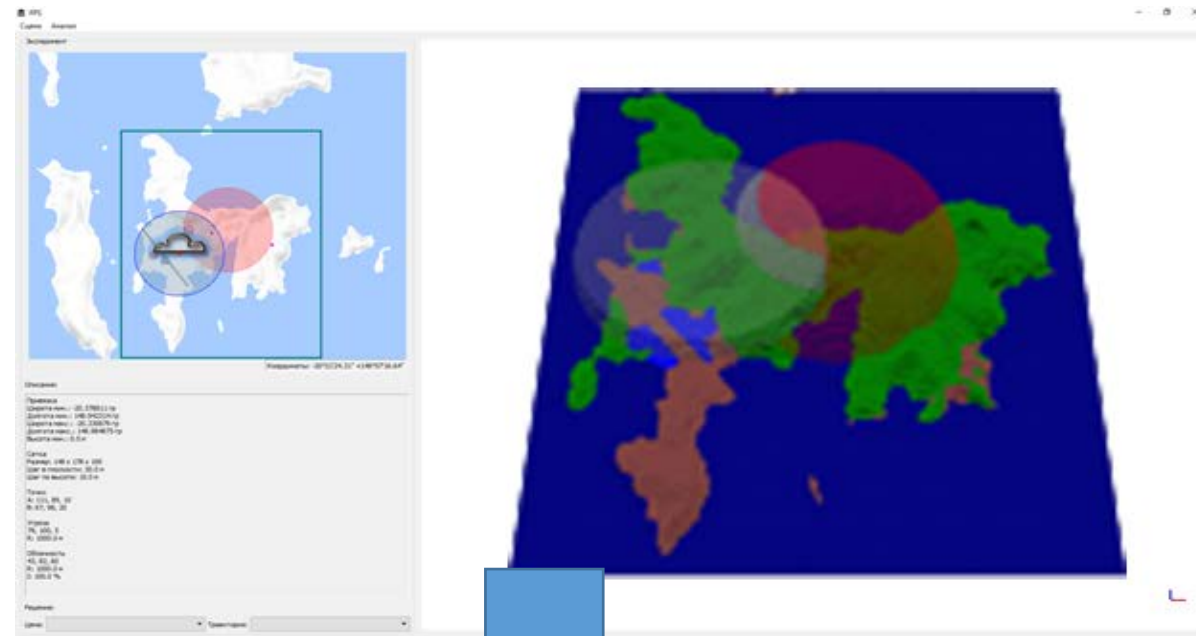
Выполненные проекты

1. «Паттерны ИУП»
2. «Рычаг»
3. «Синтетическое видение»
4. «Сенсорные панели»
5. «Голография»
6. «Дополненная реальность»

1. Паттерны ИУП

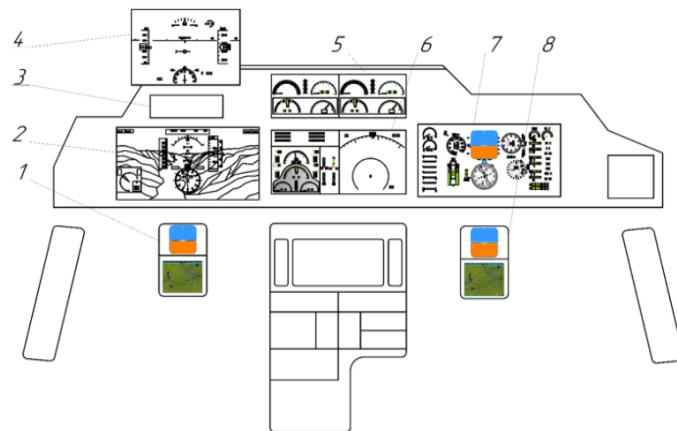
1.1. Разработана и апробирована методика оптимизации профиля выполнения лётного задания, обеспечивающая максимальную вероятность его выполнения в условиях различных по плотности и видов противодействий, различных климатических условиях.

1.2. Разработана методика оценки соответствия ТТХ существующих или перспективных вертолётов оптимальным профилям выполнения задания.

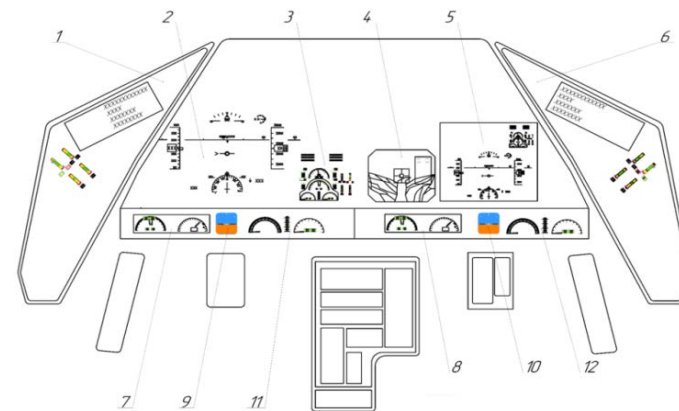


1. Паттерны ИУП

1.3. Разработаны эскизные проекты конфигураций, функционирования ИУП и циклограмм работы лётных экипажей.



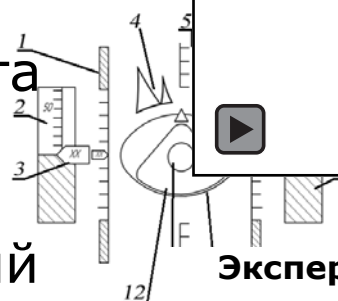
Эскизный проект модернизированной конфигурации ИУП ЛА



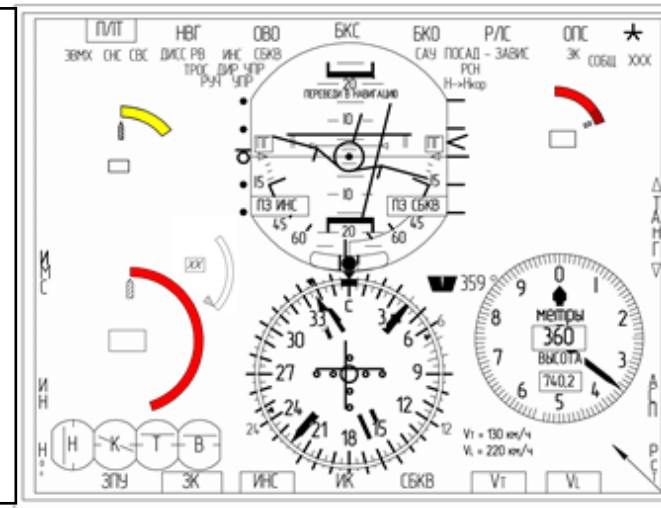
Эскизный проект ИУП перспективного вертолёта

1.4. Разработан Проект Стандарта организации на формирование оптимальных конфигураций информации и кадров индикации ИУП.

1.5. Разработан проект Стандарта организации на формирование оптимизированных конфигураций ИУП кабины лётного экипажа.



Экспериментальный пилотажный кадр



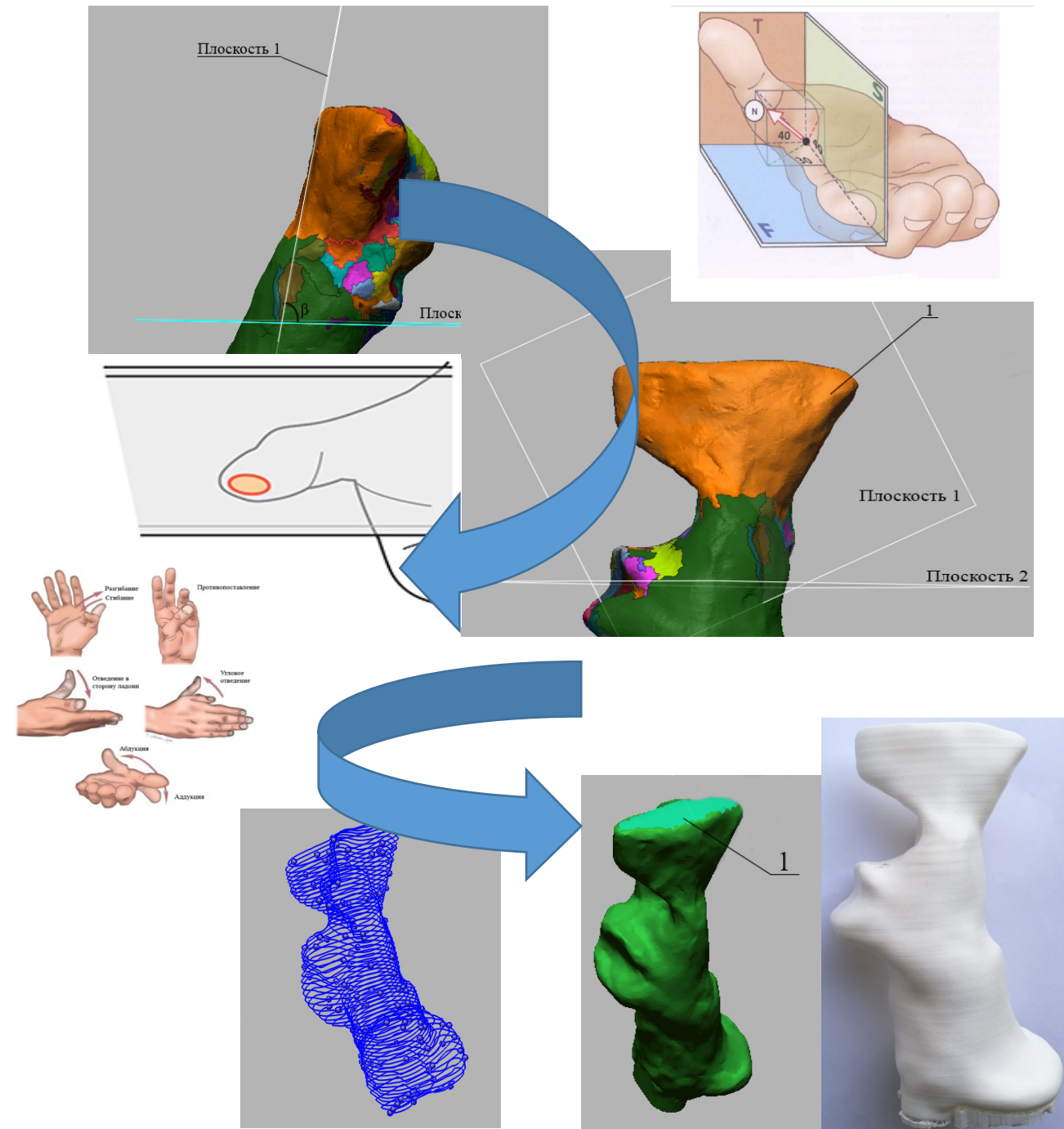
Вид оптимизированного ИК ПЛТ на этапе взлёта

2. Рычаг

2.1. На основе анализа и оптимизации

- антропометрических параметров кисти, положения тела пилота, размещения на нём одежды и т.д.,
- минимизации биомеханических усилий, затрачиваемых пилотом на удержание управления и двигательной активности пилота во время полёта,
- эргономических требований досягаемости ДУВИ пальцами рук пилота,
- распределения функций между боковыми рычагами общего и циклического шага и др. подходов

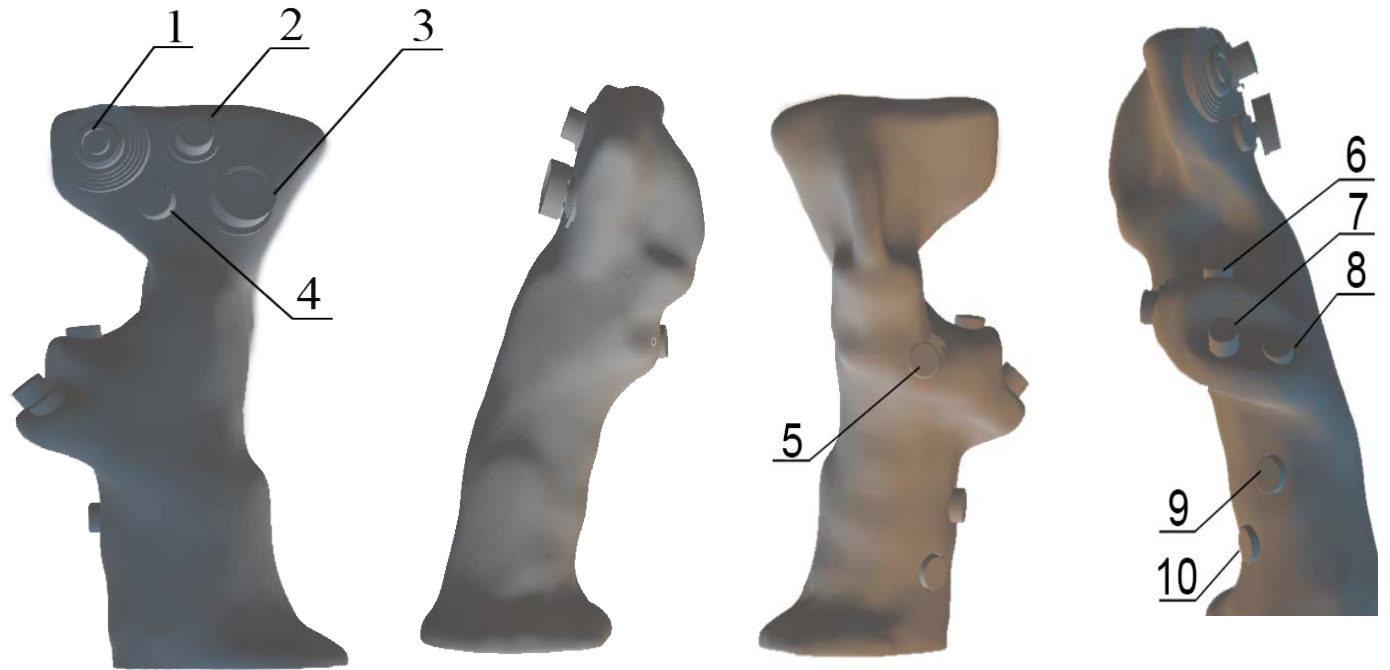
разработан и изготовлен прототип рычага многофункционального ввода информации и управления ЛА с размещёнными на нём ДУВИ.



2. Рычаг

2.2. Разработаны требования к конструкции стенда, включающего в себя основные элементы управления вертолётном, на котором предполагается проведение испытаний рычага.

2.3. Разработана программа эргономических испытаний на стенде КИСП.

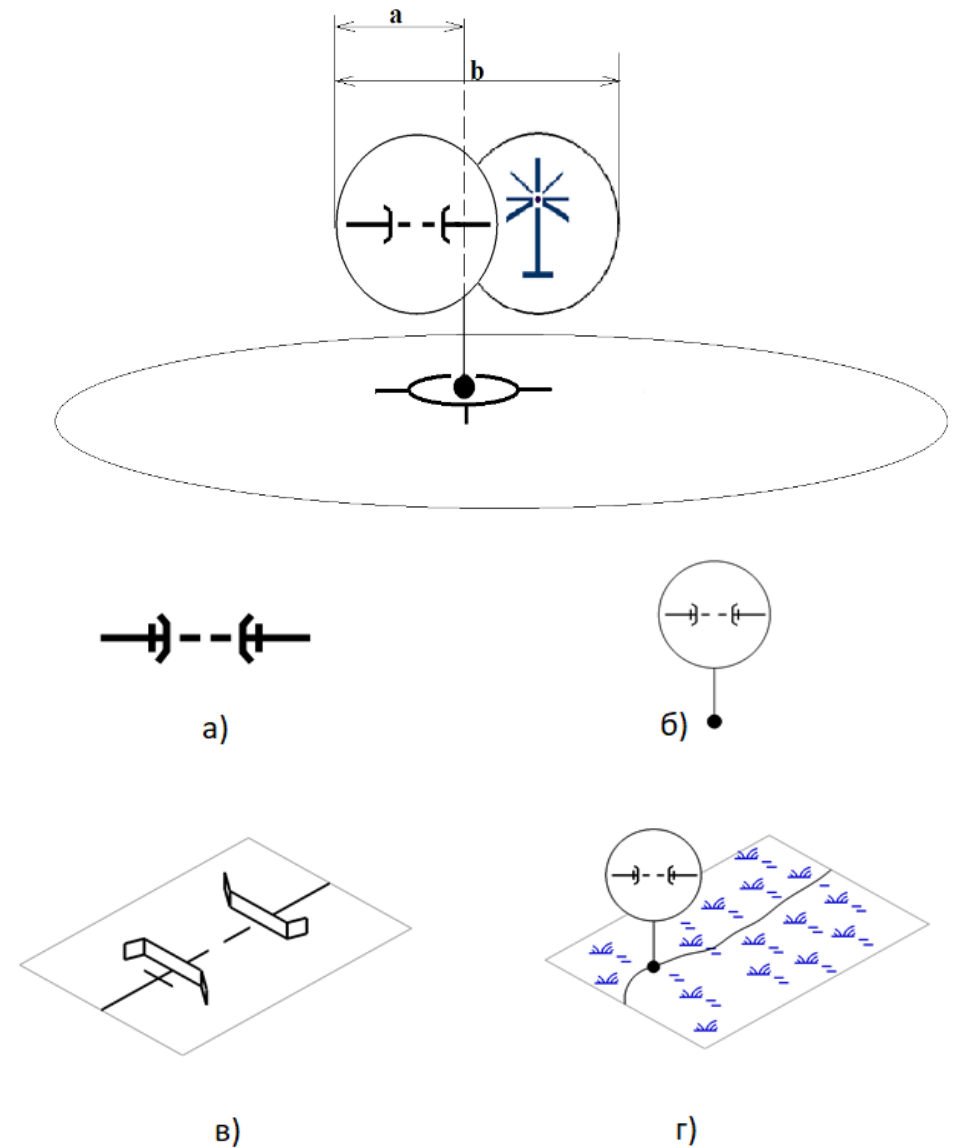


Основные виды бокового рычага управления циклическим шагом ХС: поз. 1 - кнопка «ДОП КНЮППЕЛЬ», поз. 2 - «РАДИО», поз. 3 - «НАВ», поз. 4 - «ПКГ», поз.5 – «ОВО», поз. 6 – «ТРИММ», поз. 7 – «ПОДТВЕРЖДЕНИЕ», поз. 8 – «ОТМЕНА», поз. 9 – «АП», поз. 10 – «ВИС».

3. Синтетическое видение

3.1. На основании НТД, опыта компаний-лидеров в разработке и применения ССВ разработаны:

- методика формирования индикации с использованием ССВ для ЛА,
- символьное представление информации, наложенной на 3х мерное подстилающее изображение земной поверхности «Дать пример»,
- адаптированные кадры индикации (графические макеты),
- программы функционирования кадров индикации,
- каталог индикационных паттернов для ССВ.

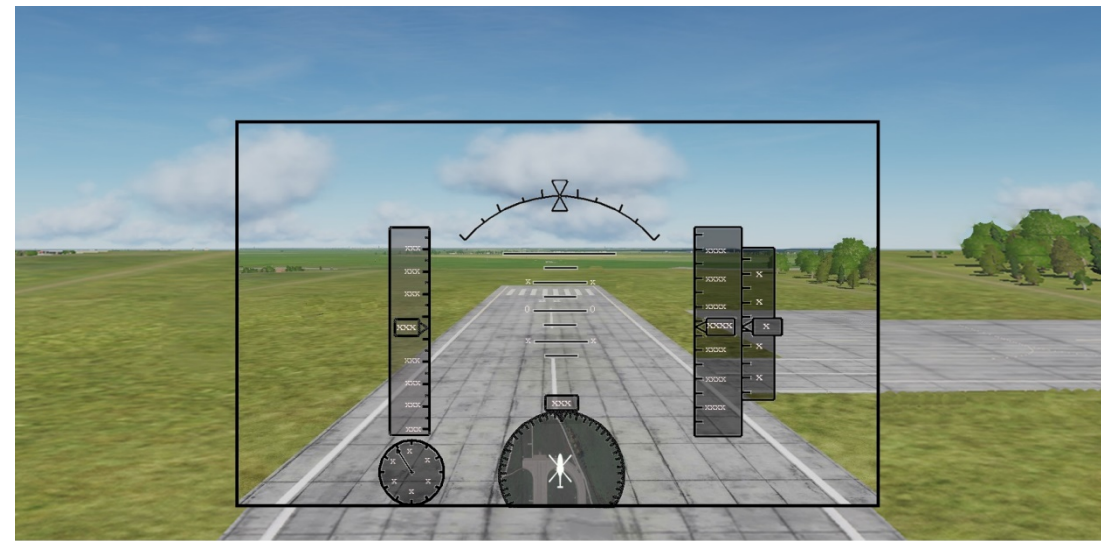


Паттерны индикации объектов инфраструктуры на подстилающей поверхности кадра ССВ

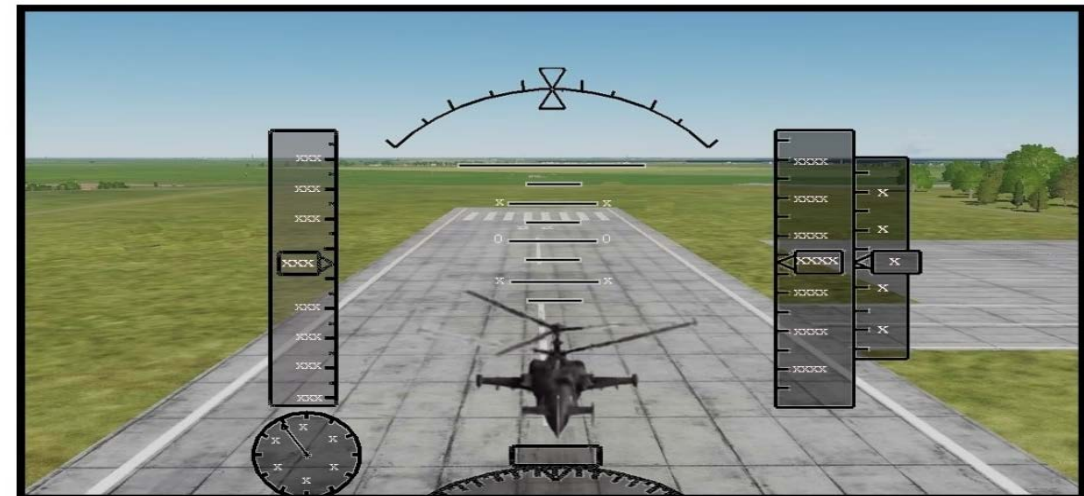
3. Синтетическое видение

3.3. Разработан проект Стандарта предприятия на использование системы синтетического видения в составе системы электронной индикации.

3.4. Разработан проект ТЗ на оснащение стенда прототипирования (КИСП) системой ССВ, позволяющей реализовать разработанные предложения и оценить их эффективность.



ИК ССВ с применением системы, отслеживающей положение головы



ИК ССВ с изменённой точкой визирования

4. Сенсорные панели

4.1. На основе результатов сравнения внедренных в ЛА СП обосновано их применение в ИУП вертолётов.

4.2. Разработан план исследований по отработке характеристик СП и приёмов работы лётного экипажа вертолёт с сенсорной панелью, оптимального набора её функций, конфигурации ИУП и представления информации на кадрах индикации.

4.3. Разработаны требования к стенду для эргономической оценки сенсорной панели и кадров индикации.

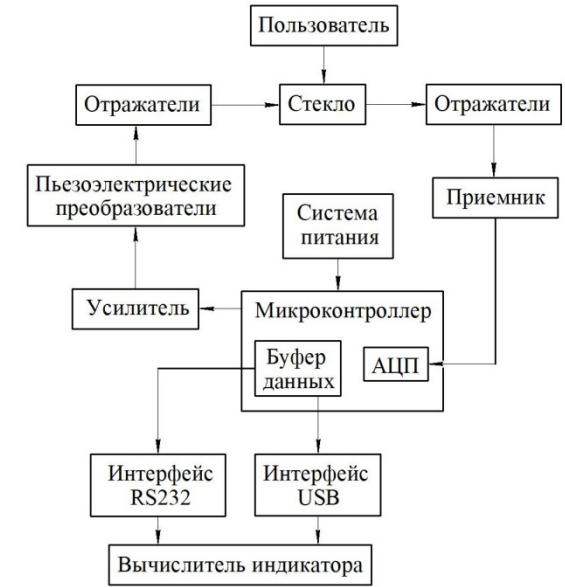


Широкоформатная система индикации, состоящая из двух совмещённых сенсорных экранов, устанавливаемая в F-35

4. Сенсорные панели

4.4. Разработан проект стандарта организации на технические требования к сенсорным панелям, применяемым в системах электронной индикации и управления вертолётов.

4.5. Разработан проект стандарта предприятия на разработку и применение сенсорных панелей в составе ИУП вертолёта.



Функциональная схема СП

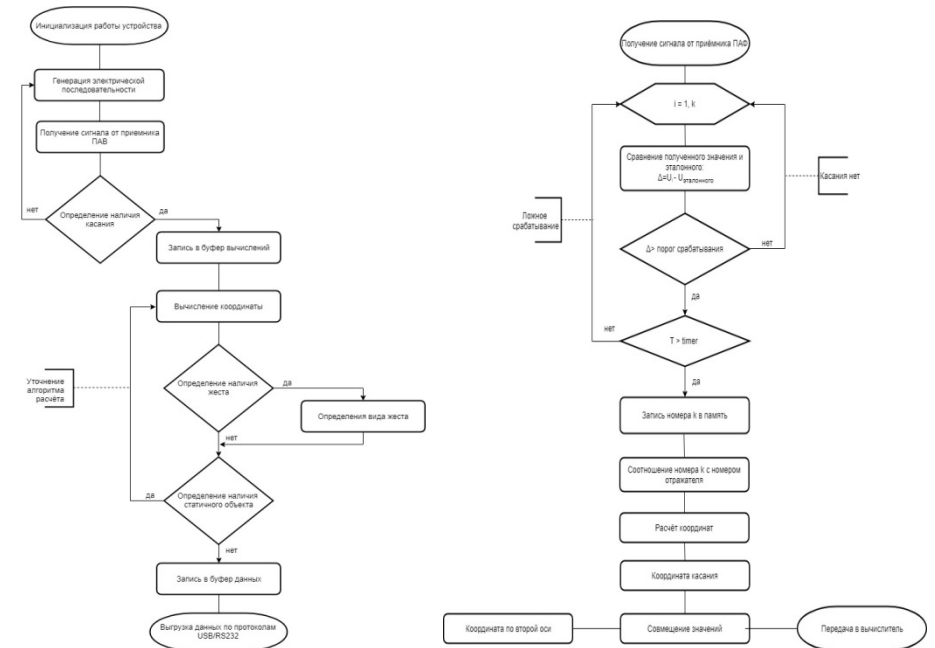


Схема алгоритма вычисления координаты касания СП

5. «Голография»

5.1. Анализ данных о разработках, производстве, принципах вывода информации в поле зрения пилота показал, что использование технологии голографических волноводов является крайне перспективной для применения в ЛА, т.к. СОИ, построенные по проекционной схеме, исчерпали возможность дальнейшего улучшения характеристик из-за чрезмерного увеличения габаритов.

5.2. Прогноз развития технологии ГВ указывает на их потенциальное превосходство перед проекционной технологией по полю обзора, массе, объему, яркости и чёткости изображения, прозрачности, что позволяет гарантированно отображать пилотажно-навигационную, уведомляющую, предупреждающую и др. информацию на фоне окружающего пространства.

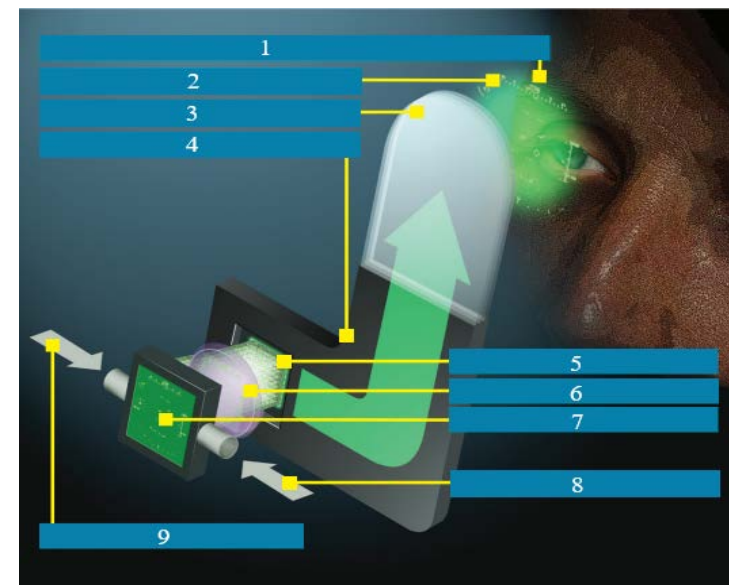
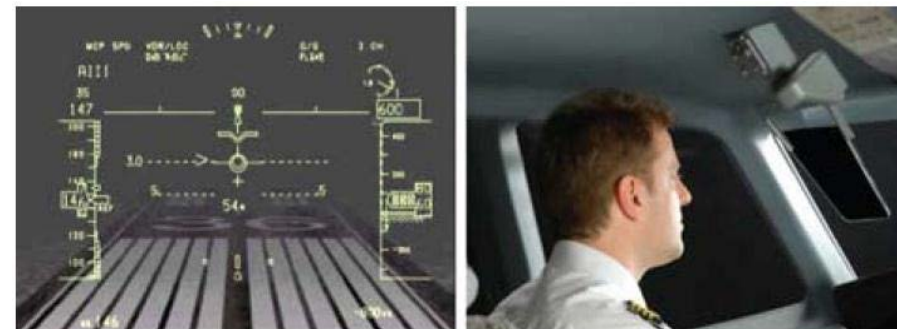


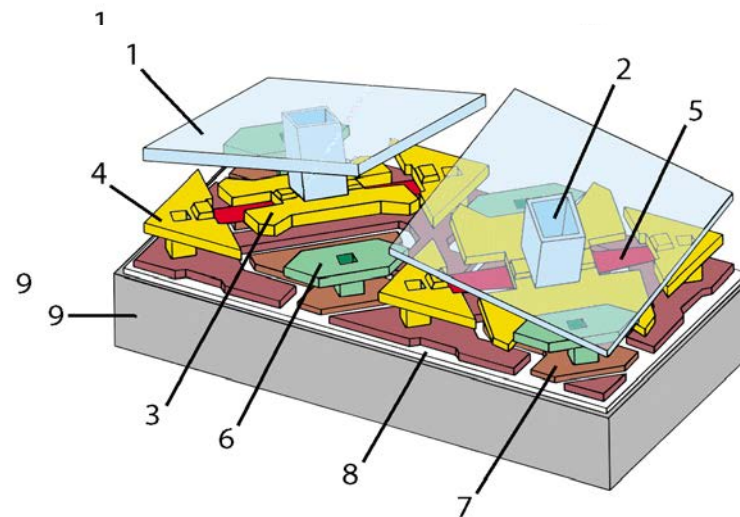
Схема СОИ ГВ: 1 изображение, 2-3 - прохождение света, 4 – ГВ узел, 5 – выходной порт изображения, 6 – миниатюрная коллимационная линза, 7 – ЖК микродисплей, 8 – светодиодная подсветка высокой яркости; позицией 9 – порт ввода символов/изображения

5. «Голография»

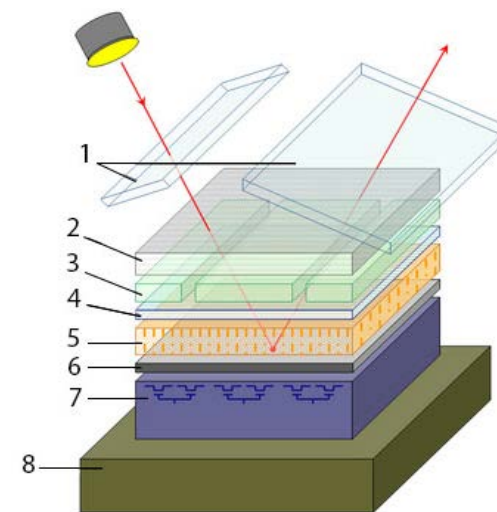
5.3. Проанализирован детальный состав ИЛС ГВ с оценкой производства в РФ. Производство СОИ с применением технологии голографических систем отображения информации в РФ в настоящий момент не выполняется, т.к. отсутствуют отечественные производители основных элементов любой СОИ с ГВ: матриц и светодиодов необходимой мощности. Основные производители *DMD* и *LCoS* матриц – компании США и Китая, выпускающие такие матрицы по лицензии компаний США.

5.4. Сравнительный анализ характеристик СОИ ГВ разных производителей позволил выявить требуемые для ЛА характеристики и выбрать прототипы для перспективных СОИ.

5.5. Разработан проект требований к элементам и голографической системе отображения информации, что даёт возможность создать отечественную СОИ ГВ для применения её в БРЭО вертолётa.



Элементарный компонент *DMD* матрицы



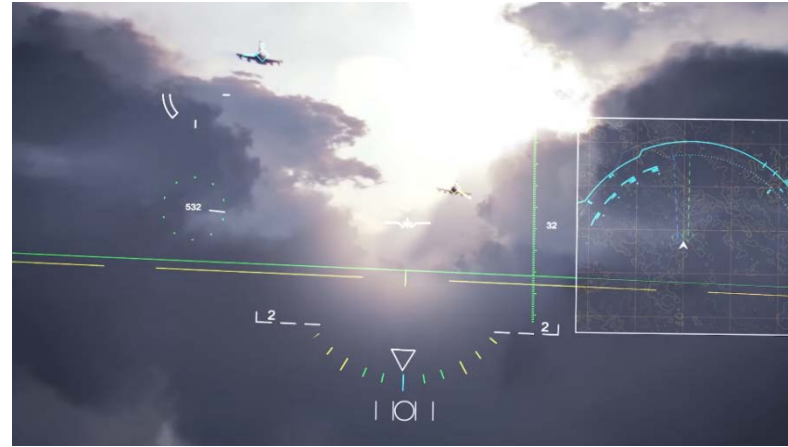
Элементарный компонент *LCoS* матрицы

6. Дополненная реальность

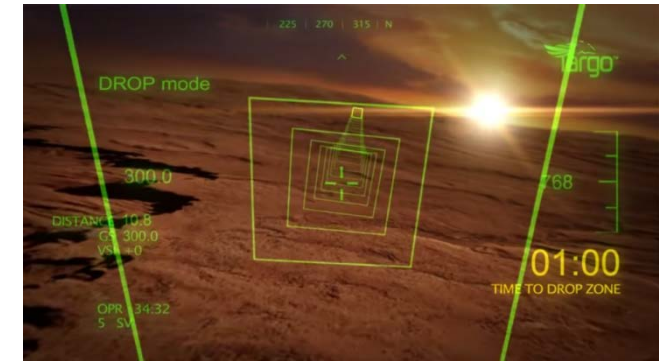
6.1. Из анализа опыта разработок и применения СДР в авиационной/не авиационной практиках доказано, что применение СДР позволит:

- повысить информационную осведомлённость экипажа ЛА о заборном и внутрикабинном пространстве;
- снизить стоимость бортового комплекса;
- повысить безопасность пилотирования ЛА за счёт индикации малозаметных объектов на земле и в воздухе – проводов, ветвей деревьев и др.

6.2. Обоснован выбор СДР для его модернизации для применения в бортовом ИУП.



Индикационный кадр *BAE Striker II*



Индикационный кадр *TARGO II*



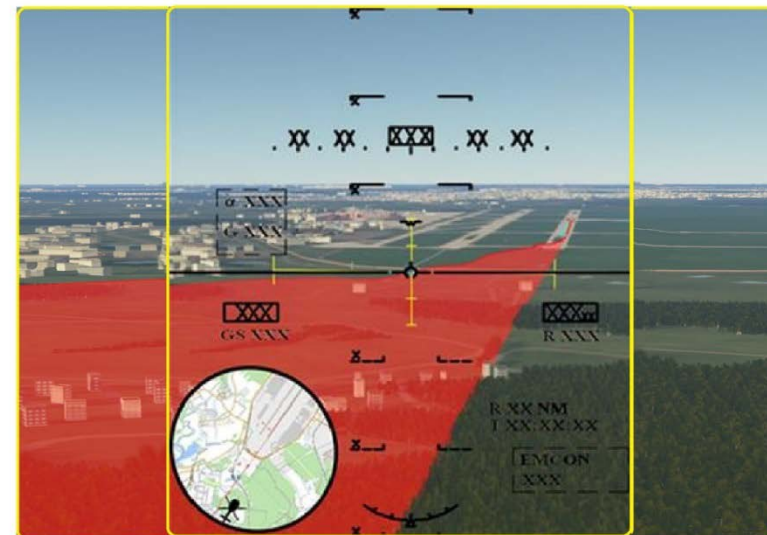
Очки *HoloLens*. 1 - защитное стекло, 2 - технологическая панель, 3 - корпус

6. Дополненная реальность

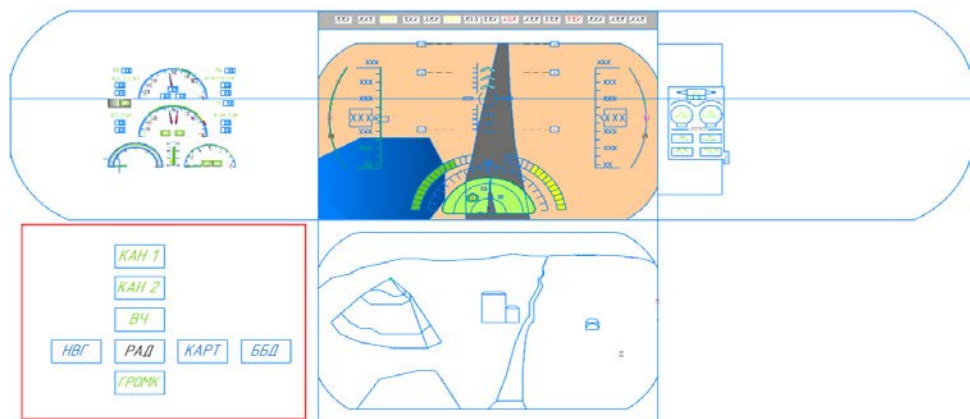
6.3. Разработана структура, информационный состав и графическое отображение индикационных кадров СДР.

6.4. Предложены ИК СДР для различных типов вертолётов.

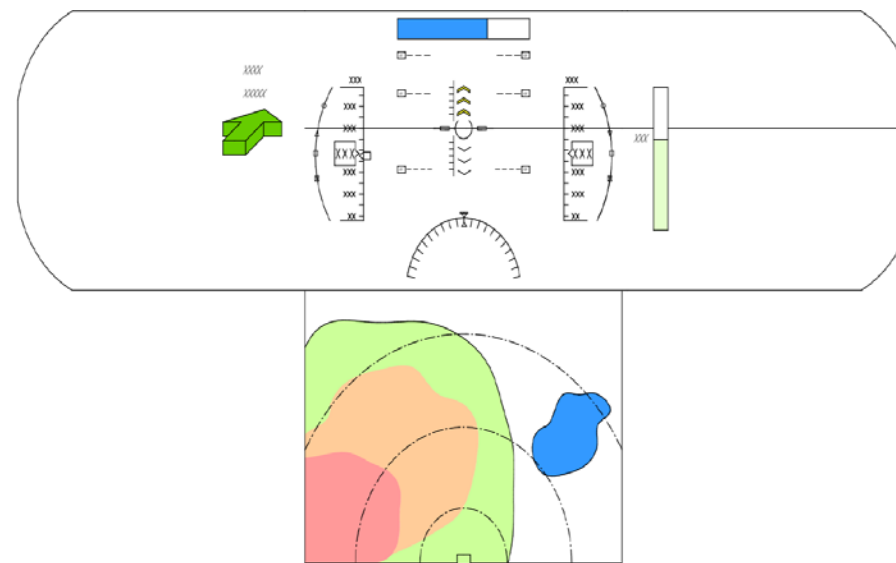
6.5. Для ИУП вертолёта-прототипа разработан СДР с адаптивными индикационными кадрами по концепции *НОСАС*.



ИК с картой нашлемного СДР



Адаптивный индикационный кадр по концепции *НОСАС*



Индикационный кадр противопожарного ЛА

6. Дополненная реальность



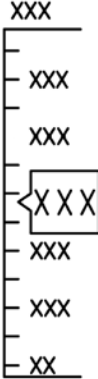
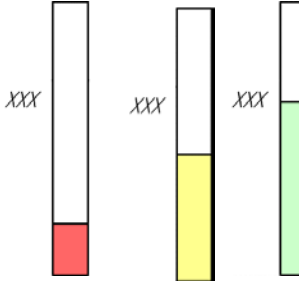
6.6. Разработан проект Стандарта организации «Аппаратное обеспечение СДР вертолётов».

6.7. Разработан проект Стандарта организации «Состав, конфигурация и представление информации в СДР».

6.8. Разработано ТЗ на НИР «Создание прототипа авиационной системы дополненной реальности».

6.9. Разработан план-график работ НИР «Создание прототипа авиационной системы дополненной реальности».

Пример перечня индикаторов ИК СДР поисково-спасательного вертолёта

Индикатор	Изображение	Принцип работы
Авиагоризонт		Линия авиагоризонта проходит сквозь всю область обзора пилота
Вариометр		Вариометр объединен с авиагоризонтом; Для качественного указания вертикальной скорости используются стрелки направления (вверх\вниз) и цветовое обозначение (от зеленого при минимальной скорости до красного при максимальной)
Высота		Данный индикатор представляет собой подвижную шкалу с неподвижным указателем значения текущей высоты.
Высота до ближайшего объекта		В случае, когда расстояние от ЛА до ближайшего объекта мало, степень заполненности индикатора мала, цветовое наполнение представлено красным цветом. При увеличении расстояния индикатор постепенно заполняется, при этом цвет меняется на желтый (средняя удаленность) и зеленый (при большом удалении от ближайшего объекта)

Заключение по работам

Для повышения качества выполнения полётного задания в условиях неопределённости, вызванной постоянно меняющейся, опасной для выполнения задания информацией за счёт выявления, обработки, предоставления экипажу новой не заложенной в выполнение полётного задания информации с дальнейшей выработкой управляющего сигнала, обосновано применение специальных комплексов: системы синтетического видения, система дополненной реальности, индикационные мониторы с сенсорными панелями, оптимизированные кадры ИУП, специальные рычаги управления вертолётom в составе БРЭО и ИУП, и разработаны требования к ним позволяющие сформировать задачи для из апробации. Обоснование применимости должно быть выполнено на комплексном стенде оперативного прототипирования (КИСП) ИУП.