



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11)

**8 828** (13) **U1**

(51) МПК  
*G09B 23/00* (1995.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21), (22) Заявка: 97121621/20, 30.12.1997

(46) Опубликовано: 16.12.1998

(71) Заявитель(и):

**Летно-исследовательский институт  
им.М.М.Громова**

(72) Автор(ы):

**Берестов Л.М.,  
Петров А.Н.,  
Харин Е.Г.,  
Якушев А.Ф.,  
Держач О.Я.,  
Калинин Ю.И.,  
Кабачинский В.В.,  
Сапарина Т.П.**

(73) Патентообладатель(и):

**Летно-исследовательский институт  
им.М.М.Громова**

## (54) СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

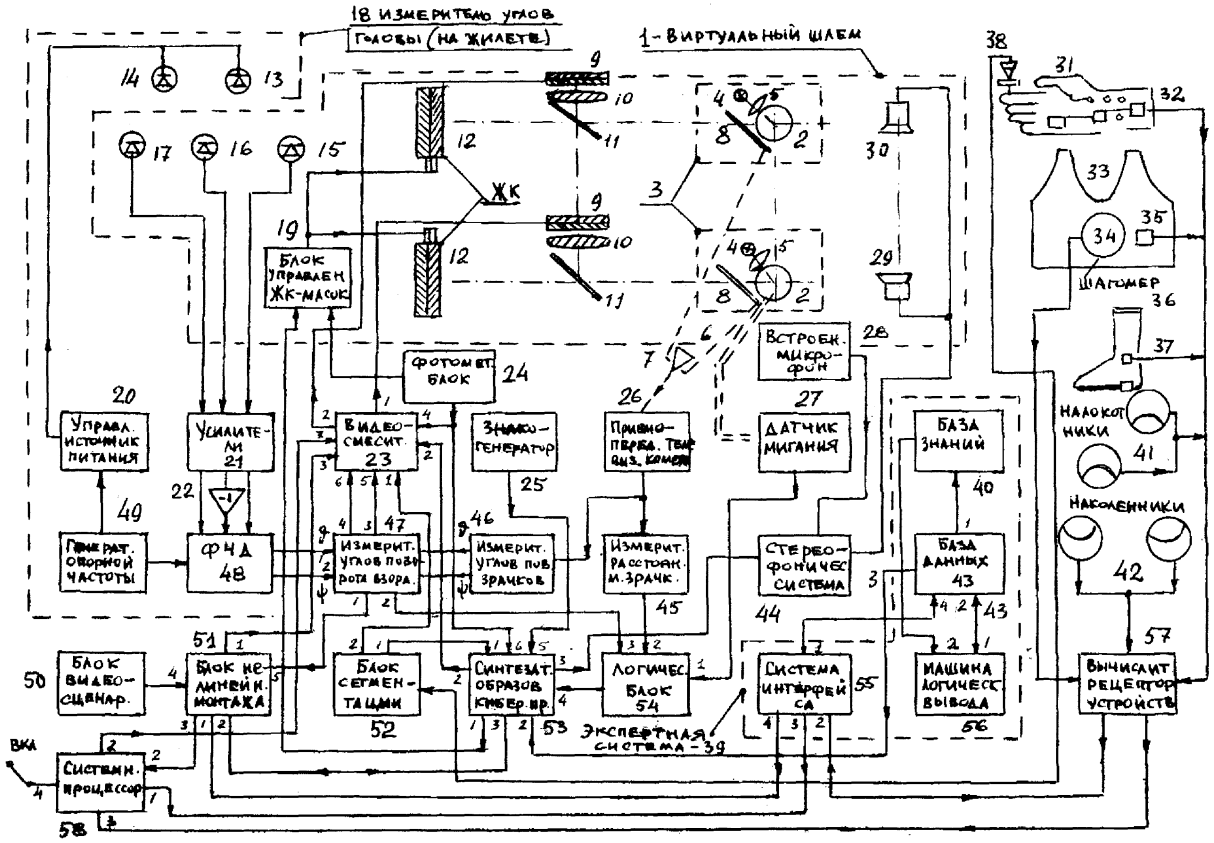
### (57) Формула полезной модели

Система обучения операторов для технического обслуживания летательных аппаратов (ЛА), состоящая из виртуального шлема с системой цветного стереоскопического изображения с жидкокристаллическими (ЖК) матрицами, полупрозрачными отражателями и ЖК-экранами, связанными их входами с видеосмесителем, взглядоотметчиком, связанным с приемопередающей телевизионной камерой, системой стереофонического звучания с встроенным микрофоном и стереофоническими наушниками, измерителя углов поворота головы оператора с фазочувствительным детектором (ФЧД), рецепторных устройств, установленных в перчатках, налокотниках, жилете с дистанционным шагомером, наколенниках, ботфортах, оборудованных оптико-волоконными датчиками перемещений, изгиба, натяжения, тактильными датчиками, соединенных через преобразователи, платы расширения и контроллеры с мини-ЭВМ вычислителем обработки рецепторных устройств, отличающаяся тем, что в нее введены экспертная система, системный процессор управления, измеритель расстояния между зрачками глаз, измеритель углов поворота зрачков глаз, связанный с ними двумя входами измеритель углов поворота взора, датчик мигания глаз, подключенный ко входу логического блока, фотометрический блок, подключенный ко входу блока управления ЖК-масками, блок видеосценариев, синтезатор образов, знакогенератор, логический блок, блок сегментации, подключенный первым выходом к первому входу синтезатора образов,

вторым выходом - к первому входу видеосмесителя, а входом - к кнопке, расположенной на перчатке, первый выход блока базы данных соединен с блоком базы знаний, второй выход связан взаимнообратной связью с машиной логического вывода, третий выход - со вторым входом синтезатора образов, а четвертый вход соединен взаимнообратной связью с системой интерфейса экспертной системы, вход машины логического вывода соединен с выходом базы знаний, второй вход системы интерфейса экспертной системы соединен с вычислителем обработки рецепторных устройств, третий вход соединен с системным процессором управления, четвертый вход соединен с первым входом блока нелинейного монтажа, третий, четвертый, пятый и шестой входы синтезатора образов соединены взаимнообратной связью со вторым входом блока нелинейного монтажа, логическим блоком, знакогенератором, фотометрическим блоком, а первый, второй, третий, четвертый выходы его соответственно соединены со вторым входом блока управления ЖК-масками, со вторым входом видеосмесителя, со входом стереофонической системы, со вторым входом блока нелинейного монтажа, третий, четвертый, пятый входы блока нелинейного монтажа соответственно соединены со вторым выходом системного процессора управления, с выходом блока видеосценариев, с первым выходом измерителя углов поворота взора, первый выход блока нелинейного монтажа соединен с третьим входом видеосмесителя, второй и третий входы логического блока подключены соответственно к измерителю углов поворота зрачков глаз и второму выходу измерителя углов поворота взора, четвертый вход видеосмесителя связан с выходом фотометрического блока, пятый и шестой его входы связаны с измерителем углов поворота взора, седьмой вход связан с выходом системного процессора управления, а первый и второй выходы видеосмесителя подключены к ЖК-экранам виртуального шлема, два входа измерителя углов поворота взора связаны с ФЧД измерителя углов поворота головы оператора, при этом вход приемопередающей телевизионной камеры через волоконные световоды и призму оптически связан с зеркалами взглядоотметчика, а выход приемопередающей телевизионной камеры подключен ко входам измерителя углов поворота зрачков и входу измерителя расстояния между зрачками, кроме того, третий и четвертый входы системного процессора управления соединены соответственно с вычислителем обработки рецепторных устройств и тумблером включения системы.

RU  
8828  
U1

RU  
8828  
U1



97/2/621

G2c 27/03

G2c 25/01

G09 B/08

***СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ ТЕХ-  
НИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ***

Изобретение относится к области тренажеров для обучения приемам эксплуатации, методам и технологиям технического обслуживания авиационной техники и может быть использовано для контроля за точностью выполнения оператором установленной технологии в рамках заданной программы обучения приемам эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) и их агрегатов, анализа технологии технического обслуживания ЛА, решения задач научно-технических разработок.

Данная система компьютерного обучения позволяет повысить качество и сократить процесс подготовки операторов благодаря точной и достоверной идентификации ошибок в приемах эксплуатации авиационной техники.

Известна система виртуальной реальности VFX1 [1]. Система имеет три степени свободы изображения: вращение и управление по трём координатам, состоит из шлема с высокой разрешающей способностью, с 3-х мерным цветным изображением и 3-х мерным стереозвуком. Открытая архитектура шлема и головы удобна пользователям кибернетического пространства.

Система VFX1 состоит из следующих встроенных модулей:

- система отслеживания движения головы, гарантирует точное вхождение и быструю обратную связь, переносящую оператора в "виртуальный мир". Система отслеживания обеспечивает вращение, бросок и отклонение от направления для точной визуальной ориентации;

- опускающийся козырёк позволяет оператору системы использовать ПЭВМ, не снимая виртуального шлема (ВШ) с головы, ( когда оператор не погружён в виртуальную реальность, он может поднять козырёк ВШ, когда готов ко входу в виртуальную реальность, опускает козырёк);

- встроенный конденсаторный микрофон даёт возможность голосового общения (при участии нескольких партнёров), распознавания голоса при погружении в интерактивное кибернетическое пространство; микрофон встроен в козырёк и связан со звуковой платой усиления;

- блок трёхмерного стереоскопического изображения с использованием двух цветных жидкокристаллических (ЖК) дисплеев с высококонтрастным изображением (789×230 строк). Каждый глаз видит своё изображение, при этом оба изображения синхронизированы, обеспечивают глубину видения, что способствует максимальной реалистичности стереоизображения области, где происходит действие;

- стереонаушники-стереодинамики высокого качества, связанные со звуковой платой для воспроизведения звуков виртуальной реальности; используется система трёхмерного звука;

- двухмерный кибернетический орган управления ( типа "теннисного мяча"), который освобождает пользователя от ограничений, связанных с "мышью" или джойстиком; "теннисный мяч" оснащён кнопками и удобным эргономическим контролем (управлением), связан с платой расширения;

- интерфейсная плата расширения для связи подсистем соединена с платой экрана и помогает использовать шлем для связи прикладными программами (плата выполнена как адаптер для соединения внешних устройств виртуальной реальности: перчатки, ботфорты, жилет со встроенными сенсорами и др.).

Дисплей - трёхмерный стереоскопический с активными жидкокристаллическими матрицами с разрешением 789×230 (181.470 пикселей) обеспечивает высококонтрастное цветное видеозображение размером 10,6×14,3мм (35,2×53°); оптическая система регулируется, изменяется приближённость лица оператора, а также подстраивается под различные межзрачковые расстояния.

Компьютерное кибернетическое пространство моделируется с помощью мини-ЭВМ.

Однако данная система не удовлетворяет требованиям по подготовке и обучению операторов для технического обслуживания ЛА в части необходимых степеней свободы и возможностей подобного моделирования типовых операций технического обслуживания.

Известна [2] система программированного гибкого профессионального обучения летчиков летному мастерству и обеспечения инструкциями человека-оператора, взятая за прототип. В системе используется обратная связь по принципу "эффекта тренировки" - т.е. если обучаемый делает ошибки, то используются инструкции как исправить эти ошибки, когда это нужно. Программированное обучение использует результаты тестирования операторов. В системе используется шлем V-CAP-1000 системы виртуальной реальности. В шлеме реализовано моноизображение на стекле экрана шлема-монокулярный дисплей (Paul Proctor, стр.77). Изображение содержит 640×480 пикселей, V=12v, W=3,5ват. В шлеме расположены микрофон и наушники, используются голосовые команды, радиосвязь, система позволяет на рабочем месте использовать вход в базы данных вычислителя.

Однако данная система не позволяет выполнять глубокое в полной мере обучение приёмам обслуживания ЛА, так как не удовлетворяет требованиям программированного обучения операторов для технического обслуживания ЛА и его агрегатов.

Цель изобретения-расширение технических возможностей компьютерных систем, используемых при программированном обучении операторов приемам технического обслуживания ЛА, сокращение сроков и повышение качества обучения путем более детального моделирования процесса обучения.

В соответствии с основными задачами технического обслуживания и ремонта работами, выполняемыми в процессе эксплуатации ЛА, являются:

- работы, непосредственно связанные с подготовкой ЛА к применению по назначению или предназначенные для обеспечения функционирования его систем и отдельных агрегатов ( технологическое обслуживание, то есть зарядно заправочные и снаряжательные работы).

- профилактические работы, в число которых входят смазочные работы, работы по очистке, мойке, дезинфекции, защиты от обледенения и др. Целью этих работ является обеспечение необходимых условий работы агрегатов и элементов конструкции, предупреждение отказов.

- контрольно-проверочные работы, целью которых является либо только контроль работоспособности (выявление отказов), оценка соответствия нормам технических параметров, либо контроль технического соответствия с прогнозированием его изменения. Первый может выполняться без средств контроля с использованием зрения, слуха, обоняния ( забоины лопаток, прогары, стружка в масле и т.д.) и второй - инструментальный с применением различных приборов и методов неразрушающего контроля (рентген, УЗИ и др.).

- восстановительные работы для непосредственного восстановления работоспособности или неисправного состояния ЛА. (замена отказавших блоков, агрегатов, узлов, регулировочные работы, пайка, сварка).

- вспомогательные работы-для обеспечения доступа к обслуживанию к агрегатам и элементам конструкции ЛА. (открытие и закрытие люков, панелей, створок, работы по монтажу и демонтажу агрегатов, элементов, препятствующих доступу и демонтажу объекта обслуживания, работы по сливу, сравнению давления рабочих тел в агрегатах для их обслуживания и ремонта вне ЛА).

- подготовительно-заключительные работы: чехление ЛА, установка и снятие различных заглушек, колодок, подключение и отключение заземления и средств обслуживания, настройка средств контроля, контроль качества работ.

Для решения указанной задачи в системе обучения операторов для технического обслуживания летательных аппаратов (ЛА), состоящей из виртуального шлема с системой цветного стереоскопического изображения с жидкокристаллическими (ЖК) матрицами, полупрозрачными отражателями и ЖК-экранами, связанными их входами с видеосмесителем, взглядоотметчика, связанного с приемо-передающей телевизионной камерой, с видеосмесителем, системы стереофонического звучания с встроенным микрофоном и стереонаушниками, измерителя углов поворота головы (ИУПГ) оператора с фазочувствительным детектором (ФЧД), рецепторных устройств, установленных в перчатках, наколктниках, жилете с дистанционным шагомером, наколенниках, ботфортах, оборудованных датчиками перемещений, изгиба, натяжения, тактильными датчиками, соединенных через платы расширения и контроллера с мини-ЭВМ - вычислителем обработки рецепторных устройств (ВОРУ), в нее введены экспертная система (ЭС), системный процессор управления (СПУ), измеритель расстояния между зрачками глаз (ИРМЗГ), измеритель углов поворота зрачков глаз (ИУПЗГ), связанный с ними двумя входами измеритель углов поворота взгляда (ИУПЗ), датчик мигания, подключенный ко входу логического блока, фотометрический блок, подключенный ко входу блока управления ЖК-масками, блок видеосценариев, синтезатор образов, знакогенератор, логический блок, блок сегментации, подключенный первым выходом к первому входу синтезатора образов, вторым выходом - к первому входу видеосмесителя, а выходом - к кнопке, расположенной на перчатке, первый выход блока базы данных соединен с блоком базы знаний, второй выход связан взаимнообразной связью с первым входом машины логического вывода, а третий выход - со вторым входом синтезатора образов, первый вход блока базы данных взаимнообразной связью соединен со вторым входом машины логического вывода, а второй вход - с первым выходом системы интерфейса экспертной системы, вход



машины логического вывода соединен с базой знаний, второй выход системы интерфейса взаимобразной связью соединен с вычислителем отработки рецепторных устройств (ВОРУ), третий выход соединен с системным процессором управления, четвертый выход соединен с первым входом блока нелинейного монтажа, третий, четвертый, пятый и шестой входы синтезатора образов соответственно соединены со вторым входом блока нелинейного монтажа, выходом логического блока, знакогенератором, фотометрическим блоком, а первый, второй, третий и четвертый выходы его соответственно соединены со вторым входом блока управления ЖК-масками, со вторым входом видеосмесителя, со входом стереофонической системы, со вторым входом блока нелинейного монтажа, третий, четвертый, пятый входы блока нелинейного монтажа соответственно соединены со вторым выходом системного процессора управления, с выходом блока видеосценариев, с первым выходом измерителя углов поворота взора, первый выход блока нелинейного монтажа соединен с третьим входом видеосмесителя, второй выход блока нелинейного монтажа соединен с первым выходом системного процессора управления, второй и третий входы логического блока подключены соответственно к ИРМЗ и второму выходу ИУПВ, четвертый вход видеосмесителя связан с выходом фотометрического блока, пятый и шестой связаны с ИУПВ, седьмой вход связан с выходом системного процессора управления, первые и вторые выходы видеосмесителя подключены к ЖК-экранам виртуального шлема, два входа измерителя углов поворота взора (ИУПВ), связаны с ФЧД измерителя углов поворота головы (ИУПГ) оператора, вход приемопередающей телевизионной камеры через волоконные световоды и призму оптически связан с выходными зеркалами взглядоотметчика, а выход приемопередающей телевизионной камеры подключен ко входам измерителя углов поворота зрачков и входу измерителя расстояния между зрачками, кроме того, третий и четвертый входы системного процессора управления соединены соответственно с вычислителем отработки рецепторных устройств и тумблером включения системы.

Действительно, использование системы виртуальной реальности дает возможность обучаемому оператору имитировать все возможные действия по

приобретению навыков технической эксплуатации ЛА. Кроме того, введение в состав устройства обучения ЭС резко увеличивает эффективность обучения оператора, т.к.

- БЗ дает эталон действий при освоении обслуживания ЛА;
- БЗ дает возможность моделировать отказы и неисправности оборудования ЛА;
- БЗ представляет оператору эталон действий при поиске отказов и выполнении типовых работ.

Сущность изобретения поясняется на фиг. 1, на которой изображена система обучения операторов для технического обслуживания ЛА; на фиг.2 - узел съема оптических сигналов положения глаз лётчика, на фиг. 3 - блок-схема системы сложения изображений и образования видеоэффектов, на фиг. 4 - граф логической связи.

- 1 - виртуальный шлем,
- 2 - глаза лётчика,
- 3 - взглядоотметчик с зеркалами, линзами, отражателями,
- 4 - источник света,
- 5, 10 - линзы,
- 6 - волоконные световоды передачи индексов (меток) глаз,
- 7 - прямоугольная призма,
- 8, 11 - полупрозрачные отражатели (зеркала).
- 9 - жидкокристаллические (ЖК)экраны,
- 12 - жидкокристаллические (ЖК) маски,
- 13, 14 - полупроводниковые источники света,
- 15, 16, 17 - фотоприёмники,
- 18 - измеритель углов поворота головы оператора,
- 19 - блок управления ЖК-масками (БУЖМ), включающий модулятор и генератор,
- 20 - управляемый источник питания,
- 21 - усилители,
- 22 - инвертор,
- 23 - видеосмеситель,
- 24 - фотометрический блок внешнего излучения,

- 25 - знакогенератор,
- 26 - приёмно-передающая телевизионная камера с объективом,
- 27 - датчик мигания, *маз*
- 28 - встроенный микрофон,
- 29, 30 - стереофонические наушники,
- 31 - перчатка,
- 32 - оптоволоконные датчики изгиба, натяжения, абсолютного положения и тактильные датчики,
- 33 - жилет оператора,
- 34 - дистанционный шагомер,
- 35 - датчики изгиба, натяжения, тактильные датчики,
- 36 - ботфорты оператора,
- 37 - датчики изгиба, натяжения,
- 38 - кнопка включения на ручке управления,
- 39 - экспертная система (ЭС)-автоматизированная система обучения (АОС),
- 40 - блок базы знаний (БЗ),
- 41 - налокотники,
- 42 - наколенники,
- 43 - блок базы данных (БД),
- 44 - система стереофонического звучания,
- 45 - измеритель расстояния между зрачками глаз,
- 46 - измеритель углов поворота зрачков глаз,
- 47 - измеритель поворота углов взора оператора,
- 48 - фазочувствительные детекторы (ФЧД),
- 49 - генератор опорной частоты,
- 50 - блок видеосценариев,
- 51 - блок нелинейного монтажа,
- 52 - блок сегментации,
- 53 - синтезатор образов кибернетического пространства,
- 54 - логический блок,
- 55 - система интерфейса ЭС,
- 56 - машина логического вывода,

- 57 -вычислитель обработки рецепторных устройств ,
- 58 - системный процессор управления,
- 59 - тумблер включения системы.

На фиг. 2 изображены

- 60, 70 - триггер (ключ),
- 61 - счётчик импульсов,
- 62 - генератор импульсов,
- 63 - цифроаналоговый преобразователь (ЦАП),
- 64, 73 - компаратор,
- 65 - инфракрасный (ИК) фотодиод,
- 66 - опорный генератор,
- 67 - схема "И-НЕ",
- 68 - интегратор,
- 69, 71 - инвертор,
- 72 - ограничитель,
- 74 - фотоприёмник.

Виртуальный шлем 1 состоит из системы цветного стереоскопического изображения с ЖК-матрицами 9, линзами 10, полупрозрачными зеркалами 11, видеосмесителем 23, системы стереофонического звучания 44 со встроенным микрофоном 28 и стереонаушниками 29, 30; рецепторные устройства системы виртуальной реальности состоят из перчаток 31, ботфортов 36, жилета с шагомером 34, оборудованных датчиками изгиба, натяжения, тактильными датчиками, датчиками абсолютного положения 32, 35, 37, а также налокотники 41, наколенники 42, соединёнными через платы расширения и контроллеры с мини-ЭВМ обработки рецепторных устройств 37. Выходные полупрозрачные зеркала взглядоотметчика 8, оптически связаны волоконными световодами 6 с прямоугольной призмой 7 и далее с телевизионной передающей камерой 26, выход которой связан с блоками ИРМЗГ 45 и ИУПЗГ 46, соединённого с ИУПВ 47, выход которого соединён с первым входом логического блока 54, а второй вход его связан с измерителем ИРМЗГ 45, а третий вход связан с датчиком миганий 27, выход логического блока 54 соединён с первым входом синтезатора образов 53, второй, третий, четвёртый и пятый входы связаны со

знакогенератором 25, фотометрическим блоком 24, блоком сегментации 52, а выходы его 53 связаны со стереофонической системой 44, блоком нелинейного монтажа 51, блоком управления БУЖМ 19, вторые входы измерителя ИУПВ 47 связаны с ФЧД 48 измерителя углов поворота головы 18, а вторые входы ИУПВ 47 связаны с блоком нелинейного монтажа 51, третьи выходы ИУПВ 18 соединены с видеосмесителем 23, вторые, третьи, четвёртые, пятые, шестые входы видеосмесителя 23 соединены с блоком сегментации 52, синтезатором образов 53, фотометрическим блоком 24, блоком нелинейного монтажа 51, с системным процессором управления 58, а выходы соединены с ЖК - экранами 9, вход блока сегментации 52 соединён с кнопкой включения 38 на перчатке, входы блока нелинейного монтажа 51 соединены с блоком видеосценариев 50, СПУ 58 соединён со стереофонической системой 44, а выход фотометрического блока 24 соединён с блоком управления ЖК - масками 19. Управляемый источник питания 20 измерителя углов поворота головы 18 соединён с источниками света 13 и 14 и генератором опорной частоты 49, соединённым с ФЧД 48, а фотоприёмники 15, 16, 17, установленные на виртуальном шлеме 1, соединены с усилителями 21 и далее с ФЧД 48, причём один из выходов усилителя 21 через инвертор 22 также соединён с ФЧД 48, БД43 соединён с мини-ЭВМ 57 обработки рецепторных устройств.

Внутри шлема (фиг.2) устанавливаются миниатюрные источники света 4, линзы 5 и оптическая схема, состоящая из волоконных световодов 6, и призмы 7 и объектив телевизионной приёмо-передающей камеры 26. Последняя соединена с блоком обработки сигнала ИРМЗГ 45, где последовательно связана с триггером 60 и далее со счётчиком импульсов 61. Счётчик импульсов 61 связан с генератором импульсов 62, а выход счётчика импульсов 61 связан с ЦАП 63, который соединён с компаратором 64 и с логическим блоком 54, логический блок 54 другим входом соединён с триггером 70, входящим в состав датчика миганий глаз 27. ИК-диод соединён с опорным генератором 66 и далее последовательно с ячейкой "И-НЕ" 67, интегратором 68, инвертором 69, триггером 70. Другой вход триггера 70 соединён с выходом инвертора 71. Выход фотоприёмника 74 соединён последовательно с компаратором 73, ограничителем 72 и

инвертором 71, другой выход которого соединён со вторым входом ячейки “И-НЕ” 67. Выход триггера 70 соединён со вторым входом логического блока 54.

Электрические сигналы для изменения прозрачности ЖК-масок 12 поступают на блок управления 19, состоящий из модуляторов, соединённых с генератором импульсов. Генератор, например, прямоугольных импульсов выполнен с помощью активных нелинейных полупроводниковых устройств, мультивибратора.

Система работает следующим образом.

Действительное изображение предмета формируется в параллельных пучках в заданных фокальных плоскостях линз 10. Линзы 10 устанавливаются на базе глаз лётчика в пределах 56-78 мм, не нарушая параллельности оптических осей в бинокулярных коллиматорных каналах. Изображения ЖК-экранов 9 находятся в фокальных плоскостях линз 10.

При фиксации взгляда на разноудалённых по глубине объектах зрительные оси глаз либо сходятся вследствие конвергенции при восприятии вблизи расположенных объектах, либо направлены параллельно друг другу при восприятии предметов дальнего пространства; в среднем время конвергенции 0,13-0,18с. Глаз человека облучается находящимся в определённом от него направлении источником 4 слабого невидимого излучения, не представляющего опасности для зрения. Это излучение отражается от сферической поверхности пограничного слоя между воздухом и роговой оболочкой и от сетчатки глаза 2. Лучи, отражённые от роговой оболочки глаза формируют изображение в виде яркой точки в плоскости зрачка глаза, а лучи, отражённые от сетчатки “подсвечивают” зрачок.

Формирующая оптическая система источника света 4 проецирует картину, получаемую в главной плоскости зрачка глаза на приёмную телевизионную камеру 26. На камеру 26 проецируется светящаяся точка и зрачок глаза в виде равномерно освещённого диска на сравнительно тёмном фоне. При изменении направления взора оператора поворотом оси глаза относительно оси оптической системы источника излучения 4 происходит взаимное смещение этих двух изображений, которые являются носителем информации об угле поворота глаза 2.

Измерение расстояния между центрами зрачков глаз даёт возможность точно определить, как зрительные оси глаз сходятся вследствие конвергенции при восприятии вблизи расположенных объектов. При переводе взгляда лётчика от далёких к близким предметам во время процесса имитации режимов полёта задача осложняется тем, что лётчик перемещает голову и глаза. Поэтому конструктивно взглядоотметчик соединён волоконной линией связи с призмой 7 и далее с объективом телевизионной камеры 26.

Для измерения расстояния между зрачками сигнал с выхода передающей камеры 26 поступает на блок 45. Здесь видеосигналы меток выделяются на основе различия их амплитуды и амплитуды сигнала фона. Это осуществляется путём отсечки импульсов с меньшей амплитудой. Далее пики импульсов поступают на схему ключа, триггер 60, где сигналы телевизионной камеры 26, поступающие в блок 45, на входном усилителе, смешиваются сигналы зрачков глаз, и накладываются на пилообразную развёртку. Электрические импульсы открывают схему ключа на время  $T_x$  [3]. Интервал времени  $T_x$  заполняется квантуемыми импульсами с периодом повторения  $T_0$  от генератора импульсов. Сигнал из счётчика импульсов 61 поступает в ЦАП 63, который запускается в работу при появлении 2-го импульса-метки с ТВ-камеры 26. ЦАП 63 усредняет напряжение на выходе и не сбрасывает, пока не пришёл следующий импульс. С помощью ЦАПа выделяется в аналоговой форме управляющее воздействие. ЦАП состоит [3] из регистра, в который заносится и хранится цифровой код, подлежащий преобразованию в аналоговую величину, источника стабильного напряжения и цифрового делителя напряжения, состоящего из декодирующей сети, сопротивлений и ключей.

Цифровой код, подлежащий преобразованию в аналоговую величину, по импульсу “занесение” заносится на триггеры регистра ЦАП 63, где хранится до прихода следующего импульса “занесение”. В зависимости от состояния триггеров происходит переключение ключей.

Общее выходное напряжение ЦАП 63  $U_{\text{вых}}$  равно сумме напряжений, включённых разрядов с учётом их веса. В блок ИУПЗ 46 поступают сигналы с телевизионной камеры 26 для измерения угла поворота зрачков глаз

лётчика в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для этого считаются счётчиком импульсы в течение времени с начала такта кадровой развёртки до первого импульса глаза, а схему запускает триггер-элемент совпадения. Далее сигналы поступают на ЦАП [5,6].

Подобным же образом измеряется величина угла поворота зрачка глаз в продольной плоскости. С усилителя-смесителя кадровой развёртки, входящего в блок ИУПЗ 46, сигналы поступают на схему измерения углов глаза в продольной плоскости. Для этого считаются импульсы с этого усилителя счётчиком, который соединён с генератором импульсов. Данный счётчик запускается при нулевом сигнале кадрового генератора и останавливается схемой совпадения зрачка и кадровой развёртки.

Т.к. наблюдаемые метки имеют небольшие размеры, то при развёртке изображения по строкам будут получены короткие видеоимпульсы, сдвинутые во времени от начала строки. При смещении глаза по высоте (ниже, выше), метки будут смещаться по кадровой развёртке.

Обеспечение высокой точности определения углов поворота и пространственного расстояния взора при одновременном сохранении естественности условий работы пилота требует выделения информации о величине отклонения оси глаза лётчика при смещении его головы. Определение взаимного положения головы лётчика и регистрации движений глаза выполняется путём размещения аппаратуры на виртуальном шлеме 1.

Принцип выделения сигналов рассогласования между каналами следующий. Если оптические расстояния одинаковы для приёмников лучистой энергии 15,16,17 (ПЛЭ) и на каждый из них попадают два световых потока 15-16 и 16-17, равных по амплитуде и противоположных по фазе, от источников 13 и 14, то на частотном фазо-чувствительном детекторе (ФЧД) сигнал равен нулю. В том случае, когда оптические расстояния не равны, на ПЛЭ попадают неравные по амплитуде световые потоки противоположных фаз. Управляющий сигнал на выходе ФЧД 48 будет отличен от нуля и полярность соответствует знаку угла курса  $\Delta\psi$  или тангажа  $\Delta\theta$ .

Фазовый детектор 48 создает на своем выходе напряжение, пропорциональное сдвигу фаз между двумя сигналами; между сигналом  $U_m$ ,



соответствующим сигналу от излучателя, и сигналом  $U_{оп}$  от генератора опорного напряжения 15. Указанный сдвиг фаз  $\varphi$  определяется по формулам:

$$U_1 = \sqrt{U_M^2 + U_{оп}^2 + 2 U_M U_{оп} \cos\varphi} \quad (1)$$

$$U_2 = \sqrt{U_M^2 + U_{оп}^2 - 2 U_M U_{оп} \cos\varphi} \quad (2)$$

если обозначить  $C = U_M / U_{оп}$ , то

$$U_1 = U_{оп} \sqrt{1 + C^2 + 2C \cos\varphi} \quad (3)$$

$$U_2 = U_{оп} \sqrt{1 + C^2 - 2C \cos\varphi} \quad (4)$$

при  $C \ll 1$

$$U_1 = U_{оп} (1 + 2C \cos\varphi), \quad U_2 = U_{оп} (1 - 2C \cos\varphi) \quad (5)$$

следовательно,

$$U_c = K_{дг} (U_1 - U_2) = K_{дг} U_{оп} C \cos\varphi, \quad (6)$$

где  $K_{дг}$  - коэффициент передачи интегрирующей цепочки детектора.

Формирование сигналов, содержащих информацию о величине и направлении рассогласования осуществляется с помощью фазочувствительного детектора (ФЧД) 48.

В логическом блоке 34 реализованы следующие алгоритмы

1) При работе датчика миганий -27:

Если  $\Delta t < 0,2$ , то телевизионный кадр пропускается } для ТВ (7)  
 Если  $\Delta t < 0,2$ , то стоп-кадр } -камеры

2) Для блока нелинейного монтажа -51:

Если дальность видения  $D > \delta_1$  и  $D > \delta_2$ , то крупный план. } (8)  
 Если  $D > \delta_3$ , то средний план. }  
 Если  $D > \delta_4$ , то дальний план. }

Если угол тангажа  $\vartheta > \vartheta_0$  и нажата кнопка, то включается блок 52 сегментации.

3) Компаратор блока 54:

Если  $D > \delta_5$ , то открыты ЖК-маски. } (9)  
 Если  $D < \delta_5$ , то закрыты ЖК-маски. }

Частота мигания у оператора меняется в довольно широких пределах и измеряется датчиком миганий 26, размещенным в оправе виртуального шлема 1. Он реагирует на разность коэффициентов отражения ИК-света 64 от кожи век и от роговицы глаза. ИК-светодиод 65 облучает глаз в

импульсном режиме и питается от опорного генератора 66. Отраженное глазом излучение попадает на фотоприемник 74 - фотодиод, сигнал с которого поступает на компаратор 73 и сравнивается с заранее заданным уровнем; уровень сравнения устанавливается таким, чтобы компаратор 73 срабатывал только при закрытом состоянии глаза. Далее импульсы с компаратора 73 через ограничитель уровня 72, инвертор 71 подаются на вход триггера 70, который первым же импульсом переводится в состояние логической единицы. Кроме того, эти же импульсы поступают на второй вход логической схемы 67 типа "И-НЕ", первый вход которой связан с опорным генератором 66. На выход схемы "И-НЕ" 61 проходят импульсы от генератора 65 только при открытом состоянии глаза, т.е. тогда, когда сигнал с компаратора 73 не поступает. Со схемы "И-НЕ" 67 импульсы через интегратор 68 и инвертор 69 подаются на вход триггера 70, который после открытия глаза первым же импульсом переводится в состояние логического нуля. Перепад напряжения с выхода триггера 70, сигнал, характеризующий длительность и частоту миганий глаз, поступает в логический блок 54. Сигнал датчика миганий в логическом блоке 54 обеспечивает отсутствие разрыва электрической цепи открытия - закрытия ЖК- масок.

Телевизионная камера 26 - малогабаритный твердотельный фотоэлектрический преобразователь на основе прибора с зарядовой связью (ПЗС) [3]. Основной элемент камеры - матрица ПЗС, фиг.2, преобразует с помощью объектива распределение светового потока в плоскости матрицы в поверхностное распределение фотогенерированных неосновных носителей заряда - потенциальный рельеф (секция накопления). Затем во время следования кадрового гасящего импульса все поле зарядов перемещается в соответствующие зоны хранения - потенциальной ямы, экранированные от светового потока (секция памяти). В течение следующего периода накопления во время следования строчных гасящих импульсов заряды построчно перемещаются из секции памяти к выходному регистру сдвига. В нем в период активной части строки заряды продвигаются к выходному устройству, образованному полупроводниковыми структурами по типу полевых транзисторов. Таким образом, на выходе матрицы образуется телевизионный сигнал в виде поэлементной последовательности импульсов

различных амплитуд, пропорциональных освещенности элементов секции накопления. Перемещение зарядов в матрице ПЗС - развертка изображения - производится с помощью тактовых импульсов, образующих в формирователях импульсов секции накопления, памяти (ФИП) и выходного регистра (ФИБ) из шумов синхрогенератора (СГ). Телевизионная камера обеспечивает передачу изображений с четкостью 350-500 телевизионных линий и отношением сигнал/помеха 50 дБ при номинальной освещенности до 1-2 тыс. лк, контрастность цели - 85%.

ЖК-плоские матричные экраны 9 [7] имеют ~50 тыс. элементов изображений. ЖК помещаются в зазоре толщиной 7-8 мкм между двумя стеклянными пластинами. Для формирования элементов раstra на внутреннюю поверхность одной пластины наносится тонкопленочная структура в виде квадратных электродов и управляющих транзисторов (по числу элементов изображения), а на внутреннюю поверхность другой пластины - матрица цветных светофильтров и общий электрод. Электроды выводов управления производятся нанесением на пластины ортогональной системы (строчных и столбцовых) шин, на перекрестии которых формируется элемент изображения. При подаче напряжения на электроды прозрачность ЖК на соответствующих участках изображения меняется благодаря переориентации молекул.

ЖК-маски 12 типа "сэндвич", изготовленные из прозрачных стеклянных электродов, покрытых проводящим слоем, между которыми помещен нематический слой, стеклянные пластины покрыты с обратной стороны прозрачным электропроводящим слоем двуокиси цинка и окиси индия; электроды припаяны к слоям двуокиси олова. Между стёклами зафиксирован определённый зазор, весь набор стёкол заклеен с торцов, где находятся прокладки. Величина зазора между стёклами определяет время срабатывания ЖК- время реакции, так если толщина прокладки 10 мкм, то время реакции составляет доли секунды. При включении напряжения стёкла становятся молочно-мутными, при выключении - прозрачными, т.е. наблюдается эффект динамического рассеяния света, позволяющий имитировать рассеивающие среды.

В нематическом ЖК с отрицательной диэлектрической анизотропией под действием электрического поля при пороговом напряжении  $U_{\text{пор}}$  образуется доменная структура. Дальнейшее повышение напряжения до другого порогового значения вызывает в ЖК турбулентное движение из-за протекания ионного тока в нематике, в результате чего возникает произвольно ориентированные зоны размером 1 мкм, обладающие двулучепреломлением. Благодаря наличию этих зон образец ЖК сильно рассеивает свет.

Для выравнивания освещённости изображений рабочих полей ЖК-матрицы 9 в соответствии с изменением освещённости системы внешнего пространства служит фотометрический блок 24 с фотоприёмником 7, выполненным на основе мостовой схемы [6].

Устройство обратной связи для управления системой виртуальной реальности “погружены” в перчатки, налокотники, наколенники. Увидев изображение, оператор начинает действовать и импульсы их датчиков следуют по проводникам или по волоконным линиям связи к исполнительной интерфейсной плате в мини-ЭВМ, где преобразует аналоговый сигнал в цифровой. В результате создаётся новый видеопроduct, взаимодействующий на наблюдаемую оператором картину. И псевдореальность, увиденная на экране аудиовизуального шлема, начинает изменяться согласно воле оператора.

На шлеме 1 можно увидеть объёмную картину механизма шестерёнчатой передачи, повернуть механический узел, разглядеть в необычном ракурсе.

Аудиовизуальный шлем позволяет осуществлять изоляцию от среды, ставить многоцветную компьютерную графику, породить 3-х мерное пространство.

В сенсорных перчатках, наколенниках, жилете находятся оптиковолоконные датчики изгиба, датчики абсолютного положения ориентировки, датчики натяжения, тактильные датчики.

Сигналы с синтезатора образов 53 поступают на блок управления ЖК-масками 19, состоящий из модуляторов, соединённых с генератором импульсов. В модуляторах происходит изменение амплитуды колебаний,

осуществляемое значительно медленнее, по сравнению с периодом этих колебаний - малое изменение за период. Модуляторы блока 19 содержат нелинейные электрические цепи, способные менять амплитуду параметров ЖК-матрицы 9.

В блоке сегментации 52 изображения описываются как совокупность составляющих его связных областей. Для выявления областей на изображении используют методы "серой шкалы", сегментации предшествует сглаживание или фильтрация исходного изображения. Для бинарного изображения сегментация сводится к выделению связных областей. Связные области можно разъединять, объединять, выделяя отдельные объекты изображения. Алгоритм "серой шкалы" выделяет связные области на бинарном изображении размером  $m \times m$  элементов, окаймленных со всех сторон нулевыми элементами. Матрица  $(m+2) \times (m+2)$  просматривается слева направо и сверху вниз до тех пор, пока не встретится единичный элемент  $S(i,j)$ . Далее производят проверку, имеются ли для  $S(i,j)$  "единичные соседи" справа. Если справа нет "единичных соседей", то рассматриваются три элемента  $S(i-1,j-1)$ ,  $S(i-1,j)$ ,  $S(i-1,j+1)$ , расположенные строкой выше, и элементу  $S(i,j)$  присваивается минимальная метка, принадлежащая одному из соседей. Чтобы не было ошибки, когда среди соседей встречаются нулевые элементы, им присваивается метка  $K$  из диапазона от 2 до  $K_{\max}$ . Поскольку значение  $K$  после присвоения увеличивается на единицу, единичные элементы соседей сверху будут иметь значение метки, меньше  $K$ . Если все соседи сверху - "нулевые элементы", им и соответственно  $S(i,j)$  будет присвоена очередная метка  $K$ , что говорит о предполагаемом обнаружении связной области.

Когда элемент  $S(i-1,j)=0$ , а элементы  $S(i-1,j-1)$ ,  $S(i-1,j+1)$  и  $S(i,j)$  равны единице, они принадлежат к одной и той же области и должны быть помечены одной минимальной меткой из набора  $K-1$ ,  $K$ ,  $K+1$ , где  $K > K-1 \vee K+1$ . Для этого просматривается массив с помеченными единичными элементами, и метка  $K-1$  или  $K+1$  заменяется на минимальную из них.

При наличии у элемента  $S(i,j)$  единичного соседа справа, удобнее каждый из единичных элементов строки  $i$  сравнивать со своим верхним левым соседом, присваивая им метки этих соседей, и лишь последний

элемент сравнивать с тремя соседями. Если среди соседей сверху в процессе прослеживания серии единиц в строке  $i$  встречались нулевые элементы, то необходим поиск минимального индекса и перемаркировка. Для этого метки серии заносятся в одномерный массив, в котором и ищется её минимальное значение.

Основную информацию в изображении несут контуры-участки с резкими перепадами яркости, относительное число таких участков в обычных изображениях невелико (5-10% площади). Шаговое контурное разложение реализуется в соответствии с алгоритмом: если разлагающий элемент находится на чёрном, то очередной шаг делается налево, если на белом - то направо.

Синтезатор изображений 53, процессор ЭВМ осуществляет программы [4]:

- изменение внешнего вида объектов (в реальном времени),
- изменение геометрических признаков (окна),
- мгновенная идентификация объекта, указанного на экране с помощью сетки, сжатие данных,
- устранение невидимых частей,
- вычисление проекций текстур, разделение цветов, из которых состоят грани, независимо от освещения,
- вычисление свойств диффузного и зеркального отражений для каждой грани,
- вычисление видимости и невидимости, прозрачности и непрозрачности.

Признаки внешнего вида характеризуются последними тремя характеристиками.

Геометрические признаки выражаются триадой связанных с гранью векторов  $(U, V, N)$ , которые в свою очередь выражены в координатах  $X, Y, Z$ , связанных с экраном. Наибольшее число граней ~4096.

Для включения в видеопрограмму монтажных переходов, заголовков изобразительной информации обеспечиваются большой диапазон манипуляций и управления изображением: позволяют использовать фоны, изменять цвет, ракурс, размер изображения (величину плана) и взаимное

расположение его отдельных частей, вращать изображение, получать эффект перспективы (как бы трёхмерного пространства), зеркальное отображение [8].

Расширение возможностей создателей видеопрограмм осуществляется с помощью блока знакогенератора 25 (ЭВМ), у которого имеется процессор, дисковая память, электронные блоки, ввода-вывода, изображение выводится на экран. Знакогенератор преобразовывает типовые изобразительные формы - тайпофейсы, определяемые программным обеспечением, хранящимся в памяти знакогенератора. Тайпофейсы записаны на жёстком магнитном диске. Размер знака изменяется в пределах от 4 до 400 телевизионных линий, затемнение и раскрашивание изображений (16 млн оттенков), 256 уровней прозрачности, переходы от "страницы к странице" в автоматическом режиме или от руки, манипуляции с изображением. В знакогенераторе 25 имеется встроенный блок формирования и выход основных или ключевых последовательностей сигналов буквенно-знаковой информации, редактирование текстов, манипуляция титров, ретуширование изображений; создаются цветные логотипы и готовые знаки, трёхмерная анимация знаков в реальном времени при помощи джойстика, изменение размеров и позиционирование в пределах изображений в трёхмерной перспективе. Символы анимации с множеством ключевых кадров, сложные наборы последовательностей знаков и трёхмерной анимации окрашиваются с помощью палитры - встроенных источников создания теней и вращения их в любом направлении, [9].

С блока 25 знакогенератора изображения через синтезатор образов 53 поступают на ЖК-экраны 9, на которых нанесены перекрестья в центре экрана.

В системе используются цифровые методы обработки сигналов, управление и контроль за работой узлов. Узлы телевизионной системы - цифровые и выполнены на базе сверхбольших интегральных схем. Цифровой обработке подвергаются сигналы видео- и звуковой частоты, цифровые сигналы, прошедшие обработку, должны быть преобразованы в аналоговые и усилены для передачи в стереонаушники, модуляторы и отклоняющие системы ЖК-экранов. Все цифровые устройства

телевизионной системы управляются микро-ЭВМ, расположенной в блоке управления, который выдаёт команды на цифровые процессоры. Микро-ЭВМ участвует также в выполнении функций авторегулировки телевизионной системы.

В видеопроцессоре сигналы яркости и цветности автоматически разделяются с помощью цифровой фильтрации, реализуемой схемами задержки, суммирования и умножения. Затем декодируется сигнал цветности и автоматически устанавливаются амплитуды сигналов, обеспечивающие сохранение опорных уровней белого и чёрного. Распознавание уровней сигналов и режимов ЖК экрана осуществляется с помощью микро-ЭВМ.

Звуковой процессор предназначен для выделения и формирования сигналов звукового сопровождения. В АЦП звукового блока обеспечивается 14-разрядное кодирование.

Блок нелинейного видеомонтажа 51 обеспечивает зрительный ряд для системы виртуальной реальности. В блоке компьютер создаёт видеоэффекты - сложные композиции и анимации (движущиеся картинки). Блок 51 формирует линейные комбинации типа вырезания, вставки, вытеснения, наложения. Блок 51 обеспечивает единое время (кадров), смещение кадров от нескольких источников.

Для этого используется ряд контроллеров - анимационные управляющие платы. Они дают начало работы, синхронизацию, команды на захват кадра и персылку в видеобuffer. Видеоконтроллер даёт и обратные преобразования изображения в композиционный сигнал - режим реального времени.

Блок нелинейного монтажа 51 - система, в которой обеспечен произвольный доступ к исходному материалу [5]. В нелинейных системах для хранения видео- и аудио материала используется высокоскоростной магнитный или оптический диск большой ёмкости, обеспечивающий время доступа к любому кадру не более 12 мс. Время доступа практически не зависит от расположения этого кадра и общей длины сюжета или программы. Запись значительных объёмов информации на магнитные диски производится с применением компрессии. Высокая скорость доступа даёт



возможность в процессе монтажа составлять последовательность чтения исходного материала при воспроизведении готовой программы. Эта последовательность представляет собой монтажный лист, по которому компьютер, являющийся ядром нелинейной системы, определяет при воспроизведении, какой кадр какого плана воспроизводить в текущий момент времени, можно быстро осуществлять вставки в уже смонтированную последовательность, перестановка планов и многие другие операции. Блок 51, соединённый с несколькими видеоканалами блока видеосценариев 50 доступных для монтажа, имеет микшер для поиска с переменной скоростью.

Мгновенная автоматическая коммутация сигналов применяется для смены сюжетов телевизионной передачи переключением различных источников. Коммутаторы выполняются на электронных ячейках; управление переключением производится во время обратного хода кадровой развёртки с помощью команд с ЭВМ. При создании спецэффектов используется мгновенная автоматическая коммутация сигнала во время активной части строки. Комбинированные изображения (обычно из 2 частей) например, спецэффекта "круг" на участке поля кадра в форме окружности, воспроизводятся изображением одного сюжета, а на остальной площади - изображение другого. Момент коммутации сигналов в каждой строке меняется по определённому закону в соответствии с изменением длительности и фазы специальных управляющих импульсов. Время коммутации - длительность 1- 2 элементов изображения. Иначе граница между частями комбинированного изображения будет размыта. Отсутствие резких окантовок границ из-за нестационарных процессов, возникающих во время коммутации, осуществляется с помощью нейтрализации паразитных ёмкостей между коммутируемыми каналами и тем самым обеспечивается малое время переключения.

Плавная коммутация - микширование сигналов - смена сюжетов осуществляется наплывом - путём медленного вытеснения в течение нескольких секунд одного изображения другим.

Блок спецэффектов - блок нелинейного монтажа 51 осуществляет комбинированное изображение, состоящее из двух составных частей с

разными сюжетами от различных датчиков. Расположение, относительные размеры и конфигурация составляющих комбинированного изображения меняются автоматически или с помощью ручной регулировки. Комбинированные изображения (прямоугольные, треугольные, круглые и др.) формируются с помощью быстродействующего переключателя, коммутирующего ТВ-сигналы от двух датчиков во время активной части строки. Переключение сигналов производится импульсом с переменной длительностью, формирующимся в специальном генераторе. Длительность импульсов изменяется по определенному закону в соответствии с выбранной фигурой спецэффекта и её изменением во времени.

Блок видеоэффектов основан на базе запоминающего устройства на кадр или на несколько кадров с предварительным преобразованием аналоговой формы ТВ сигнала в цифровую с помощью АЦП. В запоминающее устройство записывается цифровой ТВ сигнал с тактовой частотой, определяемой строчной частотой сигнала записи. Генератор этих сигналов управляется синхронизирующими импульсами входного сигнала.

Информация считывается с запоминающего устройства (диска) с произвольной выборкой по закону определяемому формой, частотой и фазой сигнала считывания. Последний формируется специальным генератором, управляющимся импульсами от синхрогенератора устройства, и обеспечивает соответствующий выбор последовательности адресов. В блоке 51 частоты генераторов записи и считывания взаимно связаны и кратны друг другу. Считанный ТВ - сигнал преобразуется в аналоговую форму в ЦАПе, смешивается с сигналом синхронизации и поступает на выход устройства. Передача неподвижного установленного изображения производится прекращением входного сигнала и считывается одно и тоже изображение.

Цифровые методы обработки сигналов дают возможность организовать такие видеоэффекты как остановленное изображение (стоп-кадр), электронное увеличение или уменьшение масштаба изображения, изменение формы изображения, переворот изображения (зеркальный эффект), формирование следов за объектами, движущимися в кадре, "размножение" изображений, формирование бесконечной галерей из

первичного изображения, разделение первичного изображения на части и перемещение этих частей или всего сжатого изображения по кадру по любому закону, создание полиэкранных изображений из нескольких сжатых первичных изображений и др.

Кадровый синхронизатор (блок видеоэффектов) служит для воспроизведения ТВ - изображений несинхронных источников, т.е. выравнивания в реальном масштабе времени временных отношений между несинхронными ТВ - сигналами в интервале кадра, т.е. генераторы сигналов записи и считывания работают независимо друг от друга и управляются соответствующими сигналами синхронизации.

Корректоры временных искажений по существу являются строчными синхронизаторами, работающими аналогично кадровым, и корректируют геометрию деталей, смещение группы строк, искривления вертикальных линий, дрожание участков.

Содержанием технического обслуживания является осмотр ЛА, контроль работоспособности систем, возобновление запасов топлива, масла и других рабочих жидкостей и газов, загрузка (снаряжение) в соответствии с заданием на полет:

Работы по встрече ЛА:

- приемка ЛА на место стоянки, его заземление;
- получение от членов летного экипажа информации о техническом состоянии ЛА;
- слив содержимого из систем бытового оборудования, промывка сливных баков и фильтров.

Работы по обеспечению стоянки ЛА:

- установка колодок под колеса шасси, проверка в кабине исходного положения кранов, рычагов, тумблеров управления системами ЛА;
- съем аккумуляторов с ЛА для хранения в теплом помещении;
- закрытие фюзеляжа, входных дверей, крышек, багажных люков;
- установка заглушек и чехлов, страховочных штырей и струбцин;
- обработка поверхности ЛА антиобледенительной жидкостью (при угрозе обледенения),

Работы по подготовке ЛА к техническому обслуживанию  
после стоянки:

- расчехление ЛА и открытие замков входных дверей и люков, снятие заглушек, страховочных штырей и струбцин;
- удаление снега, инея с поверхности ЛА;
- установка аккумуляторов на ЛА;
- кондиционирование воздуха в кабинах, заправка водой и спецжидкостью систем бытового оборудования.

Работы по обеспечению вылета ЛА:

- тщательный осмотр ЛА для выявления повреждения конструкции, неснятых чехлов, заглушек, струбцин, незакрытых форточек, крышек люков, панелей;
- прогрев двигателей;
- подсоединение и отсоединение после запуска двигателей наземного источника электроснабжения;
- уборка колодок и троса заземления;
- передача ЛА летному экипажу, контроль запуска двигателей и выруливания ЛА.

Транзитное техническое обслуживание ЛА:

- выключение двигателей, буксировка;
- прослушивание выбега роторов двигателей, осмотр лопаток двигателей;
- установка и уборка колодок;
- выпуск и уборка пассажирских трапов;
- выход и посадка пассажиров;
- подключение- работа-отключение электроагрегатов;
- заправка топливом (подключение-заправка-отключение шлангов топливозаправщиков);
- осмотр шасси;
- осмотр планера;
- запуск вспомогательной силовой установки;
- заправка водой;
- загрузка бортпитания;

- загрузка контейнеров;
- слив отстоя топлива;
- осмотр антенны радиоэлектронного оборудования;
- проверка наддува гидробака.

Поиск и обнаружение неисправностей осуществляется с помощью набора операций, представляемых в виде элементарных проверок, под которыми понимается минимальный, не подлежащий расчленению в данных конкретных условиях эксперимент над объектом диагностирования. Этот эксперимент характеризуется определенным входным (тестовым или рабочим) воздействием, подаваемым на объект, и составом контрольных точек, с которых снимается ответ объекта на это воздействие. Алгоритм контроля задает совокупность элементарных проверок, последовательность их реализации и правила обработки результатов реализуемых элементарных проверок с целью получения диагноза технического состояния объекта контроля.

Алгоритмы, описывающие процесс контроля, определяются характеристиками последовательности реализации отдельных элементарных проверок и анализа их результатов. Обычно используются условные алгоритмы контроля. В этом случае применение каждой последующей проверки или окончание процедуры контроля производится в соответствии с некоторой условной программой по результатам анализа результатов предыдущей элементарной проверки. Очередную элементарную проверку выбирают с учетом результатов предыдущих уже реализованных проверок. Так как большинство отказов в системах ЛА носят случайный характер, то при применении условных процедур контроля совокупность элементарных проверок, время поиска места отказа также носят случайный характер. Процесс контроля является специализированным вычислительным процессом. Математически избыточные алгоритмы контроля соответствуют графам древовидной структуры. В таких графах висячие вершины соответствуют отказам, а все внутренние вершины являются элементарными проверками. Поскольку возможные отказы в системах ЛА появляются с различной вероятностью, а реализация различных

элементарных проверок требует различных затрат, важна последовательность их реализации.

Интеллектуальная автоматизированная система обучения (АОС)-39- или экспертная система (ЭС) способна объяснять оператору свои действия. Она осуществляет возможность выбора стратегии обучения оператором, заложенных в базу знаний (БЗ)-40 экспертом проблемной области и экспертом в области обучения. Функционирование АОС основывается на следующих положениях:

1. Эксперт в области обучения имеет возможность представить в БЗ-40 АОС-ЭС -39 несколько стратегий обучения, которые определяются выбором способа изложения материала и уровнем его детализации, степенью инициативы обучаемого оператора в обучающем диалоге и способом выдачи АОС-ЭС -39 совета обучаемому при обнаружении ошибки.

2. В рамках выбранной стратегии обучения для каждого обучаемого оператора определяется значение характеристики трудности задания, дающие наилучшие результаты при обучении.

3. Значения характеристики трудности задания зависят от уровня знаний обучаемого и сложности задания, определяемого по информации, заложенной в БЗ.

4. Настройка АОС-ЭС-39 на проблемную область осуществляется экспертом и инженером знаний. Настройка АОС-ЭС-39 на стратегию обучения осуществляется обучающим в режиме диалога оператором.

Организация процесса обучения состоит в декомпозиции подлежащих усвоению знаний на фрагменты; создании классов обучающих ситуаций для усвоения этих фрагментов при последовательном проведении процесса обучения.

Индивидуализация процесса обучения осуществляется путем предъявления обучаемому оператору на каждом этапе обучения фрагментов обучающей и контролирующей информации, подходящей для каждого обучаемого трудности, создания наиболее удобного для каждого обучаемого оператора темпа обучения и коррекции допущенных обучаемым ошибок в соответствии с выбранной стратегией обучения. Автоматизированный

контроль выполнения заданий и определение вида допущенных ошибок служат для дополнения модели обучаемого.

АОС-ЭС-39 умеет объяснять свои действия, наряду с декларативными знаниям содержит и процедурные знания: алгоритмы и методы решения задач проблемной области. Знание стратегии обучения необходимы для задания режима функционирования АОС-ЭС и знания об обучаемом-для учета индивидуальных особенностей в процессе обучения.

Модель обучающего курса проблемной области требует многоуровневого представления, что связано с необходимостью разного уровня детализации знаний при работе с различными обучаемыми на разных этапах обучения. Фрагменты знаний, находящиеся на нижнем уровне детализации - элементарные фрагменты делятся на обучающие и контролирующие, причем каждому элементарному обучающему фрагменту соответствует множество элементарных контролирующих фрагментов. Обучающий фрагмент представляет собой текст, иллюстративный материал или метод решения задач. Контролирующий фрагмент-либо список вопросов и вариантов ответов, либо список шаблонов вопросов, методы диагностики соответствующего фрагмента. Знания о структуре курса проблемной области представляются в виде взвешенного графа логической связи, вершинам которого соответствуют фрагменты знаний, вершины  $F_i$  и  $F_a$  соединены ребром, если для изучения фрагмента необходимо знание фрагмента  $F_i$ , фиг. 4.

При формировании графа логической связи фрагментов знаний каждому фрагменту  $F_i$  приписана экспертами многомерная оценка сложности  $S(F_i) = \bar{a}_i, (|a_i| \leq 1)$ . Компонентами вектора  $a_i$  могут быть оценки сложности фрагмента  $F_i$  по различным признакам: запоминание, установление связей с ранее усвоенными фрагментами знаний, возможность и использования при решении определенного класса задач и т.д.

Каждому ребру между вершинами  $F_i$  и  $F_j$  приписывается вектор

$\overline{\beta}_{ij} (0 \leq |\beta_{ij}| \leq 1)$ , компоненты которого характеризуют степень взаимосвязи между фрагментами  $F_i$  и  $F_j$  с точки зрения запоминания, установления связей с ранее усвоенными фрагментами и т.д.

Оценка сложности  $\overline{S}(\Phi) = (S^1(\Phi), S^2(\Phi), \dots, S^m(\Phi))$  вводится для каждого фрагмента  $\Phi_j$  (подграфа графа  $G$  с вершинами  $F_{i1}, F_{i2}, \dots, F_{ik}$ )

$$S(\Phi) = \sum_{i=1}^k \alpha_{ik} - \left( \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \alpha_{ik} \beta_{ij} \right) \quad (10)$$

Каждый компонент вектора  $\overline{\alpha}$  и вектора  $\overline{\beta}$  вычисляются по формуле (10) с использованием соответствующих компонентов векторов  $\overline{\alpha}_{ik}$  и  $\overline{\beta}_{ij}$ . Модель обучающего курса содержит обобщенную модель знаний эксперта проблемной отрасли и обобщенную модель знаний эксперта в области обучения.

Для реализации модели решения проблем, текущую ситуацию процесса решения задачи представляет в виде пары  $\langle Q, R \rangle$ , где  $Q$ -выход оператора (0, 1 или +, -, т.е.  $Q \in \{+, -\}$ ). Элемент  $R$  предназначен для хранения промежуточных решений и другой информации, необходимой для представления текущей ситуации процесса решения.  $R$  представляет собой двух уровневый список:

$$\begin{aligned} R &= \langle R_1, R_2, \dots, R_n \rangle, n \geq 0 \\ R_i &= \langle R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{im} \rangle, m_i \geq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь  $R_{ij} (1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m_i)$  - элемент списка  $R_i$ , а  $R_i (= 1, 2, \dots, n)$  - элемент списка  $R$ .

Элемент  $R_{ij}$  - строка символов произвольной длины. Такое представление дает возможность передавать от оператора к оператору множества величин, представленных элементами.

На списке  $R$  определяем операции: добавление пустого элемента, удаление, копирование элемента, перемещение элемента, добавление строки, удаление, считывание, замена строки-реализация элементарных операторов проблемной области.



Элементарный оператор  $f$  - отображение множества всех описаний текущей ситуации процесса решения  $\bar{R} = \{\langle Q, R \rangle\}$  на себя.

$$\text{Если } f(\langle Q, R \rangle) = \langle Q', R' \rangle, \quad (12)$$

то элементарный оператор закончил работу на выходе  $Q'$ , если закончил работу на  $R$  на выходе  $+$ , то  $f$  применим к  $R$ .

Решение задачи, описание которой содержит список  $R$ , если

$\langle f_1, f_2, \dots, f_k \rangle$  - есть решение задачи, а  $R_i$  - содержание списка  $R$  перед применением оператора  $f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{i\alpha}$  упорядоченная последовательность операторов, имя главного оператора системы. В построении модели решения задач участвует эксперт и инженер знаний. Эксперт разбивает алгоритм поиска решения задач на крупные шаги и описывает каждый шаг как оператор, указывая, каким образом данный оператор изменяет содержание списка  $R$ . Далее эксперт рассматривает каждый шаг решения и разбивает на мелкие шаги, если эксперт считает, что рассмотрение этого оператора как неделимой единицы недостаточно для достижения цели обучения. В результате этого процесса эксперт получает совокупность определений составных операторов и описаний элементарных операторов.

Процесс обучения представим в виде дискретного процесса, состоящего из последовательности шагов. Вектор  $\bar{P}(n) = (P_1(n), P_2(n), \dots, P_N(n))$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) - характеризует обучаемость на каждом шаге обучения, где  $P_i(n)$  - вероятность правильного применения знаний элементарного фрагмента  $f_i$  при решении обучающих и контролирующих заданий  $i$ -го шага. Машина логического вывода 56 (решатель) определяет, на каком элементарном фрагменте была сделана ошибка. Вероятность правильного решения задания обучаемым

$$P(z, \bar{P}(n)) = \prod_{i=1}^N P_i(n) L_i(n), \quad (13)$$

где  $L_i(n)$  - число применений знаний об элементарном фрагменте при решении задания  $Z$ .

Если  $K_i(n)$  - число допущенных ошибок на знание элементарного фрагмента  $\Phi_i$  на  $n$ -м шаге обучения; то

$$\hat{L}_i(n) = L_i(n) + \sum_{j=1}^{j_i} |\overline{\beta}_{ij}| L_j(n) \quad (14)$$

$$\hat{K}_i(n) = K_i(n) + \sum_{j=1}^{j_i} |\overline{\beta}_{ij}| K_j(n), \text{ где} \quad (15)$$

$j_i$  - число всех ребер выходящих из вершины, соответствующей фрагменту  $\Phi_i$ , а  $\overline{\beta}_{ij}$  - приписанных этим ребром вектора.

Вектор  $(\sigma_1(n), \sigma_2(n), \dots, \sigma_N(n))$  характеризует ожидаемую частоту неправильного применения обучаемым знаний элементарного фрагмента  $\Phi_i$  на  $n$ -шаге обучения. Набор векторов  $\sigma(n)$  на всех шагах обучения и граф логической связи элементарных фрагментов являются моделью обучаемого.

Для характеристики задания  $\Phi$ , предъявляемого обучаемому на каждом этапе обучения  $n$  служит вероятность его правильного решения

$$T(\Phi) = \prod_{i=1}^N (1 - \sigma_i(n)) \cdot \hat{L}_i(n) P(\Phi) \quad (16)$$

- трудность задания  $\Phi$  обучаемому.

Для характеристики уровня обученности служит величина

$$A(\Phi) = T(\Phi) \cdot S(\Phi) \quad (17)$$

Характеристики  $S(\Phi)$ ,  $T(\Phi)$  и  $A(\Phi)$  служат для настройки процесса обучения на цели обучающего и индивидуальные особенности обучаемого.

На каждом этапе обучения генерируется поток обучающих или контролируемых заданий, наиболее подходящей для каждого обучаемого трудности. При генерировании заданий предполагается, что для каждого обучаемого существует интервал значений, при котором обучение дает наилучшие результаты. Осуществляется контроль заданий, пересчет индивидуальных параметров и проверка цели обучения.

База знаний (БЗ)-40 состоит из трех разрешенных значений фактов, т.е. значений, которые могут быть присвоены в процессе диалога при проведении сеанса и экспертизы; вопросов, задаваемых пользователю в процессе сеанса; правил взаимодействия фактов БЗ-40 для достижения цели экспертизы.

ЭС-39 выражает относительную уверенность в факте доверия с помощью коэффициента доверия  $K_d$ , определяемого от 0 до 100. Для любых двух событий изменение вероятностей  $K_d$  определяется по формуле

$$P(A+B)=P(A)+P(B)-P(A \cap B), \text{ или} \quad (18)$$

$$P(A+B)=P(A)+P(B)-P(A)P(B), \text{ где}$$

$\cap$  -знак пересечения

Правила продукции в БЗ-40 построены по следующему принципу:

Если “факт  $A$ ”= “значение  $I$ ”

“факт  $B$ ”= “значение  $J$ ”

“факт  $C$ ”=“значение  $X$ ”...

.....

“факт  $M$ ”=“значение  $X$ ”

то “факт  $A$ ”=“значение  $I$ ”,  $K_d=L$  и

“факт  $B$ ”=“значение  $J$ ”,  $K_d=M$  и

.....

“факт  $N$ ”=“значение  $Y$ ”,  $K_d=R$

(19)

Количество отправных посылок и выводов  $K_d$  -произвольно. С учетом такой структуры построена сложная логическая цепь, объединяющая исходные факты с конечными выводами. Отдельные группы правил для конкретных систем формируются в иерархические последовательности по фактам - “тип”, “режим”, “система” и т.п.[10].

Роль учителя выполняет обучающая программа, с помощью которой осуществляется “самообучение”. Информация, которую должен освоить оператор подается небольшими порциями(дозами), задание для освоения информации сопровождается ключами для самоконтроля; программа предъявляется оператором с помощью экспертной системы, которая как бы

навязывает ему определенный ритм работы, допуская его к следующей дозе информации только после того, как были правильно выполнены задания, касающийся предыдущей дозы. Т.е. “ЭС”-39 выступает в качестве контролера. Так производится обучение по заранее составленной программе, в которой учитывались не только правильные, но и возможные неправильные ответы оператора. Реализуется идеи “обратной связи”.

Информация делится на оптимальные дискретные дозы, а правильность ответов обеспечивается подсказками и опорами. В случае ошибки оператора предписывается повторно выполнять задание, решать задачи по частям, двигаясь более мелкими шагами. Определенный процент ошибочных процессов неизбежен и даже полезен, т.к. отсутствие ошибок снижает эффект обучения. Программа предлагает оператору указания относительно исправления ошибок и рекомендации.

Оператор надевает виртуальный шлем, перчатки, жилет, наколенники и налокотники, ботфорты. По сигналу тумблера 59 включается системный процессор управления всей системой обучения оператора.

Оператор отрабатывает навыки по техническому обслуживанию ЛА. Восприятие оператором различных объектов зависит от ряда факторов, и в частности, от положения наблюдателя относительно воспринимаемых объектов и выбираемой им точки (системы) отсчета. Этой цели служит виртуальный шлем, который как бы “угадывает” мысли оператора. Его глаза двигаются по изображению, что его интересует. Оператор следит своим взором по углам и глубине видению-совмещает точку с перекрестием, он как бы накладывает курсор ЭВМ на изображение и включает кнопку на перчатке. Направленный на изображение взгляд подвергается сегментации-выделению связанной области. По сигналам ЭС-39 включаются в работу блоки нелинейного монтажа 51, начинается поиск соответствующих кадров изображения, при этом взаимодействуют блоки видеосценариев 50, синтезатор образов 53, знакогенератор 25. Выбор режимов тренировки по

техническому обслуживанию ЛА оператор производится с помощью меню, предоставляемому блоком системы интерфейса 55 ЭС-39.

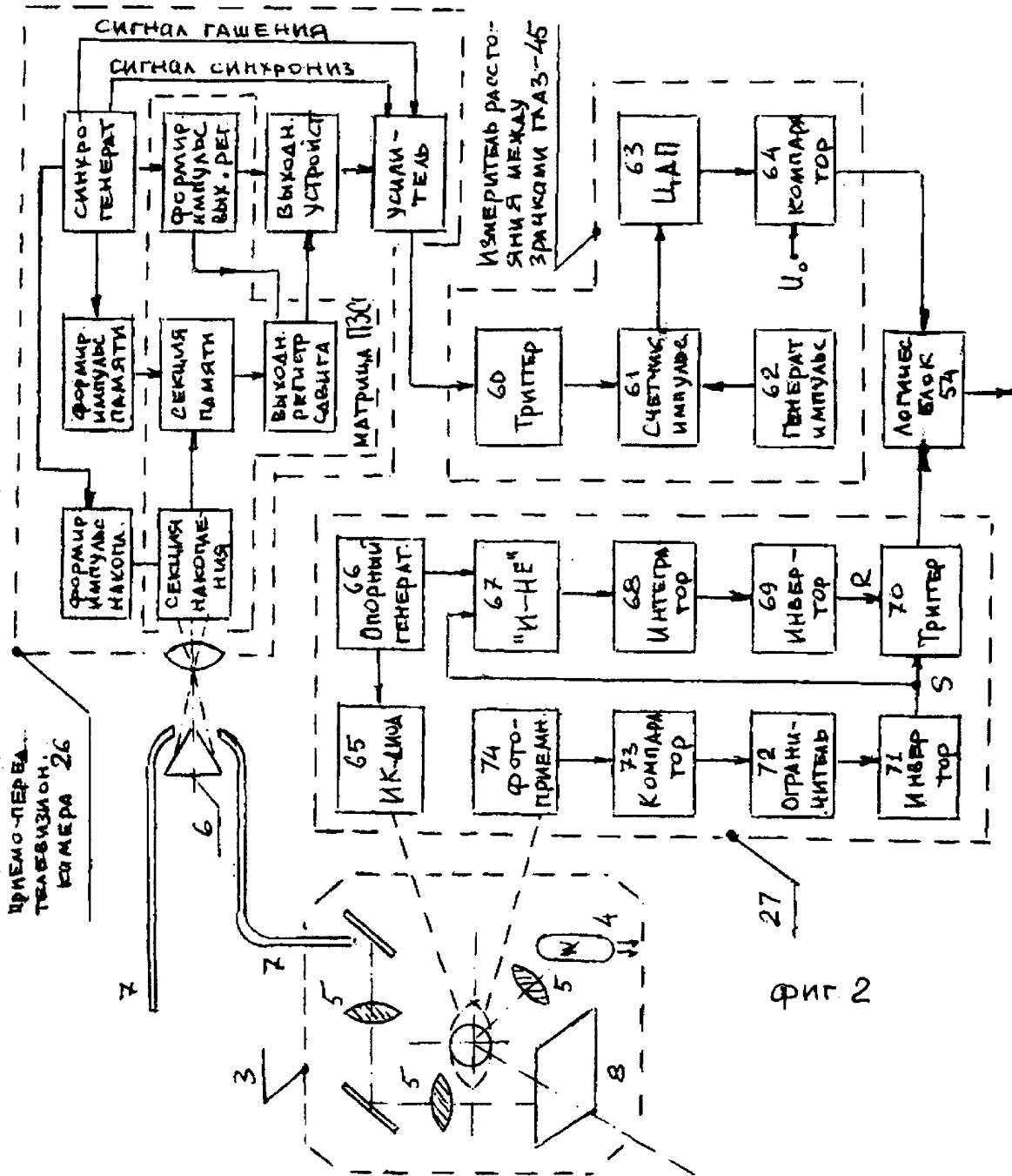
**ЛИТЕРАТУРА**

1. Система виртуальной реальности VEX1. Forte Technologies.
2. Susan Young. 25 Hot trends in Training. Overhaul & Maintenance. March/April, 1997. (прототип).
3. Джакония А.В., Гоголь А.А. и др. Телевидение. М., Радио и связь. 1996.
4. Мартинес Ф. Синтез изображений. Радио и связь, стр.159.
5. Кухарев С.Л. Нелинейная технология в видеопроизводстве. Техника кино и телевидения. 12/1993.
6. Писаревский А.Н., Чернявский А.Ф., Афанасьев Г.К. Системы технического зрения. Ленинград, Машиностроение. 1988. стр. 260.
7. Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйсенгарт Г.А. Телевидение. Высшая школа, 1988.
8. Гебель, Клименко Научная визуализация в виртуальном окружении. // "Программирование" 1994. №4, стр.29.
- 9 Ньюмен У., Спроулл Р. "Основы интерактивной машинной графики" М., Машиностроение, 1985.
10. Толмачева А.Ю., Раатс Ю.Ю. и др. Модели знаний в проектировании автоматизированных обучающих систем. Вычислительная техника. Системы управления, № 2. Москва-София. 1990, ИПУ.

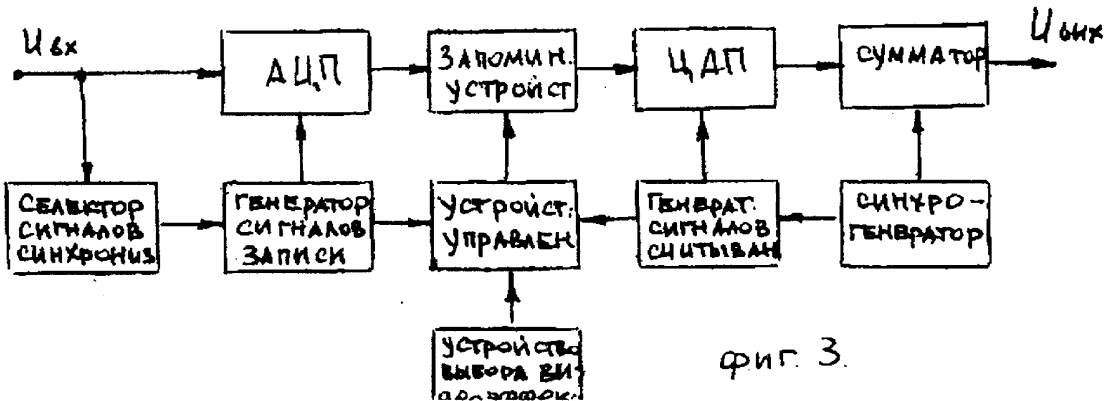


97/2/62/

СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ



Фиг. 2

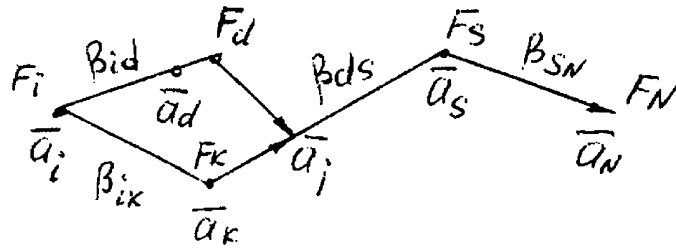


Фиг. 3



97/2/021

СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ



фиг 4.