МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

А. Н. Коптев, В. А. Прилепский

Теория и практика контроля и диагностики систем авиационной техники

Электронное учебное пособие

С А М А Р А

2010

УДК 681.2: 629.13(075.8)

Авторы: **Коптев Анатолий Никитович,**
Прилепский Василий Андреевич

В пособии впервые описано целостное представление о теории и практики контроля и диагностики систем авиационной техники и достаточно подробно рассматриваются разделы этой теоретической и предметной области: основы системного анализа, теория качественной информации и практические приложения основ этой теории. Приводятся методы синтеза и анализа регулярных образующих, способствующих принятию эффективных решений диагностических задач. Излагаются новые методы анализа информации, автоматизации операций диагностики и рассматриваются программно-технические средства для реализации инновационных приложений в области контроля и диагностики авиационной техники.

Методические указания предназначены для магистров высших учебных заведений, обучающихся по магистерской программе “Контроль состояния и диагностирование неисправности летательных аппаратов и их функциональных систем” по направлениям подготовки 162 300.68 “Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей” и 162500.68 "Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов" и изучающих дисциплину “Теория и практика контроля и диагностики систем авиационной техники”.

Подготовлено на кафедре эксплуатации авиационной техники.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ Стр

ВВЕДЕНИЕ……4
1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ……5
1.1. Общие понятия и представления объектов технического обслуживания…….5
1.2. Системологические понятия и представления процессов технического обслуживания……13
1.3. Понятия и определения системы……..34
1.4. Статика и динамика состояния сложной системы. Понятия, определения и представления…….. 48
1.5. Обобщенная структурно-логическая информационная модель взаимодействия в системе технической оценки……..56
1.6. Система уравнений пространства-структуры агрегатов и систем……87
1.7. Теория и практика формирования исходного множества диагностических признаков объектов технического обслуживания и ремонта……..109
1.8. Методы построения диагностических тестов……128.
1.9. Принципы анализа объектов контроля……
2 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ НЕИСРАВНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ……136
2.1 Микропроцессорная Автоматизированная Система Контроля Авионики (МАСКА)……136
2.2 Особенности и новизна структурных и схемотехнических решений в системе МАСКА……156
2.3 Структура и состав комплекса технических средств системы МАСКА…….177
3 ВАРИАНТЫ КОМПЛЕКТАЦИИ И ПРИЛОЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ МАСКА……..……..182
3. 1 Бортовой тестер для контроля качества электрических цепей распределенных сетевых структур……194
3.2 МАСКА для контроля электросборок в цехе электромонтажной сборки…..202
3.3 Методика повышения качества технического обслуживания информационных комплексов высотно-скоростных параметров с применением системы МАСКА..
……211
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ……219

ВВЕДЕНИЕ

Важным резервом эффективной эксплуатации авиационной техники (АТ) является снижение расходов на ее техническое обслуживание и ремонт.

На практике наиболее распространены следующие стратегии обслуживания: по ресурсу (сроку службы), по уровню надежности, по техническому состоянию. Централизованные планово-предупредительные системы ориентированы преимущественно на стратегию обслуживания по ресурсу на базе сложившейся статистики, что не эффективно, так как затрачиваются средства на незапланированные простои и ненужное техническое обслуживание летательных аппаратов и их систем.

Чтобы поддерживать летную годность летательных аппаратов и их систем в нормативном состоянии и обеспечивать оптимальную производительность, необходим системный подход к техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР), который базируется на наборе формальных инструментов упреждающего анализа, а также построенных на результатах этого анализа диагностической аппаратуры и программных средств обработки данных измерительных процедур, реализованной этой аппаратурой.

В учебном пособии рассмотрены вопросы формальных основ представления структуры БКО ЛА как объектов технического обслуживания и ремонта (ТОиР) для оценки их технического состояния, являющихся базой для построения моделей агрегатов и систем этого оборудования для разработки упреждающих технологий поддержания летной годности с применением теории образов, тензорного анализа сетей, диагностического управления их состоянием.

Подробно представлены и описаны технические и программные средства на основе современной микропроцессорной автоматизированной системы авионики МАСКА и контрольно-измерительного комплекса PXI.

1 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

По мере усложнения решаемых задач оценки состояния воздушных судов и их систем при техническом обслуживании и используемой для этого техники все очевиднее проявляется ограниченность концептуального аппарата технического обслуживания (ТО) воздушных судов (ВС), ориентированного на формально-математическое моделирование.

Вопросы отношений структурного («логического», «синтаксического») и субстанциального («материального», «систематического») в реальных естественных и искусственных системах не только представляют общефилософский интерес, но имеют также весьма важное значение при построении человеко-машинных систем ТО, которые являются основным инструментом решения наиболее сложных современных задач технической эксплуатации.

Для эффективного использования таких систем необходимо прежде всего разделить процесс решения на две части: предназначенную для машины, формальную, соотносящуюся со структурой объекта ТО с логикой взаимодействия его частей, и содержательную, семантическую, требующую учета не сводимых к структуре особенностей субстанции объекта и поэтому возлагаемую на специалиста. При этом главная забота специалиста заключается в наиболее полном использовании возможностей техники, чтобы оставшаяся на его долю неформализованная часть задачи оказалась посильной реальному коллективу специалистов.

Использование инженерных представлений и опыта специалистов в решении сложных проблем оценки состояния объектов ТО требует разработки системы, в которой специалист тесно взаимодействует с математической моделью и алгоритмом. При этом специалист используется для обработки водных данных, генерирования ограничений, получения решений и их оценивания.

Умение специалиста по ТО неформально выделять формализованную часть задачи, а также его способность оперировать с неформальными данными, которые

оказывают сильное воздействие на решение сложных задач ТО в целом, позволяет реализовать взаимодействие формальных и неформальных частей задачи.

Потребность решения задач подобной степени сложности определила применение системного подхода. Эффективность системного подхода к решению задач ТО и оценивания состояния объектов обслуживания суще5ственно связана с тем, что приходится обращать внимание и на структуру целого, и на те свойства, которые возникают в каждом ее элементе благодаря самому факту существования системы ТО как некоторого единства, и на свойства целого, вытекающие из своеобразия свойства элементов, показывая механизмы взаимного согласования всех этих параметров системы, формирующейся при обязательном взаимодействии с внешней средой.

Выявление общих свойств систем ТО при таком подходе требует уточнения целого ряда понятий, прежде всего, понятия системы, которое позволило бы обнаружить такие связи между ее частями и такие особенности элементов, которые, в свою очередь, открывают широкие возможности системного решения задач ТО.

1.1. Общие понятия и представления объектов технического обслуживания

Выявим в качестве элементарных начальных те понятия, которые опираются на представления, формирующиеся с первых актов взаимодействия специалиста (субъекта) со средой, подтверждаются и уточняются в течение всей его жизни, так как специалисту необходимо регулярно и практически неограниченное число раз повторять акты удовлетворения потребностей в функционировании ВС, как составной части транспортной системы.

При этом, когда будем говорить о специалисте, то будем иметь в виду социального субъекта, обученного на основе требований государственного образовательного стандарта и на базе специальной подготовки для технического обслуживания систем конкретного ВС в авиакомпании по программам, утвержденным соответствующими органами государственного надзора за подготовкой кадров для ТО.

Поэтому формирующийся в рамках этой системы специалист по ТО концентрирует опыт предшественников как зафиксированный результат теории и практики эксплуатации ВС, согласованный с потребностями авиакомпаний.

Таким образом, субъективное сознание специалиста, формирующегося в образовательной среде, оказывается, несмотря на субъективность, в высокой степени объективным и социальным, отражающим через личный опыт и «снятый» опыт эксплуатации ВС.

Постепенно развивающийся субъект как специалист становится способным проводить все более тонкие различия таких характеристик, которые позволяют оценить состояние обслуживаемого объекта, используя при этом модели, алгоритмы, комплекс технических средств и личный опыт, т.е. на основе полученных характеристик дать заключение «объект исправен», «объект неисправен» с учетом различных обстоятельств.

При этом объекты противопоставляются среде, т.е. они имеют пространственно-временные характеристики в этой среде и, как следствие, границы и свойства, которые обнаруживаются при изучении этих границ.

Простейшими видами граничных свойств не одного, а совокупности объектов являются такие, как касание пары объектов (прямой контакт), нахождение объекта между парой других объектов (т.е. последовательное расположение объектов во времени или в пространстве), а также касание через посредника (косвенный контакт). Очевидно, все эти граничные свойства могут проявлять себя в объектах с различными качественными свойствами.

Идя от среды к объекту, субъект обнаруживает объект как нарушение качественного свойства, как возникновение неоднородности качества. И в этом случае граница объекта воспринимается как внутренняя граница среды, как граница в среде. Но после того, как объект выявлен, субъект переходит от объекта к среде, и тогда граница воспринимается как внешняя граница объекта, как граница на объекте.

Восприятие объектов только в противопоставлении среде и друг другу является такой фазой их познания и освоения, когда они представляются лишь как неделимые целостности, как наличные в среде носители своих свойств; среда при этом есть только антипод всем объектам, и поэтому она также неделима,

обладает, как некоторая целостность, присущими лишь ей качественными свойствами на фоне свойств находящихся в ней объектов. Следующим шагом в детализации восприятия объекта является, по-видимому, установление того, что существуют различные среды.

В связи с этим появляется представление о внешней границе среды, причем отличие, подобие и тождество сред может быть и качественным, и количественным, т.е. и среда может иметь различные внешние границы при совпадении качественных свойств или, наоборот, восприниматься как носитель разных качественных свойств, несмотря на тождество внешних границ. Устанавливается при этом, что не только в одной среде могут быть разные объекты, но и один объект может попадать в разную среду.

Освоение этого факта приводит к ослаблению абсолютизации противопоставления объектов среде, и в определенных ситуациях субъект начинает рассматривать целостный объект в среде тоже как среду, но уже как другую среду. Тогда в этой среде, т.е. в границах целостного объекта, могут быть обнаружены различающиеся по своим качествам новые объекты, «объекты в объектах», в которых, благодаря их качественному отличию друг от друга, также выявляются границы. Многократное наблюдение таких «объектов в объекте» приводит к выработке представлений об относительности целостности объектов, о нарушении однородности качеств в объекте, о существовании не только внешней, но и внутренних границ объекта, о необходимости различать в целостности две такие противоположности, как часть и целое, и о возможности в целом выделять части с их границами, не нарушая целостности. Условием осуществления этой процедуры оказывается осмысление того факта, что частям целого присущи не только качества и границы, но еще и связи, т.е. нарушения границ. Целостность целого оказывается, в различных условиях его нахождения, конкретной разновидностью такой целостности, которая выражает связность частей, и тогда сохранность границ целого осознается как следствие нарушения границ частей.

После обучения навыкам обнаруживать целостности в виде связности, выявлять связи, обеспечивающие связность, субъект начинает различать свойства не только у объектов, но и у самих связей, устанавливать, имеет он перед собой «ту же связь» или «другую связь». Следовательно, представление о качественных и о граничных свойствах распространяется и на сами связи.

Введенный выше неформальный набор общих элементарных понятий будет использован для построения сложных исходных понятий представления объектов ТО, связанных с детализацией оценки их состояния в рамках сложного комплекса оборудования ВС.

Прежде чем переходить к новым, производным понятиям, введем ряд терминологических условностей.

Объекты, о которых можно сказать, что это «такие же» объекты, а не многократное наблюдение «одного и того же» объекта, будем называть экземплярами объектов одного и того же типа. Следовательно, если один объект по отношению к другому нельзя назвать «таким же», а можно считать лишь «иным», то эти объекты принадлежат к различным типам объектов.

Соответственно будем говорить об экземплярах и о типах среды, связей и частей объекта.

Если объект рассматривается как целое, а в этом целом выделяются части, то условимся говорить о частях как об элементах объекта.

Если элементы объекта рассматриваются вне зависимости от того, как они связаны между собой в этом объекте, и поэтому сопоставляются просто как самостоятельные целостности вне целого, то будем говорить о составе элементов данного объекта. Состав элементов объекта может быть охарактеризован перечнем типов элементов, входящих в данный объект, перечнем элементов каждого из типов либо перечнем элементов, независимо от их принадлежности к тому или иному типу.

Соответственно можно пользоваться понятиями: состав связей объекта, состав качеств, состав граничных свойств и т.д.

Связи объекта нередко необходимо рассматривать не просто как сумму особых компонентов, а в их непосредственной роли: как связующие компоненты, конкретным образом расположенные между элементами. В этом случае будем говорить не о составе, а о сети связей объекта, обеспечивающего связность.

Ту среду, исследуя которую объект воспринимает как неоднородную и обнаруживает в ней, благодаря этому, заинтересовавшие его объекты, удобно назвать средой нулевого уровня, или средой нулевого яруса. Тогда объекты,

рассматриваемые в среде нулевого яруса как самостоятельные целостности, будут представлять собой объекты нулевого яруса.

Если сами эти объекты нулевого яруса становятся для субъекта средой, то это уже среда первого (более глубокого) яруса. Объекты, выявленные в среде первого яруса, суть объекты первого яруса, представляющего собой, по отношению к объектам нулевого яруса, элементы первого (более глубокого) яруса.

В элементах как в среде первого (более глубокого) яруса соответственно могут быть выявлены объекты второго (более глубокого) яруса и т.д.

Естественно, что понятие яруса приложимо к любому компоненту объекта, т.е. не только к его элементам, но и к его связям.

В зависимости от типа обслуживания количество уровней представлений объектов существенно меняется.

Для уточнения представлений объектов в этих условиях важным понятием является связность объекта, определяющая его структуру.

Связность объекта выражается, как уже отмечалось, в том, что его элементы включены в сеть связей друг с другом. Будем называть схему сети связей между элементами объекта структурой этого объекта.

Если учесть, что между любой парой объектов могут возникать связи нескольких типов, например, связи разных качеств, то следует признать, что в одном и том же связном объекте может обнаруживаться несколько структур, в зависимости от того, о сети связей какого из типов идет речь.

Сама связь по существу есть не что иное, как ограниченное (введенное в границы) нарушение границ между частями объекта. Следовательно, сеть связей характеризует качества нарушений границ и граничные свойства этих нарушений. Структура же является производным граничным свойством сети связей между частями объекта и, как любое граничное свойство, может рассматриваться в отвлечении от качественных свойств этих границ, т.е. практически на примере границ между каким угодно качествами, только как схема. Следовательно, два объекта имеют одну и ту же структуру, если неразличимы такие их граничные свойства, как схема связей между элементами сравниваемых объектов,

независимо от того, к одному или разным типам относятся как элементы этих объектов, так и связи по своим качествам.

При этом следует обратить внимание на существование по крайней мере двух разновидностей структур как выразителей схемы сети связей между элементами объекта. Если на схеме отражаются и учитываются все пространственные или временные граничные свойства связей, то назовем ее полной структурой. Полная структура характеризует полные внутренние пространственные или временные особенности объекта. На такой схеме должна быть отражена и внешняя граница объекта, и все его внутренние границы, т.е. границы элементов.

Схема сети связей отражает только факты контактирования связей через посредничество элементов. Тогда ьб не будут отражаться границы целого, и каждый элемент на схеме будет рассматриваться как точка, представляющая собой, чаще всего, узел связей в структуре, которую будем называть структурой связности.

Пока в объекте выделены части и, следовательно, не обнаружена сет связей между ними, до тех пор в число его свойств, характеризующих целостность, входит наличие внешней границы, определенной на основе обнаружения однородности качества. Если же части выделены, то кроме такого граничного свойства, как внешняя граница, у объекта появляются внутренние границы и производное граничное свойство – структура.

Важнейшим из таких граничных свойств является функция. Поясним это понятие, исходя из математического определения функции.

Если воспользоваться представлениями и терминами теории множеств, то, выделив в составе элементов некоторого объекта определенный элемент, будем вправе рассматривать его как самостоятельное множество (в данном случае единичное), противопоставленное остальным элементам этого состава как второму самостоятельному множеству. Так как элементы этого состава входят в сеть связей объекта, имеющую вполне определенную структуру, то для любой пары элементов объекта можно установить, связаны они или не связаны. Связанные элементы будем считать «поставленными в соответствие». Тогда получаем возможность определить, какие элементы второго множества поставлены в соответствие элементу первого (единичного) множества, т.е. как на

первое множество отображено второе. Как известно, такое отображение одного множества на другое по определению является функцией. Следовательно, мы имеем право рассматривать узел связи структуры связности, который соответствует вхождению любого объекта в сеть связей объекта, как функцию этого элемента в объекте.

Следовательно, если выявлена структура связности объекта, то тем самым установлены функции всех его элементов. Однако если известна только функция элемента, то еще ничего не знаем о том, сети связей какого качества соответствует эта функция и даже каковы граничные свойства элемента, ибо на структуре связности элемент представлен лишь точкой в узле схемы. Поэтому при решении конкретных задач знания функции элемента может оказаться недостаточно для выявления даже одних граничных свойств, не говоря уж о качественных. Но в то же время чаще всего знание функции необходимо.

Естественно, что понятие функции приложимо к элементам на ярусе любой глубины. Но пока менее очевидно, что и объект как целое, как единица нулевого яруса, может иметь свою функцию.

В конкретных задачах бывает необходимо рассматривать явление не «вообще», а на определенном количестве ярусов. Поэтому иногда нужно указывать, какова сумма рассматриваемых ярусов, как более высоких, так и более глубоких по отношению к нулевому. Эту количественную характеристику суммы ярусов условимся называть альтитудой.

Латинское слово «альтитуда» обозначает расстояние в вертикальном направлении от одной крайней точки до другой независимо от того, измеряется высота или глубина. Поэтому, если рассмотрению подлежит, например, некоторый объект до третьего яруса в высоту и до второго яруса в глубину, то альтитуда его равна шести ярусам ($Я_{+3} + Я_{+2} + Я_{+1} + Я_0 + Я_{-1} + Я_{-2}$), точно так, как если бы мы имели дело с явлением от нулевого яруса до пятого в глубину

($Я_0 + Я_{-1} + Я_{-2} + Я_{-3} + Я_{-4} + Я_{-5}$).

Среда, окружающая объект ТО, как правило, является объектом, но более высокого яруса, чем исходный объект.

Объект более высокого яруса, поскольку он вначале воспринимается как среда, должен включать в себя объект нулевого яруса, но в то же время не сводиться к этому единственному объекту. Следовательно, он должен иметь в качестве своих частей несколько (по крайней мере, два) объекта нулевого яруса.

А так как объект более высокого яруса оказывается и целостным, и состоящим из своих частей – элементов нулевого яруса, то он не может не быть связным, не может не иметь сети связей, в узлах которой находятся элементы исходного нулевого яруса.

Естественно назвать такой более высокий ярус первым и говорить о структуре первого (более высокого) яруса и т.д.

Поскольку исходный объект нулевого яруса находится в узле сетей как одна из частей объекта более высокого яруса, то мы вправе говорить не только о границах, связях и функциях элементов исходного объекта, но и о границе, связях и функции самого этого объекта в объекте более высокого яруса. Таким образом, все введенные понятия получают смысл по отношению к ярусам не только любой глубины, но и любой высоты.

При техническом обслуживании и ремонте (ТОиР) необходимо анализировать явления, ограничиваясь альтитудой в три яруса: нулевой плюс один в высоту и плюс один в глубину. Например, объект рассматривается как единица нулевого яруса в сети связей с другими такими же единицами. Эта сеть связей относится к объекту первого высокого яруса. Если назвать его *надобъектом*, то рассматриваемый объект как целое имеет свою функцию в сети связей между частями надобъекта. Но в то же время элементы объекта являются представителями первого из глубоких ярусов, и каждый из них имеет в сети связей друг с другом свою функцию.

Условимся в этом случае называть функцию объекта в надобъекте его общей функцией, а функции каждого из элементов этого объекта – частными функциями объекта.

Рассмотрим теперь связи, которые задают общую функцию объекта, и связи, которые задают его частные функции.

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо углубить наши представления о том, что такое связь и свойство. Но для этого нам придется воспользоваться рефлексивной методикой введения элементарных понятий не только как средством определения того, какие понятия считать начальными, но и как способом уточнения понятий, введенных на более ранней ступени рефлексии, через понятия, введенные на основе первых. С формальной точки зрения такой прием совершенно недопустим.

Однако нетрудно заметить, что вводимые нами понятия более высоких уровней в основном не просто оказывались комбинациями начальных понятий нижележащих уровней, как это имеет место в строгих аксиоматических теориях. Понятия, на которые с формальной точки зрения опираются другие понятия, служат у нас в значительной мере лишь «затравкой» для мобилизации представлений, на которые новые понятия опираются фактически. Следовательно, информация, содержащаяся в понятиях более высоких уровней рефлексии, не исчерпывается информацией, содержащейся в тех понятиях, через которые даются определения и пояснения, и накопленная таким образом новая информация и делает возможным уточнить через «выводимые» понятия сами первоисходные, «выводящие» понятия.

1.2. Системологические понятия и представления процессов технического обслуживания

Понятие связи при ТО объектов и систем является базовым, с которым связаны обменные процессы на всех структурных и организационных уровнях эксплуатации ВС.

Иными словами, все, что реально осмысляется как связи между обслуживаемыми объектами, проявляет себя как обмен этих объектов элементами своих глубоких ярусов, как их обязательное движение, благодаря которому элементы выходят из границ одного объекта и попадают в границы другого, в чем и проявляется природа связи как нарушения границ. При этом обмен может быть эпизодическим, периодическим или непрерывным, односторонним или взаимным, но все равно он остается обменом, движением, переходом через границы.

Сказанное в равной мере относится к различным формам связи: физическим, химическим, биологическим, специальным – все они основаны на обмене.

Это дает нам право в дальнейшем опираться на весьма правдоподобную гипотезу, что любая связь между любыми объектами есть процесс, есть проявление движения как обмена между этими объектами, где обмениваемыми единицами являются элементы определенных глубоких ярусов связанных объектов.

Понимание природы связей как обменных процессов позволяет убедиться в том, что введенные выше понятия качественных свойств связи и граничных свойств связи – это не просто внешняя аналогия понятий качества объекта и граничных свойств объекта. Так как любой элемент на определенном ярусе рассмотрения сам есть объект со своими качествами, и основой связи являются обмениваемые элементы, то связь не может не зависеть от особенностей своих элементов и, следовательно, от их качества. А так как элементы движутся, перемещаются, занимают на пути от одной границы к другой вполне определенные участки пространства в определенные интервалы времени, то пространственно-временные характеристики связи, т.е. ее граничные свойства, также получают вполне ясную онтологическую интерпретацию.

Связь как нарушение границы может характеризоваться видом нарушения. Если определенные обменные потоки истекают из объекта, проходя более или менее равномерно через все точки границы объекта (или втекают в любом месте границы), тогда как для обменных другого типа эта граница непроницаема (что и дает основание обнаружить наличие границы объекта в пространстве и во времени), то контуры границы есть одновременно и контуры ее нарушения. Следовательно, граничные свойства объекта совпадают с граничными свойствами связи. Так, противоположные явления (граница и «негранича», т.е. ее нарушение) оказываются представленными в своем единстве. В частности, это единство разделения и связи проявляется тогда, когда два объекта находятся в контакте и в то же время, благодаря диффузии элементов глубокого яруса, они взаимосвязаны обменными элементами.

Если же связь осуществляется как следствие не диффузных, а локальных нарушений границ объектов, то граничные свойства объекта и граничные свойства его связей контактируют в точках превращения одного в другое, но не

совпадают. Именно в этом случае мы можем говорить о контакте связей через элементы объекта и рассматривать структуру связности объекта.

К граничным свойствам связей должны быть отнесены разнообразные параметры связи как процесса обмена: интенсивность, направленность, взаимность, скорость, закон изменения интенсивности, место истечения объекта обмениваемыми элементами и т.д. В частности, если в некотором масштабе времени за каждый измеряемый интервал времени между объектами проходит такое количество элементов связи, что целесообразно измерять эти элементы не числом штук, а числом мерок, по отношению к «объему» которых отдельный элемент может рассматриваться как пренебрежимо малая величина, то связь можно назвать обменным потоком.

На основе представлений об обменных потоках вернемся к Понтию связности.

Очевидно, можно ощущать объект как связный лишь при условии, что обменные потоки, образуя сеть связей между элементами объекта, обладают (в масштабах наблюдаемых интервалов времени и пространства) «балансными» инвариантными характеристиками: потоки должны быть внутренне замкнутыми, образовывать циклы.

Если же какие-либо потоки втекают в объект и вытекают из него, то общий потока также должен быть сбалансирован.

Следовательно, говоря о функции элемента как о структурной характеристике связного объекта, мы подсознательно уже опирались на представление о балансной интенсивности потоков сети связей между элементами этого объекта.

Практически невероятно, чтобы совершенно случайные связи объекта, представляющие собой притоки и оттоки соответствующих обменных элементов, оказались также случайно сбалансированными в объекте и поэтому – устойчивыми. Но тогда необходимо предположить, что если такой баланс все-таки имеет место, то он является следствием замкнутости притекающих и оттекающих потоков вне рассматриваемого объекта. А это и должно означать, что существует объект более высокого яруса, надобъект, который являясь целостным, обладает связностью, и именно поэтому обменные потоки связи его частей

должны быть тоже сбалансированы. По крайней мере некоторые из потоков не могут не быть замкнутыми; тогда баланс притоков и оттоков исходного объекта объясняется прежде всего тем, что исходный объект включен в структуру замкнутых циклов обменных потоков связей частей некоторого надобъекта, и в этом смысле объект имеет свою общую функцию и сам представляет часть, элемент надобъекта. Иначе, наличие внешних связей объекта еще не есть его общая функция.

В практике ТО не существуют абсолютно изолированные объекты. При ТО отдельного объекта они связаны временными связями, либо с моделями отсутствующих объектов в ярусе.

Чем сильнее проявляет себя объект в многообразных видах связях объектов между собой или с внешней средой, тем с большим количеством рецепторов субъекта может он связываться, тем больше свойств обнаруживает субъект в этом объекте.

Все сказанное дает нам возможность осознать, что когда стремятся максимально глубоко представить своеобразие какого-либо свойства, его отличие от других свойств объекта, то рано или поздно нам необходимо охарактеризовать это свойство связью определенного вида. В простейшем случае это будут представления о наблюдаемой или наблюдавшейся связи данного объекта с другими объектами; в более сложном случае будем думать о режиме осуществления связи, например, о характере протекания обменного потока, о возможных и невозможных характеристиках протекания. В самом сложном случае постараются представить, как мог бы «вести себя» объект в определенных ситуациях, т.е., в конце концов, в какие виды связи он вступил бы, а в какие не вступил с «компаньонами» по этой ситуации, возникновению каких связей между объектами мог бы препятствовать.

Действительно, если связь, в нашем понимании, это нарушение границ как осуществляющееся, протекающее перемещение элементов, которыми обмениваются (односторонне или двусторонне) связанные объекты, то и до начала процесса обмена, до возникновения условий, приведших к обмену элементами вполне определенного вида, объект остается самим собой, носителем своих свойств, хотя и не проявляющихся через реализованные связи. Точно так же, если роль объекта выражается в таком его «вмешательстве» в осуществление связей между другими объектами, которое препятствует протеканию обменных

элементов между этими объектами, и, в частности, к отражению потока обменных элементов или изменению направления их протекания, то способность рассматриваемого объекта к осуществлению такого влияния на потоки обменных элементов присуща объекту и до того, как объект вмешивается в режим протекания обменного потока.

Следовательно, и качественные свойства, проявляющих себя в реализованных связях «положительно», через способствование поддержанию обменных потоков элементами определенного типа, и граничные свойства, наличие которых обнаруживается «отрицательно», через препятствия протеканию определенных обменных потоков в конкретных пространственно-временных координатах, присущи объекту и тогда, когда для проявления этих свойств нет благоприятных условий.

Таким образом, свойство объекта можно определить как его внутреннюю способность поддерживать (при определенных условиях) связи одних видов и препятствовать осуществлению связей других видов.

Хотя свойство объекта определено нами через виды связей, а виды связей зависят от граничных свойств этих связей, и от качественных свойств элементов, на основе обмена которыми осуществляется связь, в этом определении нет тавтологии. Свойства объекта – явление более высокого яруса, чем свойства связей, поэтому имеем право охарактеризовать свойства объекта через интуитивно ясные характеристики единиц более глубокого яруса, воспринимаемых вначале как неделимые.

Такое понимание свойств объекта, на основании обнаружения неоднородности которых вначале объект опознается как неделимая целостность, как «вещь в себе», а потом предстает как влияющий на «жизнь» других объектов, является основополагающим для оценки состояния обслуживаемого объекта как конкретная целостность, способная выполнять свою функцию в надобъекте, т.е. обладающая заданными свойствами.

Качественные свойства или, более кратко, *качества* истолковываются в нашей системе начальных понятия прежде всего как проявление «истекательных» характеристик объекта, как проявление его активности включаться в связи, т.е. обменные потоки с другими объектами. Поэтому, как уже отмечалось, качества

могут восприниматься или проявлять себя как различные в зависимости от того, каковы качества элементов, из которых состоят обменные потоки связи.

Кроме того, элементы одних и тех же качеств могут быть причиной проявления различных качеств объекта, если существенно различаются режимы потоков обменных элементов.

Если рассматривается целостный объект, то анализ его качества основывается прежде всего на обнаружении тех потоков, в которые он включен как элемент надобъекта, т.е. как «проточный» элемент в сети замкнутых обменных потоков надобъекта. Естественно, что обнаружение этих качеств будет одновременно и достаточно полной характеристикой функции этого объекта, и выразителем его целостности, ибо в качественных характеристиках не может не проявиться в этом случае балансность втекающих и вытекающих потоков.

В случае оценки его способности выполнять свом функции в надобъекте это будет соответствовать при ТО объекта заключению о его исправности.

Граничные свойства объекта, воспринимаемые прежде всего через рецепторы, определяющие пространственно-временные характеристики активности объекта включаться в связи определенного вида или препятствовать определенным видам связи других объектов, задают «качественную границу» объекта. И поскольку среди всех качеств, несмотря на их многообразие, удается выделить те, которые отражают факт целостности объекта, то и среди множественности качественных границ в достаточно целостных объектах оказывается возможным установить такие, которые действительно характеризуют качественную определенность.

Если рассматривать целостный объект только как неделимое целое, то в этом случае граничные свойства совпадают с обычным представлением о пространственных формах и временных границах проявления объекта.

Если уровень рассмотрения более глубок и в объекте выделены элементы, то граничные будут включать и формы элементов.

Еще более детальное рассмотрение позволяет обнаружить связи объектов с другими объектами надобъектов и связи элементов друг с другом. Следовательно, это будет уже не форма, а новый класс граничных свойств объекта: общая

функция объекта, например, объекта – распределительное устройство, частные функции, сеть связи элементов объекта и структура этой сети связей.

Из сказанного ясно, что термин «граничное свойство» действительно близок к философскому термину «количество» как антониму термина «качество», но содержит в себе возможности более тонкой дифференциации: пространственная форма, функция, структура.

Как будет показано дальше, понятие «количество» также войдет в число разновидностей граничных свойств.

Когда граничные свойства выявляются как «негативные», т.е. как препятствующие возникновению связей определенного вида, то через эти свойства «положительно» проявляют себя внутренние замкнутые потоки объекта, обеспечивающие вторую сторону его целостности. Следовательно, не только качества, но и граничные свойства могут отражать факт целостности объекта.

Выявив соотношение между представлениями о свойствах и представлениями о связях, можем охарактеризовать любое свойство (качественное и граничное) через указание своеобразия той связи, в которую может вступить объект или возникновению которой он может воспрепятствовать.

Прежде чем перейти к вопросам системности, рассмотрим способности объекта принимать участие в процессах связывания с другими объектами. Это свойство объекта будем называть валентностью.

При таком понимании валентности оказываются учтенными и отнесенными к валентностям те граничные свойства, которые поддерживаются внутренними замкнутыми обменными потоками объекта и поэтому, казалось бы, изолируют объект от вступления в связи с другими объектами, т.е. лишают объект валентности. Дело в том, что «изолирующие», «экранирующие» границы объекта четко очерчивают его пространственные формы и создают условия для пространственного контакта этого объекта с другими объектами, т.е. снова характеризуют свойства объекта в терминах его валентностей.

Все многообразие свойства объекта можно описать сравнительно небольшим числом типов валентностей. Естественно, что этим будет углубляться

истинная картина, но во многих случаях именно благодаря этому можно избавиться от излишней детализации, заслоняющей главное.

Пока свойство объекта остается только способностью, не проявившей себя в наличной наблюдаемой связи, будем называть его свободной валентностью как одной из разновидностей возможности. Если свойство реализовано в виде связей соответствующего качества, то будем называть его экстенциальной или просто занятой валентностью; она представляет собой одну из разновидностей действительности.

Очевидно, что наличие определенной занятой валентности объекта еще не есть полное проявление соответствующего свойства. Занятая валентность проявляет качество связи, к которой предрасположен объект, отражает одну из возможных комбинаций граничных свойств связи этого качества. Но каковы те пределы граничных свойств реализованной связи, в которых объект может поддерживать данную связь – из наличия реализованной связи еще не вытекает. А эти пределы также являются характеристикой рассматриваемого свойства объекта.

В конкретных условиях определенного яруса объект имеет не только практически ограниченное число экстенциальных, занятых валентностей (например, распределительное устройство электроснабжения определенного типа ВС), но и набор наиболее легко обнаруживаемых (и, следовательно, отражающих наибольшую предрасположенность к проявлению) свободных валентностей. Поэтому валентности можно разбить на степени их «силы». Для занятых валентностей под силой можно понимать прочность этих связей, под силой свободных валентностей – степень предрасположенности их к проявлению и, следовательно, возможность их обнаружения (например, нарушение электрической изоляции между элементами и их связями). Введя хотя бы три градации силы, можно говорить о занятых валентностях как о сильных, слабых и отсутствующих экстенциях, а о свободных валентностях – как о сильных, или интенциях, о слабых, или потенциях, и, наконец, об отсутствующих свойствах.

Можно говорить также о свойствах явных, скрытых и неприсущих данному объекту, и это деление, при всей его условности, всеми используется на практике. Смысл такого различения свойств заключается в следующем.

Один и тот же вид связи, отождествляемый, например, на основе его локализации на границе объекта или на основе качеств обменных элементов, может во многих случаях быть изменчивым в том смысле, что, в зависимости от некоторых условий его нужно будет расценивать то как интенцию, то как потенцию или экстенцию. Это значит, что действительность может переходить в возможность, а возможность – в действительность. В простейших случаях, при заданных средствах выявления валентностей объектов, может быть обнаружено, что переход конкретной данной потенции в интенцию и интенции в экстенцию или наоборот зависит только от внешних условий и не связан с судьбой всех остальных валентностей объекта (остаются они свободными или превращаются в занятые).

Однако в более сложных и в более важных для практики случаях на свойства объекта влияют не только внешние условия, но, возможно, также действия одних валентностей на другие. Например, некоторая данная валентность из потенции превращается в интенцию тогда, когда вполне определенные другие валентности переходят из интенции в экстенцию, т.е. в занятую реализованную связь.

Эти случаи служат примерами взаимодействия действительности и возможности: действительность подготавливается возможностью, а возможность может изменяться при изменении действительности.

К факторам такого перехода в пределах данного объекта должно быть отнесено наличие другого объекта в окрестностях первого при заданных внешних условиях. Назовем этот фактор окрестностными условиями объекта. Тогда для любой пары (тройки и т.д.) объектов, имеющих вполне определенные валентности, можно экспериментально или теоретически указать те их валентности, которыми они будут обладать, если, если при заданных внешних условиях эти объекты (например, пара объектов) окажутся в заданных окрестностях друг возле друга. Эти валентности будут характеризовать свойства каждого объекта в соотношении со свойствами другого, и если реально валентности не проявляют себя, а только оцениваются как возможные при соответствующих внешних и окрестностных условиях, то такие свойства сопоставляемых объектов будем называть отношениями.

Например, отношение для конкретного случая может иметь такую формулировку: панель генератора в системе электроснабжения ВС и

электропривод стабилизатора системы управления им, находящийся в конструкции хвостового оперения, при подаче внешнего сигнала с пульта управления летчика вступит в связь со стабилизатором и при этом будет перемещать его в заданное положение, или, с общих позиций, формулировка выглядит следующим образом: объект *А* и объект *Б*, находящийся от него в окрестностных условиях *В*, при внешних условиях *С* вступит в связь *Е* и при этом будет иметь интенцию *К* и утратит потенцию *М*.

Следовательно, отношения, хотя они не представляют наличных валентностей, также описываются в терминах интенций, экстенций и потенций.

Если рассматривать валентность объекта по отношению к определенной окрестности среди дру других объектов, то можно говорить о возможной функции этого объекта, т.е. о той функции, которая была бы у него, если бы он попал в окружение названных объектов. Но это будет функции не реальных валентностей, не функция сети связей, а функция отношений: экстенциальных, интенциальных и потенциальных.

Можно рассматривать также отношение определенных окрестностных условий к тому или иному объекту. Это отношение будет характеризовать те экстенции, интенции и потенции объектов, задающих эти окрестностные условия, которые возникнут, или данный конкретный объект попадет в эти окрестности.

Таким образом, реальный, экстенциальный набор связей и интенциальный набор, предрасположенный к другим связям в объектах можно рассматривать как зависящий и от внешних, и от внутренних, и от окрестностных условий, причем сами внутренние условия могут быть следствиями предшествующих внешних окрестностных и внутренних условий.

Несмотря на то, что при таком подходе свойства выражаются в терминах связей, отождествления связей и свойств при этом не происходит, так как учитываются не только экстенции, но и скрытые валентности (интенции и потенции), т.е. валентности как способности, как возможности, а не как одни лишь явные связи, как наблюдавшаяся действительность.

В процессе эксплуатации реальных объектов на них действуют различные факторы, вызывающие изменение их свойств и отношений.

Для рассмотрения этих вопросов введем очень важное понятие состояния объекта.

Назовем любую комбинацию свойств объекта, определяемую составом занятых и свободных валентностей объекта с их конкретными граничными свойствами в определенных пределах внешних и окрестностных условий, состоянием объекта, а совокупность состояний, возможных в различных условиях, областью возможных состояний объекта.

В терминах состояний постараемся рассмотреть вопрос о факторах изменения свойств объекта.

Если зафиксировать свойства среды, т.е. внешние и окрестностные условия, то, естественно, резко уменьшится перечень возможных свойств объекта и их комбинаций. Эти свойства образуют уже только подобласть области возможных состояний объекта. Точно так же можно говорить о подобласти возможных состояний, если зафиксировать занятые валентности, а изменять только внешние условия.

Естественно, что некоторые из подобластей этих двух видов пересекаются, т.е. один и тот же состав свойств объекта, одно и то же состояние (или подобласть состояний) может быть получено разными путями. Например, свойства могут оказаться одинаковыми, когда занятые валентности имеют состав A, а свойства среды – состав B, или же занятые валентности представлены в составе C, а свойства среды – в составе E.

Состав свойств можно иногда рассматривать упрощенно, только через состав тех способностей к вступлению в связь, которые представлены экстенциально, т.е. без учета тех изменений в свойствах, которые выражаются в составе скрытых валентностей (интенций и потенций). Например, если в определенном диапазоне внешних и окрестностных условий у двух объектов экстенциальные связи остаются одинаковыми и неизменными, то при упрощенном подходе можно считать, что у этих объектов свойства также остаются неизменными, если даже фактически в разных участках этого диапазона интенции объектов различны, т.е. объекты имеют разные состояния в области своих возможных состояний.

Точно так же при упрощенном подходе отношения двух объектов к третьему могут считаться одинаковыми, если в расчет берутся возможные только экстенциальные связи с этим третьим объектом и не оцениваются интенциальные и потенциальные.

Теперь остановимся на случае, когда внешние условия объекта остаются неизменными, а связями с другими объектами можно пренебречь, считая, что окрестности «совершенно пусты».

В этом случае свойства будут определяться способностью объектов иметь ту или иную силу связи (потенцию, интенцию или экстенцию) по отношению к определенным другим объектам, а сама эта способность будет отражать возможность возникновения незамкнутых, проточных потоков связи между элементами объектов при наличных замкнутых связях. Грубо говоря, свойства объектов как их валентности, при заданных внешних условиях, могут изменяться за счет изменения только внутренних условий, приводящих к перераспределению внутренних замкнутых потоков связи и внешних «проточных».

Совершенно ясно, что это соотношение должно зависеть от свойств элементов объекта и от того, какие взаимные окрестностные условия они создают друг для друга. А если так, то понятно, что в ряде случаев уже одно только варьирование относительных окрестностных условий, т.е. сближение элементов, удаление их друг от друга и перестановка в пространстве и во времени, может привести к изменению структуры сети связей между ними и далее к изменению либо качества, либо граничных свойств объекта как целого. Следовательно, при этом будет изменяться область возможных состояний объекта.

Еще более очевидно, что если просто изменить состав элементов объектов, например, изъять некоторые из них из окрестности, допускающей взаимодействие, то это может привести к изменению структуры внутренних потоков и, следовательно, свойств целого.

Иными словами, если изменять внутренние граничные свойства объекта или качественные свойства его элементов, то будут изменяться качественные и граничные свойства объекта как целого, что проявится в варьировании состава, качества и граничных свойств валентностей объекта, т.е. в варьировании области его возможных состояний.

Таким образом, хотя и в несколько более детальной формулировке, мы пришли к известному закону диалектики о переходе количественных (у нас граничных) характеристик объекта в качественные и наоборот. Детализация же выражается в том, что, во-первых, можно конкретнее указать, в чем проявляются «количественные» изменения: в перестройке полной структуры сети связей объекта или только структуры связности, или «ячеистой структуры»; во-вторых изменение качества целого можно охарактеризовать в терминах связей или отношений как экстенции, интенции или потенции, различая внутренние и внешние потоки связи.

Это дает, в частности, возможность сопоставлять такие, на первый взгляд, разнородные характеристики объектов, как функции и свойства, связи и отношения, и оценивать степень их взаимного соответствия, через которое в конечном счете, постараемся определить, какой тип объектов наиболее целесообразно отнести к классу систем.

1.3. Понятия и определение системы

Рассматривая объекты ТО и их взаимосвязи в тех случаях, когда важен учет факта их адаптированности, т.е. учет той или иной степени их системности, будем называть объекты одних ярусов системами, объекты других ярусов, более высоких, надсистемами, объекты более глубоких ярусов – элементами и компонентами систем.

Исходя из этого распределения систем, в частности систем ВС, рассмотрим фундаментальные понятия адаптации и связанные с ним адаптированные объекты как основы системности.

Пусть задан надобъект B, в число элементов которого входит объект A, связанный в сети связи с рядом других объектов, образующих окрестностные условия для объекта A. Соответственно и объект A входит в параметры окрестностных условий своих компаньонов по окрестности. Функция объекта A является одной из частных функций надобъекта B, и совокупность всех частных функций элементов объекта B обеспечивает выполнение его общей функции, баланс внутренних и внешних потоков связи.

Выполняя определенную функцию, т.е. имея, например, вполне конкретный набор явных валентностей, изменяющихся в пределах, в которых этими изменениями можно пренебречь как не влияющими заметно на свойства надобъекта *B*, объект *A* находится в одной из подобластей своих состояний, входящей в область возможных состояний объекта *A*.

В качестве конкретного примера приведенного положения может быть использована система электроснабжения ВС (надобъект *B*), а элементом этой системы является панель генераторов (объект *A*), связанная в токораспределительной системе с распределительным и коммутационными устройствами, образующими эту систему, и, как следствие, окрестностные условия для объекта *A*.

Функция объекта *A* в надобъекте *B* может выражаться и в некотором закономерном изменении его состояния при изменении, скажем, в надобъекте окрестностных условий объекта *A*. Такая функция будет представлять собой в области возможных состояний просто точку (более или менее размытую в допустимых пределах), а траекторию, скорее всего замкнутую (и тоже более или менее размытую). Следовательно, и при «неизменном», и при закономерно изменяющемся состоянии объекта *A*, выполняющего свою функцию в надобъекте *B*, эта функция может быть охарактеризована областью требуемых функциональных состояний объекта *A*, обязательно включающейся в область возможных состояний этого объекта. Кроме того, неконтролируемые изменения условий не должны выводить объект *A* за границы допустимого размытия функциональных состояний.

Пределы изменения условий, при которых объект *A* остается в границах допустимого размытия функциональных состояний, можно назвать границами устойчивого функционирования объекта. Понятно, что объект *A* должен быть таким, чтобы границы устойчивого функционирования не выходили за границы неконтролируемых изменений условий объекта.

Представим теперь, что по причине неисправности или доработки объект *A* как один из элементов надобъекта *B* отсоединен от сети связей с другими (окрестностными) элемента надобъекта *B* и выдается за окрестности надобъекта.

Так как в окрестностных элементах разрываются связи, то нарушается баланс всех потоков связи надобъекта *B*, занятые валентности окрестностных

объектов превращаются в свободные, экстенции становятся интенциями, а в соответствующем узле сети связей надобъекта возникает незанятое место, а точнее – вакантный узел в сети связей надобъекта *B* или просто вакансия, т.е. область требуемых функциональных состояний для нового элемента, способного войти в этот узел надобъекта.

Представим, что возникшая вакансия заполнена объектом *C* из резерва агрегатов и узлов, область возможных состояний которого не совсем тождественна области объекта *A*. Это значит, что область возможных состояний объекта *C* не полностью соответствует области требуемых функциональных состояний, задаваемых надсистемой.

Несоответствие может выразиться в том, что функция отношений объекта *C* с окрестностными объектами в вакантном узле отличается от функции отношений объекта *A* к этим объектам, причем таким образом, что область возможных состояний объекта *C* в той или иной степени выходит за границы области функциональных состояний, которую имел объект *A* и должен иметь объект *C*, что может быть связано с доработками объекта *C*.

Практически это может привести к тому, что некоторые из интенций окрестностных объектов не найдут выхода на связь с объектом С, а некоторые интенции объекта *C* останутся свободными, когда он попадает на освободившееся после *A* вакантное место в узле структуры связей объекта *B*. В подобных случаях будем говорить, что свойства объекта *C* не согласованы с его функцией в структуре надобъекта.

Однако если вспомнить, что свойства любого объекта (т.е. область его возможных состояний) могут изменяться, если изменяется состав его элементов или их связей, если изменяется структура связей элементов или функции их связей при неизменности структуры, т.е. за счет изменения внутренних условий объекта, то станет понятно, что благодаря всем этим внутренним изменениям свойства как объекта *C*, так и объекта *B*, а также потенции, интенции и экстенции, свободные и занятые валентности объекта *C* или окружающих его объектов могут измениться так, что степень согласованности свойств объекта *C* с его функцией может начать уменьшаться или увеличиваться. В последнем случае область функциональных состояний объекта в данном вакантном узле включится в область возможных состояний объекта.

Процесс увеличения согласованности между свойствами объекта *C* и определенной частной функцией в узле сети связей объекта более высокого яруса (объекта *B*) благодаря изменениям свойства объекта *C* будем называть адаптацией объекта *C* к своей функции в вакантном узле объекта *B*.

Соответственно процесс увеличения согласованности между свойствами и функцией объекта *C* в узле связей объекта более высокого яруса (объекта *B*) за счет изменений свойств объекта *B* будем называть адаптацией объекта *B* к свойствам своего объекта *C*. В процессе адаптации второй разновидности в объекте *B* формируется такая сеть связей между элементами, в которой узел, включающий элемент *C*, обеспечивает для этого элемента наличие такой частной функции, т.е. такой области требуемых функциональных состояний, которая согласована со свойства элемента, соответствует экстенциальной функции отношений объекта *C* к окрестностным объектам. Иными словами, область требуемых функциональных состояний изменяется в таком направлении, чтобы «вписаться» в область возможных состояний объекта *C*.

Если же объект *C* адаптируется к объекту *B*, область требуемых функциональных состояний остается неизменной, а область возможных состояний объекта *C* смещается и деформируется в пространстве состояний до тех пор, пока в нее не окажется включенной область требуемых функциональных состояний.

В принципе возможно взаимное подстраивание: *C* адаптируется к *B*, а *B*– к *C*.

Если надобъект *B* адаптировался к объекту *C*, то возвращение *A* на место *C* сделает необходимой, для согласования свойства объекта *A* с областью требуемых функциональных состояний, новую адаптацию: либо *A* к *B*, либо *B* к *A*.

Если же объект *A* вернуть на место объекта *C* после того, как *C* адаптировался к надобъекту *B*, то свойства объекта *A* окажутся согласованными с областью требуемых функциональных состояний и объект *A* сможет нормально функционировать в соответствующем узле сети связей надобъекта *B*.

Однако это еще не говорит о полной заменимости объекта *A* объектом *C* после его адаптации к *B*. Объект *C* можно считать функционально эксивалентным. А лишь в том случае, если границы устойчивого

функционирования адаптированного объекта *C* будут не шире и не уже, чем границы устойчивого функционирования объекта *A*. Исходя из представлений о многоярусном строении объектов, мы имеем возможность говорить не только об адаптации объекта к надобъекту или надобъекта к объекту, но и об адаптации элемента к объекту или объекта к элементу и т.д.; на любом ярусе ввысь и вглубь.

В зависимости от того, на сколько ярусов вглубь успел распространиться процесс адаптации, можно говорить о глубине адаптации как о показателе степени оптимальности адаптирования, т.е. степени совершенства объекта.

Чем глубже адаптация, тем на более глубоком ярусе каждый элемент в сети связей с другими элементами своего яруса также является оптимально адаптированным объектом.

Если степень оптимальности адаптированного объекта при заданных условиях, т.е. пр наличных резервах материала и пределах изменения условий функционирования, достаточно велика, так что свойства объекта остаются в области требуемых функциональных состояний, то это значит, что изменения внешних условий приводят к таким перестройкам внутренних взаимодействий между элементами совершенного объекта, при которых варьирование внешних потоков остается незначительным, в пределах допустимых размытий.

Одной из необходимых характеристик объекта является его мера. Рассмотрев процесс адаптации, имеем возможность сказать, что наличие четко очерченной меры, наличие ярко проявляющихся качественных скачков в свойствах объектов присуще объекту тем в большей степени, чем более длительной и тонкой была его адаптация к определенному функциональному узлу в надобъекте при заданных условиях,определяющих, в частности, и границы устойчивого функционирования. Иными словами, лишь оптимально адаптированные, т.е. лишь совершенные объекты имеют четко выраженную и не случайную меру, лишь они ярко демонстрируют проявление диалектического закона перехода количества в качество.

Именно такие объекты, объекты, имеющие ярко выраженную меру, оптимально адаптированные, совершенные, будем называть системами.

А так как четкость границ меры зависит от степени адаптированности объекта, от степени близости результатов адаптации к оптимуму, к совершенству

объекта, то имеем право рассматривать любой объект как систему, если оговорена степень его системности. Эту степень системности можно измерять не только глубиной адаптации, но и «местом» на шкале с градациями от нуля до единицы, где величина, близкая к единице, приписывается оптимально адаптированной, совершенной системе при наложенных определенных ограничениях на условия функционирования, на резерв материала и на время адаптации. Поскольку не может быть адаптации безграничной глубины, то не может быть и абсолютной системности.

Что же касается нижнего предела системности, то «нуля системности», абсолютной системности, в реальности также быть не может, поскольку если нечто существует, то оно имеет интервал меры, хотя бы очень размытый и в узком диапазоне внешних условий.

Поскольку при диалектическом понимании системы как адаптированного, «ставшего», приобретшего свою меру объекта ничто реальное не может быть и абсолютно системным и абсолютно бессистемным, то все объекты внешнего мира – это и самостоятельные системы, и резерв материала, т.е. исходные объекты, из которых может формироваться субстанция других систем. Следовательно, всякий резерв материала представлен объектами, которые в определенной степени являются системами со своими мерами, пределами устойчивости, достаточно четко сложившимися граничными и качественными свойствами. Но отсюда и вытекает известная неизбежность наличия у любого объекта «имманентных» («в себе и для себя» существующих в его изолированном состоянии) валентных характеристик как преимущественных предрасположенностей к вступлению в определенные виды связей «вне себя и для других» при тех или иных внешних и окрестностных условиях. Иными словами, наличие определенных свойств у объектов должно расцениваться как следствие их предшествующей адаптации, как следствие того или иного уровня их системности и как условие тенденции, интенции к восстановлению тех видов связей с другими объектами, которые определялись областью требуемых функциональных состояний данного объекта, когда он формировался как система в функциональном узле некоторой надсистемы, т.е. когда протекало его становление как системы, как целого с присущими ему свойствами.

В заключение этого раздела остановимся на принципиально важных для технической эксплуатации бортовых комплексов оборудования ВС таких как сущность, основание, функциональность и утилитарность систем.

Как указывалось выше, адаптация есть процесс, и, как всякий процесс, она требует определенных условий своего протекания.

Прежде всего для адаптации необходимо, чтобы было то, к чему адаптироваться, т.е. должно существовать вакантное место в надсистеме, представляющее собой, в конечном счете, заданные надсистемой окрестностные условия для формирующейся системы. Именно из этих окрестностных условий вытекает, какой должна быть область требуемых функциональных состояний системы, имеющей право быть включенной в надсистему как один из ее элементов, ее элементов, как компонент субстанции надсистемы.

Но после того, как определено, что «требуется», необходимо соотнести требования с тем, как можно их удовлетворить, каковы условия реализации требуемой системы. Эти условия определяются, во-первых, как мы уже видели, наличным резервом материала. Во-вторых, надсистема, и, следовательно, система всегда находятся в конкретных внешних условиях, имеющих границы своего изменения и определяющих, какими должны быть границы устойчивого функционирования формирующейся системы, какой должна быть ее мера. Эти внешние условия мы назвали ранее условиями функционирования.

Следовательно, область требуемых функциональных состояний должна быть реализуемой с учетом таких условий, как резерв материала и условия функционирования, и пока в процессе адаптации новая система не вошла в границы требуемых функциональных состояний, т.е. пока не приобрела требуемых функциональных свойств, в ней должны протекать перестройки, для того, чтобы неполнота адаптированности системы не стала причиной изменения режима функционирования надсистемы.

Бортовой комплекс ВС как надсистема должке включать адаптированные системы и быть способным в течение времени адаптации системы при ТО отдельной изолированной системы оставаться достаточно устойчивой и функционировать в надподсистеме, чтобы не только существовать, но и поддерживать стабильным функциональный запрос в соответствующем узле сети связей своих частей, являющихся основанием как отдельных систем, так и надсистемы.

Таким образом, наличие основания и наличие условий (как резерва материала и заданности условий функционирования) представляют собой

перечень факторов, приводящих к началу возникновения, становления и «жизни» систем и надсистем.

Поскольку система с четкими границами меры не должна иметь, с точки зрения области требуемых функциональных состояний, избыточных свойств, но представляет требуемые свойства в заданных окрестностных условиях, то кроме функциональных свойств, характеризующих прежде всего те потоки, на основе которых осуществляются важные для надсистемы взаимодействия адаптируемой системы, с окрестностными системами, в этой системе должны быть свойства, не являющиеся непосредственно функциональными, но имеющими отношение к функциональным; эти свойства должны служить средством внутреннего поддержания, стабилизации функциональных свойств, пока внешние условия не выходят за границы меры. Эти внутренние поддерживающие свойства могут опираться, в нашем понимании, на закрепление внутренних потоков, а также условий для этих потоков как обусловливающих в свою очередь, наличие функциональных потоков, задаваемых основанием.

Любая отдельно взятая система бортового комплекса оборудования ВС имеет специфический и достаточно ярко выраженный спектр интенций, сохраняет свою индивидуальность как следствие адаптированности к определенным окрестностным условиям функционирования. Но это значит, что степень адаптированности, степень системности и степень устойчивости оказываются характеристиками одного порядка. А так как устойчивость благодаря наличию замкнутых потоков, поддерживающих способность включаться в проточные функциональные потоки и тем самым обеспечивать замкнутость поддерживающих потоков подсистемы, то степень системности одновременно является и показателем степени целостности объекта.

Но поскольку замкнутые поддерживающие потоки связи содействуют в процессе адаптации формированию каналов, источников, резервуаров и преобразователей субстанции как функциональных потоков, так и потоков, их поддерживающих, то по мере адаптации эти каналы, резервуары и т.д. все больше превращаются из следствия функциональных запросов, из реакции на наличие заданного основания во внутреннюю причину наличия у системы ее качественных и граничных свойств, и вся эта совокупность складывающихся внутренних причин свойств системы должна, по-видимому, расцениваться как конкретизация диалектической категории общности [ ].

Если сущность – источник свойств объекта, проявляющих себя через взаимодействия, то любые из этих проявлений, возникают ли они регулярно или спорадически, прямым или многократно опосредствованным следствием данной сущности, нужно, по-видимому, определить как явление данной сущности, ибо «явление есть проявление сущности».

В такой трактовке те из явлений данной сущности, ради наличия или для поддержания наличия которых и формировалась данная сущность в процессе адаптации системы, следует определить как существенные свойства. Так, очевидно, что функциональные свойства попадут в число существенных. Но если необходимо выявить сущность системы, то желательно делать это по максимуму ее внешних проявлений, следовательно, в расчет должны браться не только существенные, но и любые другие свойства системы в их явлениях.

Когда же есть возможность проникнуть непосредственно внутрь адаптированной системы, изучить основу ее существенных свойств, т.е. рассмотреть компоненты сущности как телесные единицы соответствующих ярусов объекта, то свойства этих единиц лучше называть не существенными, а сущностными.

Конструктор и производитель может воплотить систему в материальную субстанцию только после того, как через сущностные свойства технически реализует сущность системы.

Следует также заметить, что степень сформированности сущности является еще одним показателем системности объекта, его целостности, его устойчивости в границах меры, а также четкости границ меры.

Чем глубже уровень адаптации объекта, т.е. чем ближе объект к оптимальной адаптированности, к совершенному состоянию при данном основании, тем в большей степени он является системой, тем полнее сформирована его сущность, тем определеннее спектр его свойств, область его возможных состояний, его специализация, его интенция, его «привязанности» и «антипатии» к другим объектам.

А это значит, что четко ограничена область меры такого объекта, велика предрасположенность, неизбежность его вступления в одни связи и гарантия вступления в другие в каждом конкретном сочетании внешних и внутренних

условий. И если эти условия заданы и поддерживаются именно такими, а не иными, то можно говорить о наличии необходимости возникновения соответствующих связей объекта, проявления соответствующих свойств или наступления неизбежных событий. А для достаточно надежного поддержания условий нужно, чтобы все соучастники взаимодействия, задающие эти условия, также представляли собой компоненты глубоко адаптированной системы, свойства которых согласованы со структурой этих взаимодействий.

Таким образом, диалектическая категория необходимости оказывается связанной с узловым понятием системного подхода – с системой. Необходимость представляет собой такую характеристику взаимодействия систем, которая пропорциональна прежде всего степени системности наименее совершенной из взаимодействующих систем (в том числе и среды как системы).

С другой стороны, так как по нашему определению степень системности не может быть предельной, равной единице, из-за того, что адаптация объекта не может быть бесконечно глубокой, а условия, в которых находится система, также не бывают абсолютно стабильными, иначе понадобилась бы бесконечная их адаптация ввысь, то, кроме необходимости, всегда существует и случайность, т.е. такие типы взаимодействий и такие процессы, которые, казалось бы, не вытекают из предрасположенностей объектов к взаимодействиям, определяемым сущностью объектов, противоречат их сущности.

Следовательно, и категория случайности связана с понятием системы, она также характеризует взаимодействие системы и может быть оценена как величина, пропорциональная в первую очередь степени «недосистемности» (т.е. степени отличия от совершенного состояния) наименее адаптированной из взаимодействующих систем (включая среду), т.е. снова наименее совершенной из систем.

Если надсистема имеет высокий уровень системности и функционирует в над-надсистеме в соответствующем функциональном узле, то внешние и внутренние потоки надсистемы согласованы, и в этом смысле между ними нет противоречия. Важно, что противоречие у нас не формально, а онтологично, телесно, как и сущность. Сущность надсистемы служит внутренней причиной как раз тех ее свойств, которые согласованы с основанием, образуют область требуемых функциональных состояний, задают границы меры, обеспечивают наличие поддерживающих потоков.

Однако в процессе «жизни» надсистем ничто не остается абсолютно неизменным. В частности, со стороны над-надсистемы может измениться запрос на граничные области требуемых функциональных состояний надсистемы, причем таким образом, что для исполнения новой функции понадобится упростить сеть обменных потоков в надсистеме, т.е. структуру взаимодействий составляющих ее систем.

Примером подобной ситуации является переход на резервный режим управления, в частности, с автоматического на штурвальный.

Если функциональный запрос к над-надсистеме изменился таким образом, что для наличия свойств, отвечающих новой области требуемых функциональных состояний, необходимо усложнить взаимодействия между компонентами надсистемы, то увеличение густоты сети обменных потоков делает необходимым ее разрежение за счет появления новых узлов и, следовательно, элементов, выполняющих роль «перераспределителей», «коммутаторов» и «диспетчеров» потоков обменных элементов для «снятия» противоречий между ними.

Пример этого варианта связан с введением новых режимов управления путем доработки надсистемы за счет включения новых блоков в автоматическую систему управления (например, вычислитель ухода).

Следовательно, в том участке надсистемы, где произошло наиболее сильное усложнение структуры, возникает основание, запрос на новую систему, способную своим наличием снять это противоречие, представляющее собой структурное переусложнение надсистемы. Оно остается не снятым, пока возникшей потребной функции еще не соответствует система со свойствами, делающими ее способной выполнять именно эту функцию.

По-видимому, здесь мы встречаемся еще с одной формой взаимодействия количественных и качественных характеристик развивающихся и функционирующих объектов, еще с одной разновидностью оптимизации качественных и граничных свойств системы. Усложнение структуры в нашем определении соотносимо с количественным ростом, ибо отражает рост роли внутренних граничных свойств объекта. Увеличение числа элементов объекта соответствует росту удельного веса внутреннего качественного начала, ибо состав элементов как основы субстанции целого характеризуется, прежде всего, качественными свойствами элементов. Тогда возникновение в надсистеме

основания как потребности в новом элементе в связи с изменением запроса на ее функциональные свойства есть проявление внутреннего качественного скачка вследствие роста главного внутреннего количественного параметра – структуры надсистемы.

Но этот скачок имеет одно замечательное свойство. Вначале он представлен только фактом противоречия, выраженного телесно как ус ложнение сети потоков, как переусложненность схемы пересечений потоков, причем не как освобождение, а как рождение вакансий для нового элемента, который должен ликвидировать эту переусложненность, когда он сформируется.

С момента появления основания оказываются заданными запросы на функциональные свойства новой системы с ее сущностью, но тем острее чувствуется отсутствие такой системы как новое противоречие в надсистеме. К тому моменту, когда уже возникло основание, новая система предопределена, «она есть раньше, чем она существует».

Для закрепления функциональных свойств основание, как уже видели, должно привести к возникновению «внутреннего основания» этой системы, к возникновению ее телесной сущности. А для этого, как уже рассматривалось при введении понятия адаптации, нужны условия, сводящиеся к наличию резерва материала и заданности условий функционирования.

Следовательно, сущность формирующейся системы получает окончательные свои определения лишь тогда, когда после возникновения основания конкретизируются условия создания и функционирования системы.

Таким образом, основание, разрешая противоречие, противоречиво в самом себе, что и служит движущей силой для разрешения нового противоречия.

После уточнения онтологической природы понятия основания и условия можно видеть, что приведенное выше определение понятия системы не есть аналог понятия вещи, факта, события или объекта как непосредственной данности, наблюдаемой только через те свойства, которые лежат на поверхности, т.е. которые представляют лишь явления некоторой открытой для нас сущности. Для нас система – это и условие и основание объекта или события, и процесс становления его сущности, и его «выхождение» в телесное воплощение, и тенденции его дальнейших изменений.

Следовательно, система, в нашем понимании – это внешний, материальные, телесный «оригинал» того, чему в диалектике соответствует понятие «суть дела».

Таким образом, система, в излагаемой концепции системного подхода – это онтологический, телесный аналог не вещи, а суть, понятия вещей, во всей полноте его противоречивых сторон как основы развития. И наоборот, «суть дела» как категория диалектически – это понятие не о вещи, а о системе.

Но если система, в рассматриваемой системологической концепции, – это не абстрактное понятие и даже не просто телесная вещь, а именно «суть дела», то, очевидно, что изучение свойств систем, различение и отождествление систем не может опираться только на те приемы, которые разработаны для сравнения и отждествления вещей как наличных явлений в определенной синхронической плоскости. Нужны дополнительные специфические приемы работы с объектами как системами, т.е. как с сутью дела. Важнейшим из таких приемов является сравнение систем на основе сравнения их детерминант, имеющее принципиально важное значение на всех этапах их «жизни».

Для установления принципов сравнения систем между собой необходимо ввести ряд новых, хотя и достаточно очевидных (в свете изложенного ранее) понятий.

Начнем с понятия траектории развития системы, в котором связывается воедино непрерывная последовательность всех ступеней, всех «моментов», всех фаз развития, всех этапов адаптации системы, от момента появления основания до времени, когда система станет практически соотнесенной (т.е. достигнет заданного порога оптимальной адаптированности). Тогда две системы с одинаковыми основаниями и условиями можно сравнивать по их фазе на траектории развития, определения, какая из двух систем ближе к совершенному состоянию, глубже адаптирована, имеет более четкие границы меры, более ярко проявляющуюся сущность, чем другая. Если измерять эту фазу в доле траектории развития, то степень системности двух систем можно сопоставлять даже тогда, когда у них – различные основания, например, когда они адаптируются в разных функциональных узлах надсистемы.

Но две системы могут отличаться друг от друга и тогда, когда у них тождественны и основания, и фазы развития, но не совпадают условия.

В этих случаях у систем могут быть различными предельные, совершенные состояния и, следовательно, свойства и особенности сущности на всей траектории развития. Это фактически означает, что различными будут траектории развития в пространстве свойств адаптирующихся систем и, естественно, конечные точки этих траекторий. Общей окажется только исходная точка этих траекторий, ибо она задается тождественным основанием.

Нетрудно установить и причины этих различий: сущности формирующихся систем при тождестве основания не могут быть тождественными тогда, когда различаются либо резервы материала, либо условия функционирования этих систем. При этом функциональные свойства таких систем должны совпадать, следовательно, различие сущностей проявится только в несовпадении тех конкретных способов, с помощью которых внутренние свойства систем поддерживают функциональные свойства.

Своеобразие условий, в которых складывается индивидуальность двух систем с одинаковыми основаниями, становится определяющим параметром для сравнения этих систем. Поэтому такое своеобразие условий было названо детерминантой (определяющей характеристикой) системы.

А так как условия конкретно зависят либо от особенностей резерва материала («материальные условия»), либо от особенностей условия функционирования («кондициальные условия»), то и детерминанта системы может быть либо материальной, либо кондициальной.

При сравнении реальных систем между собой наиболее типична ситуация, когда тождественны и основания, и резервы материала этих систем. Следовательно, отличие между ними заключается, как правило, в несовпадении фаз адаптации (степени совершенства при заданном основании) и условий функционирования. Поэтому, если нет особой оговорки, то под различием детерминант будет подразумеваться различие кондициальных детерминант, т.е. своеобразие условий функционирования. Системы, у которых совпадают основания и условия (и, следовательно, материальные и кондициальные детерминанты), имеют совпадающие полные траектории развития. Следовательно, отличие их может заключаться только в несовпадении фаз развития. Если же у таких систем совпадают и фазы, то мы вправе рассматривать их как экземпляры одной и той же системы.

Различие детерминант как условий приводит к развитию сущностей и, следовательно, к различию существенных свойств, вытекающих из этих сущностей, в той мере, в какой сущность зависит не только от основания. А так как в системе с глубокой степенью адаптации и, следовательно, с четкими границами меры, все нефункциональные свойства подчинены поддержанию функциональных, то значение основания и существенного свойства, вытекающего из детерминанты, позволяет понять внутреннюю логику и состояния и развития системы, даже в тех случаях, когда еще не найдена формулировка детерминанты. Таким образом, специфическое существенное свойство, являющееся прямым следствием детерминанты, также может быть характеристикой специфики системы и в этом смысле – тоже детерминантой, но внутренней.

Так как сущность системы, в нашем понимании, формируется для удовлетворения функциональных вопросов надсистемы в ее определенном вакантном узле, то наиболее полно сущность выявляется через те существенные свойства системы, которые функциональны.

Прочие существенные свойства системы, как отмечалось, складываются в ней в процессе ее адаптации лишь для поддержания функциональных свойств при данном резерве материала и данных условиях функционирования.

Поскольку абсолютной системности объект никогда не достигнет, то, кроме существенных свойств он может проявлять и несущественные. Но они уже не являются функциональными. Следовательно, пока объект функционирует в том вакантном узле, в соответствии с запросами которого формировалась сущность объекта, можем говорить, что практически из функциональности вытекает и существенность.

Условимся называть свойства системы, рассматриваемой лишь в аспекте ее пригодности занять определенный вакантный функциональный узел в надсистеме, утилитарными (для надсистемы). Тогда можно говорить, что пока система адаптируется в надсистеме, и пока протекает процесс формирования сущности системы и приближения ее к совершенному состоянию, существенные свойства, будучи функциональными, все меньше отличаются от утилитарных.

Но если система попадает в другой функциональный узел, то даже если ее свойства позволяют ей функционировать в этом узле, функциональные свойства, будучи утилитарными, могут значительно отличаться от существенных. И только

если начнется процесс адаптации системы к новому вакантному узлу, то сущность объекта будет перестраиваться таким образом, чтобы снова существенные свойства связи стали и функциональными, и утилитарными. Поэтому и сам процесс адаптации объекта к некоторому функциональному узу надсистемы, процесс утраты этим объектом его исходной сущности и приобретения новой сущности, переводящей адаптируемый объект из разряда материала в разряд компонента субстанции адаптирующей надсистемы, можно теперь охарактеризовать с новой стороны: как процесс снятия противоречий между утилитарностью и существенностью функциональных свойств объекта и выработки новых существенных свойств, являющихся функциональными и утилитарными.

Такое разграничение функциональности, утилитарности и существенности и уточнение механизмов их взаимоперехода в процессе адаптирования системы к надсистеме позволяет нам избежать весьма распространенного, но двусмысленного употребления термина «существенное свойство».

Токая надсистема имеет свою сущность и хорошо адаптирована к над-надсистеме, ее функциональные свойства и существенны, и утилитарны по отношению к над-надсистеме.

Если же по какой-либо причине в надсистеме образовался вакантный узел, то для сохранения всех существенных ее свойств и, следовательно, для сохранения ее функциональных свойств, в надсистеме возникшую вакансию должна занять новая система, способная выполнять требуемую функцию, т.е. имеющая в составе своих свойств такие, которые необходимы для вакантного функционального узла.

Рассмотренные выше методологические аспекты, понятия и определения формируют концепцию системного подхода, базирующуюся не на формально-аксиоматической, а на онтологической основе, ориентированной на такую формулировку основных понятий и закономерностей системного подхода, которая допускает инженерную интерпретацию и может быть не только средством описания и осмысления природы реально существующих систем, но и их поведения в процессе эксплуатации.

Таким образом, принципиальная необходимость выйти за пределы формальной логики при разработке принципов индуктивного обобщения, без

которого невозможно содержательное человеко-машинное общение, имеет в настоящее время строгое обоснование. Однако в данной работе ниже доказывается необходимость принципиального использования формального аппарата при решении наиболее сложных задач технического обслуживания и ремонта в рамках человеко наполненных систем эксплуатации ВС, противопоставляя телесность, субстанциальность технических систем бестелесности их структурных моделей, необходимость очертить тот круг явлений, описание и конструирование которых может и должно опираться, в первую очередь, на строгий формальный аппарат логики и математики в современном понимании этих терминов. Этот круг ограничивается глубоко адаптированными системами, являющимися основой бортовых комплексов ВС.

Через это ключевое для излагаемой концепции представление о сущности адаптивности необходимо показать, что само понятие формального имеет немалые резервы расширения без утраты строгости. В связи с этим интересно отметить современные попытки обогащения исходных понятий оснований математики, разработку более богатых и необычных с традиционной точки зрения теорий, направленных на учет онтологии исследуемых сущностей.

1.4. Статика и динамика состояния сложной системы. Понятия, определения и представления

После проведенного выше уточнения понятия системы как диалектической категории «сути дела», после онтологизации ряда иных философских категорий и после введения представлений о процессе адаптации как о материальном согласовании, как о разрешении онтологических противоречий в системе, имеется возможность взглянуть с несколько новых позиций на проблему природы отражения и перейти далее сначала к общесемитическим, а потом и собственно лингвистическим аспектам представления поведения сложных систем. При этом в чисто физических, химических и прочих объективных процессах функционирования сложных систем будем стараться усматривать наличие тех предпосылок, тех субстратных явлений, без которых не могли бы развиться высшие формы отражения.

Отражения имеют принципиальное значение и в инженерной практике разработки языковых проблем ТО, ибо невозможно заниматься поиском путей технической реализации передачи мыслительного содержания с помощью условных знаков, если не доказано, что хотя бы более низкие уровни отражательных процессов, таких, например, как специфическая реакция на различные физические характеристики объектов, способность обучиться опознавать эти объекты и т.д., может в технических устройствах опираться на исходные свойства материи, «родственные с ощущениями».

К настоящему времени накоплено уже немало научных аргументов в пользу того, что нет «непроходимой грани между живой и неживой материей, с одной стороны, и ощущением и сознанием, с другой» [ ].

Из того факта, что текущее состояние объекта или системы как совокупность его свойств, определяющих набор валентностей взаимодействия, зависит от окрестностных условий, следует, что объекты близких или тождественных сущностей в одинаковых окрестностных условиях имеют близкое или тождественное деление валентностей на экстенции, интенции и потенции. Это особенно очевидно тогда, когда такие объекты создают для себя самих взаимные окрестностные условия.

Рассматривая проблему природы отражения, сначала будем иметь в виду системы, возникшие на основе связей более или менее однородных компонентов (автоматическая бортовая система управления). В этом случае очевидно, что если какая-либо внешняя причина, например, воздействие на данную систему, вызовет изменение структуры уже установившихся, экстенциальных связей между компонентами данной системы, то следствием этого может быть влияние изменившихся экстенций верхних ярусов на структуру потоков и на соотношение интенций и потенций компонентов более глубоких ярусов данной системы.

Если внешняя причина, изменившая взаимные окрестностные условия между однородными объектами надобъекта, исчезает раньше, чем успели произойти заметные глубинные адаптации к новым распределениям потоков связи между компонентами высших ярусов системы, то исчезновение внешней причины может сопровождаться восстановлением исходных окрестностных условий между этими компонентами, т.е. восстановлением исходной структуры их экстенциальных валентностей.

Однако если внешняя причина поддерживает извне изменение окрестностных условий между компонентами данной системы так долго, что на глубинных ярусах этих компонентов успевает произойти адаптация элементов к новой структуре более высокого яруса, то исчезновение этой причины может оказаться недостаточным фактором для того, чтобы исходная структура экстенций между объектами надобъекта восстановилась полностью. Перестройка глубинных элементов компонентов рассматриваемой системы приведет в этом случае к изменению валентностей самих этих компонентов, и набор их интенций и экстенций может оказаться другим. А поскольку теперь возникнет новая структура экстенциальных связей между компонентами, то элементы этих компонентов уже не будут находиться в исходных условиях по отношению к потокам связи на более высоких ярусах, и следствия адаптации, вызванные хотя и временным, но достаточно долгим воздействием внешней причины на совокупность объектов, в той или иной мере останутся и закрепятся как новое состояние отражающего объекта, выражаемое в появлении следа воздействия.

Рассмотренная нами картина возникновения следа является иллюстрацией существенных сторон таких изменений состояний сложных систем, например системы встроенного контроля Автоматической Бортовой Системы Управления (АБСУ), под влиянием внешних воздействий, которым в технике контроля соответствует понятие реакции на это воздействие механики – деформации.

Условимся с общих позиций процесс изменения любого состояния одной подсистемы или сложного объекта, как следствие воздействия на нее другой подсистемы или объекта, называть отражением; результат отражения – следом или реакцией; объект, испытывающий воздействие, которое проявляется в виде возникновения следа этого воздействия, назовем отражающим объектом (системой), а объект (система), взаимодействие с которым послужило причиной возникновения следа – отражением.

Таким образом, возникновение реакции деформаций будет расцениваться как одна из форм возникновения следа воздействия одного объекта на другой объект, как одна из форм результата отражения.

Объекты в процессе отражения могут взаимно влиять друг на друга, взаимно деформировать друг друга, так что следы после взаимодействия останутся на обоих объектах. Однако для анализа механизмов отражения первоочередной задачей является рассмотрение таких взаимодействий между объектами, при

которых можно считать, что один объект воздействует на другой заметным образом, но воздействием второго на первый можно пренебречь. В этом случае отражающий объект можно называть также пассивным, а отражаемый – активным. Кроме того, часть активного отражаемого объекта, которая находится с пассивным объектом либо в контакте, либо влияет на пассивный субстанцией потоков связи, т.е. ту часть активного объекта, которая своими экстенциальными потоками непосредственно изменяет структуру потоков связи компонентов отражающего объекта, назовем активной частью отражаемого объекта. Тогда ту часть отражающего объекта, в которой произошли те или иные виды деформации непосредственно под влиянием активной части отражаемого объекта, назовем первичной реакцией, прямым следом или, с общих позиций, первичной деформацией.

Исходя из представлений о потоковой природе взаимодействий реальных объектов и механизмов их адаптации, можно не только по-новому истолковать процессы возникновения реакций или деформаций как условий возникновения следов воздействия отражаемого объекта на отражающем, но и вскрыть потенциальную возможность таких следствий взаимодействий этих объектов, которые уже соотносимы с привычными понятиями контроля электротехнических объектов или механики, но имеют первостепенное значение для вычисления природы более тонких видов отражения.

Примером реализации таких понятий является адаптированная система, включающая объект контроля и систему контроля (ОК–СК) для оценки состояния объекта контроля, где отражающим объектом является ОК, состояние контроля которого проверяется СК, состоящей из активной части, формирующей поток воздействия ОК, часть которого реагирует на воздействия активной части СК, деформируя компоненты ОК.

Обратим теперь внимание на ряд хотя и очевидных, но требующих подчеркивания фактов.

Во-первых, ясно, что прямой след, будучи непосредственным следствием воздействий активной части отражаемого объекта на отражающий объект, не может не иметь некоторых свойств, совпадающих со свойствами активной части отражаемого объекта. Даже если первичный след – это простая механическая вмятина, то определенные особенности структуры активной части отражаемого объекта окажутся навязанными этому следу, и след, в той или иной степени,

уподобится активной части. Поэтому справедливо считать, что в определенной мере сам отражающий объект уподобится отражаемому.

В общем случае появление прямого следа приведет к изменению не только экстенций, но и интенций компонентов отражающего объекта в месте следа. Но это изменение интенций может привести к возникновению новых экстенций уже за границами первичного следа.

Отсюда вытекает новое заключение: если первичный след – это деформация отражающего объекта под влиянием внешнего фактора, например, воздействия активной части отражаемого объекта, то, возникнув в отражаемом объекте, первый след может сам превратиться в активный внутренний фактор последующей, вторичной деформации отражающего объекта, причем эта вторичная информация, захватив большую или меньшую полосу за границами первичной, т.е. за границами прямого следа, может быть соотнесена с определенной полосой активной части отражаемого объекта.

Свойства полосы вторичной деформации, возникающей вокруг прямого следа, могут не иметь ничего общего со свойствами соответствующей полосы вокруг активной части отражаемого объекта, так как навязываются природой компонентов не отражаемого, а отражающего объекта, и тогда степень подобия между отражаемым и отражающим объектом останется той же, какой она была до возникновения вторичной деформации в отражающем.

Вторичная деформация выразится в этом случае лишь в степени изменения подобия отражаемого объекта самому себе: без вторичной деформации эта степень изменения была бы меньше, чем при наличии вторичной. В частности, поскольку вторичная деформация может тоже оказаться активным внутренним фактором, то первичная деформация должна тогда рассматриваться как «спусковое воздействие» для цепи последующих изменений свойств отражающего объекта.

Так как в рассматриваемой концепции все связи и взаимодействия и, следовательно, перестройки структуры объекта истолковываются в терминах потоков субстанции связей, и накопление внутренней энергии следует понимать как аккумуляцию субстанции связи, например, в виде циркулирования внутренних замкнутых потоков, а освобождение внутренней энергии – как

разрыв, размыкание таких внутренних потоков, их вмешательство в другие потоки связи, в частности, изменение структуры этих других потоков.

Поскольку при оценке состояния объекта или системы важен лишь факт наступления реакции или деформации, первичное воздействие и его первичный след будем называть спусковым по отношению к вторичным процессам деформации.

Естественно называть результаты вторичной деформации косвенным следом.

Рассмотрим теперь случаи, когда косвенный след возникает под влиянием воздействий, которые уже нельзя назвать спусковыми.

Представим, что и отражающий, и отражаемый объект – это глубоко адаптированные системы, причем сформировавшиеся при подобных основаниях и резервах материала, например, (СВК–САУ). Ясно, что сущности таких объектов и их компонентов будут также весьма близкими. Нетрудно догадаться, как скажется эта близость на особенности вторичной деформации после возникновения прямого следа воздействия отражаемого объекта на отражающий.

Компоненты отражающего объекта окажутся подчиненными темже законам изменения валентностей, тем же внутренним зависимостям перехода интенций в экстенции, потенций в интенции и т.д., что и компоненты отражаемого активного объекта, и поскольку, как установили выше, прямой след не может не быть в определенной мере подобным (по свои свойствам) активной части отражаемого объекта, то и вторичные последствия этого подобия тоже не могут не быть в той или иной степени подобными. Иными словами, полоса вторичной деформации вокруг прямого следа на отражающем объекте будет также в некоторой мере уподобленной по своим свойствам соответствующей полосе вокруг активной части отражаемого объекта, причем тем в большей мере, чем более подобна субстанция объектов, чем ближе были основания, формирующие сущность компонентов этой субстанции, чем более одинаков «опыт материала», послужившего субстратом формирования субстанции, несмотря на то, что полоса вторичной деформации вокруг следа не испытывала прямого воздействия со стороны соответствующей полосы отражаемого объекта.

Очевидно, что вторичная деформация, т.е. косвенный след, увеличивает в этом случае степень уподобления отражающего объекта отражаемому и что рассмотренная разновидность отражения, явно выходящая за рамки представлений о механических деформациях, имеет, тем не менее, универсальный характер, ибо не может быть в природе объектов с такими субстанциальными характеристиками, в которых вообще не содержалось бы ничего общего. Ясно также, что степень этой общности субстанции может варьироваться в очень широких пределах, и поэтому уподобление взаимодействующих объектов за счет возникновения вторичного, косвенного следа вокруг первичного может быть и таким, что дает заметное добавление к подобию, вызванному возникновением первичного следа, и, таким образом, фактически является пренебрежимо малым по сравнению с подобием, вызванным первичной деформацией.

Естественно, что механика имеет дело с взаимодействиями второй разновидности, упругими, неупругими и спусковыми, а анализ природы отражения должен быть направлен на рассмотрение взаимодействий первой, обеспечивающей за счет вторичной деформации заметный прирост к тому уровню подобия отражающего объекта отражаемому, который получен на стадии первичной деформации как подобие характеристик прямого следа характеристикам активной части отражаемого объекта.

Поскольку это дополнительное подобие косвенного следа фактически предвосхищает то, что было бы с прямым следом отражающего объекта, если бы расширилась зона, раздвинулись границы активной части отражаемого объекта, т.е. что было бы, если бы воздействие активного объекта на пассивный было в том или ином отношении более полным, то назовем этот вид отражения вторичной, но не спусковой деформации антиципацией, т.е. «предвосхищением», «опережением» того, к чему следует произойти при определенных условиях лишь в будущем. Таким образом, косвенный, вторичный след может быть антиципативным.

По-видимому, возможность протекания антиципации, т.е. антиципативных видов отражения на физико-химическом, очень важном для нас электрическом и электронных, уровне в объектах реальной действительности, и должна оцениваться как то свойство материи, которое «по существу родственно с ощущением» или, во всяком случае, является непременным условием возникновения способности к ощущению и к другим более высоким формам отражения на определенном уровне усложнения систем.

Антиципация сходна с косвенной деформацией при спусковых воздействиях в том отношении, что будучи также вторичной, она протекает, во-первых, на основе энергии, запасенной отражающим объектом до акта взаимодействия с отражаемым, и, во-вторых, подобие состояния отражающего объекта своему исходному состоянию вследствие вторичной деформации уменьшается. Но при спусковом воздействии отношение между отражающим и отражаемым объектом этим и ограничивается, а при антиципации степень их подобия благодаря возникновению косвенного следа возрастает.

По-видимому, трудно было бы прийти к представлениям о косвенном следе как способности всех телесных объектов к тому или иному уровню антиципации, если бы мы не имели в своем распоряжении таких конкретизаций категорий материалистической диалектики, которые позволили нам осмыслить понятие системы как телесного аналога диалектического понятия «суть дела».

Теперь, продолжая извлекать содержательные следствия из системы рассмотренных категорий, перейдем к вопросу о важнейших видах самих антиципаций, о разновидностях предвосхищающих косвенных следов.

Виды антиципаций, образ и отображение. Антиципация может осуществляться многократно или однократно, в зависимости от того, какова деформация отражающего объекта, приведшая к возникновению следа: упругая или неупругая. Однако в том и другом случае, мы пока что рассмотрели универсальную антиципацию, если понимать под универсальностью отсутствие каких-либо ограничений на то, осуществлялось или не осуществлялось до данного универсального акта антиципации взаимодействие отражающего объекта с данным (или с данной активной частью отражаемого объекта). Эффективность антиципации, которую можно оценивать по доле прироста подобия отражающего объекта отражаемому после антиципации по отношению к подобию только в результате возникновения прямого следа, зависит, если она универсальна, только от того, какова степень близости «внутреннего опыта» компонентов отражающего и отражаемого объекта, степень близости валентных особенностей этих компонентов, глубина ярусов, на которых компоненты взаимодействующих объектов остаются носителями близких сущностей.

Поскольку понятие антиципации опирается на представления о приросте подобия отражающего объекта отражаемому в результате возникновения вторичного, косвенного следа на отражающем, а подобие характеризуется

близостью свойств объектов, то естественно различать виды антиципации и на основании того, какой тип свойств дает наибольший вклад в увеличение подобия отражающего объекта отражаемому после возникновения антиципативного следа. Так можно получить возможность разделить антиципации по виду отражаемых свойств на две наиболее важные разновидности: статические (или пространственные) и динамические (или временные).

Если по отношению ко времени, в течение которого осуществляется процесс антиципации, отражаемый объект остается более или менее неизменным, статичным, проявляющим свое многообразие лишь в пространственных координатах, то косвенная, антиципативная деформация, распространяясь за границы прямого следа, может увеличить степень подобия отражающего объекта отражаемому лишь в том смысле, что полоса вторичной деформации вокруг следа окажется подобной соответствующей полосе вокруг активной части отражаемого объекта субстанциальными или структурными статическими характеристиками. Иными словами, вторичная деформация как проявление атиципации будет в этом случае такой, какой она могла бы быть, если бы просто увеличилась активная часть отражаемого объекта, например, если бы увеличилась поверхность контактирования объектов. Следовательно, полная, т.е. прямая и косвенная, деформация при статической, пространственной антиципации восполняет, делает богаче отраженную картину особенностей отражаемого объекта, проявляет те свойства, которые, в текущий момент времени, хотя и присущи отражаемому объекту. Но не были запечатлены на прямом следе, т.е. в результате первичной деформации.

Несколько иную роль играет антиципация в тех случаях, когда отражаемый объект, за время, сравнимое с временем процесса атиципации, успевает изменить свои свойства и в этом смысле является динамическим.

В той мере, в какой новые состояния отражаемого объекта обусловлены сущностными характеристиками его компонентов, субстанциальная близость отражающего объекта отражаемому становится фактором перехода первичного следа, поскольку он отразил в себе некоторые особенности состояния активной части отражаемого объекта, в новое состояние, во вторичный след, в той или иной степени соответствующий уже состоянию, в которое еще только предстоит перейти активной части отражаемого объекта. А так как подобие субстанции отражающего объекта субстанции отражаемого не полное, то среди антиципаций рассматриваемой разновидности могут быть и такие, при которых для перехода

прямого следа в новое состояние, т.е. в косвенный след, требуется меньшее время, чем для перехода активной части отражаемого объекта в соответствующее новое состояние. Иными словами, динамическое (временное) предвосхищение, временная антиципация содержит в себе зародыши того процесса, который в его наиболее развитой форме именуется прогнозированием, хотя у нас пока нет и речи ни о каких познающих в предсказывающих субъектах, а рассматриваются универсальные (хотя и более тонкие, чем просто механические) свойства физико-технических объектов.

При пространственной антиципации можно говорить также о том, что результатом отражения является увеличение степени подобия между деформирующим предметом и результатом вторичной деформации, при временной антиципации – степени подобия между деформирующим процессом и процессом вторичной деформации. И, наконец, можно разбить варианты антиципации на две разновидности еще по одному признаку, различая внешнюю и внутреннюю антиципацию.

В случае пространственной антиципации различие по признаку «внутренние – внешние» выражается в том, что при внутренней пространственной антиципации косвенный след получается из прямого благодаря тому, что граница прямого следа продвигается вглубь ярусов, так что степень подобия отражающего объекта отражаемому увеличивается за счет увеличения совпадения характеристик деформации с характеристиками отражаемого объекта в направлении все большей детализации, тогда как при внешней пространственной антиципации границы деформации увеличиваются по площади, так что детальность соответствия результирующей деформации свойствам отражаемого объекта не растет, зато увеличивается число фрагментов отражаемого объекта, которые соответствуют антиципативному следу.

Такова же причина отличия внутренних временных видов антиципации от внешних временных: в одном случае процесс детализируется, но остается в том же интервале времени, в другом – детальность остается неизменной, но интервал отраженного процесса расширяется.

Необходимо еще отметить, что требование полного тождества субстанции отражающего и отражаемого объекта отнюдь не обязательно. Необходимо лишь, чтобы наборы валентностей компонентов взаимодействующих систем и законы их взаимного перехода в класс экстенций, интенций и потенций были на

определенном числе ярусов в достаточной мере подобными. Тогда, каким бы способом отражаемый, активный объект ни навязывал некоторые из характеристик своей экстенциальной структуры отражающему надобъекту, после возникновения прямого следа в отражающем объекте могут начаться процессы дальнейшего уподобления его свойств свойствам отражаемого, и, следовательно, процессы антиципации этих свойств. Ограниченность числа ярусов подобия субстанций скажется лишь на глубине возможной детальности отражения.

Необязательность тождества субстанции отражающего и отражаемого объекта имеет принципиальное значение для ТО , ибо подтверждает возможность имитации самых различных процессов, в том числе и протекающих на неорганических субстратах технических устройств.

Введем в заключение этого раздела новые терминологические уточнения. Поскольку нам все чаще приходится упоминать не только отдельно терминн «прямой след», имея в виду первичную деформацию, и термин «косвенный «косвенный след» для называния вторичной деформации, но и различать результаты спусковых и антиципативных вторичных деформаций, то косвенный след спускового воздействия будем называть последствием, а суммарный результат прямой и антиципативной деформации – образом. Ту часть отражаемого объекта, характеристикам которой уподоблен образ, назовем прообразом.

Следует отметить роль прообраза в процессе отражения, приводящего к возникновению следа.

Образ, при использовании такой терминологии, оказывается состоящим из двух компонентов: прямого и косвенного антиципативного следа. Антиципативную составляющую образа будем называть прообьразом, подчеркивая выбором приставки «про-« «предвосхитительный» оттенок ее значения, ярко проявляющийся в русских словах «провозвестник», «провидец» или в греческих словах типа «прогноз», «профилактика».

В случае необходимости можно говорить о прообразе прямого следа в отличие от прообраза косвенного.

Сам процесс отражения, если результатом является образ, можно называть отображением. Следовательно, в системе наших терминов отображение является и одним из видов отражения.

Выше рассмотрены виды антиципаций, исходя из самого общего случая отражения, при котором образ возникает в силу природной субстанциальной близости отражающего и отражаемого объекта.

Теперь перейдем к важнейшим специализированным видам отображений, причем убедимся, что, кроме этой специализированности, они ничем больше не отличаются от универсальных, т.е. также распадаются на пространственные, временные, внутренние, внешние и т.д.

Специализация этих видов отображений заключается в том, что по мере функционирования объекта в роли отражающего его отображательные способности возрастают по быстродействию и чувствительности, но сужаются по многообразию допустимых прообразов. Основой специализации служит возможность существования таких деформаций, которые стоят на грани упругих и неупругих (спусковых и непусковых), и тем самым в них своеобразно сочетаются свойства однократности и многократности отображения, свойства независимости внутренних деформаций отражающего объекта с их обусловленностью характеристиками отражаемого.

В том, что в адаптивных системах возможны и такие, промежуточные виды деформации, нетрудно убедиться.

Действительно, если отражаемый объект оказал воздействие на отражающий, и время воздействия было таким, что глубинная адаптация компонентов отражающего объекта началась, но не была доведена до уровня, достаточного для того, чтобы после окончания воздействия экстенциальный прямой след на верхних уровнях остался неизменным, то, вроде бы, мы имеем дело с упругой деформацией. Но если глубинная адаптация к недавним следовым экстенциям еще не до конца исчезла, т.е. если глубинные компоненты еще не адаптировались к факту исчезновения слжа, а отражающий объект снова был подвергнут со стороны активного объекта тем же самым воздействиям, то благодаря глубинной остаточной адаптированности отражающий объект окажется в большей мере, чем при первом воздействии, предрасположенным к антиципации, так как теперь для ее возникновения потребуется либо меньшая

интенсивность воздействия, либо меньшая величина прообраза следа при той же величине или глубине образа. И эта повышенная способность к отображению будет от раза к разу, до некоторого предела, усиливаться, но, естественно лишь для одного и того же или достаточно подобных прообразов.

Этот факт можно истолковать как формирование не только экстенциального, но и интенциального следа в актах взаимодействия с прообразом. Если после определенного прямого воздействия эти интенции приведут к антиципации и возникновению образа, то на это потратится некоторая внутренняя энергия и субстанция отражающего объекта. Следовательно, в зависимости от того, превращается этот образ в остаточную информацию, либо, благодаря притоку энергии и утраченной субстанции, отражающий объект сможет восстановить свое исходное состояние, такая антиципация будет однократной или многократной.

Уточним ряд принципиально важных вновь введенных системологических понятий для использования их в теории и практике технического обслуживания (ТО). При ТО сложных объектов или систем процесс оценки их состояния связан с контролем внешней и внутренней структуру связей между элементами объекта или компонентами системы под влиянием внешних воздействий. Утрата или нарушение тех или иных связей объекта или системы при изменении внешних воздействий позволяет сделать заключение (высказывание) или оценку его или ее состояния на базе истинностных таблиц сложных высказываний, а также для импликации и эквиваленции, в частности истинностного значения сложного заключения (высказывания) о состоянии объекта или системы может быть вычислено, используя истинностное значение простых высказываний (заключений), вводя соответствующую логическую связку.

Решение задачи оценки состояния объекта или системы ТО осуществляется с общих позиций в рамках целеустремленных систем, на базе которых достигается некоторый результат, являющийся оценкой их состояния. Организация таких систем должна быть адаптивной и продуцировать взаимодействия для достижения общей цели – оценки состояния объектов ТО.

Понятия продуцирования широко используются как в чистых, так и прикладных физико-технических науках, а также в науке о поведении [ ] Например, характеристики включения бортового генератора при выполнении определенных условий изменения хотя бы одного свойства генератора, системы

управления им (системы), или связи между ними в течение периода времени определенной продолжительности есть то или иное событие. Действие специалиста или системы, определяющей параметры, являются потенциальным продуцентом другого события, которое активно и формирует реакцию как системы, так и специалиста. Продукт действия специалиста или системы определяют результат.

Для реализации этой цепи, т.е. получения результата, как оценки состояния объекта или системы ТО создается функциональная система. При ТО это информационная система, включающая специалиста и инструментальные средства, сопродуцирующие результат действий по оценке состояния обслуживаемых объектов. Эта система может сопродуцировать:

– функциональные результаты одного типа структурно различными способами в структурно одинаковом окружении;

– функционально различные результаты в одинаковом окружении или в структурно различных окружениях.

Таким образом, целеустремленная система ТО может менять свои задачи при постоянных окружающих условиях: она выбирает и задачи и средства их решения. Целеустремленная система ТО воздушных судов различных типов является надсистемой и включает сотрудничающие целеустремленные системы.

Как правило, части различных целеустремленных систем могут служить инструментами всей системы ТО.

Рассмотренная выше картина получения результата является иллюстрацией отражения существенных сторон оценки состояний сложных объектов под влиянием организационных воздействий, реализуемых в надсистеме ТО, включающих целеустремленные системы типа «автоматизированные системы контроля – объект контроля» (АСК –ОК) для отдельных объектов и систем бортового комплекса оборудования ВС.

Объект контроля или система ВС как источник информации для оценки их состояний состоит из конкретной конфигурации, включающей внешние связи, воспринимаемой специалистов и формализуемой посредством правила

идентификации, которая интерпретируется как реальное отображение I. Все множество отображений ОК для ВС будем обозначать Т.

В процессе оценки состоянии ОК будем различать в отличие от идеальной деформированное (измененное) состояние, которое является либо следствием его взаимодействия с окружающей средой, либо изменений, полученных с помощью ОСК целенаправленной системы. Деформированное изображение, связанное с процессом отражения, будем называть отображением или образом контролируемого ОК, а понятие следа – реакцией на воздействие. При этом всякое отклонение от идеального отображения будем связывать с деформацией объекта или системы (деформированное изображение). Механизм деформации (воздействие ОК) , в процессе отображения, приводящий к возникновению реакции, назовем прообразом. Программу деформирования образа под действие АСК соответственно – прообразом (антиципативная составляющая образа).

Систематический подход к изучению целеустремленных систем вообще и АСК, в частности, позволяет рассмотреть систему в целом как состоящую из двух компонент: интерпретатора воздействия, т.е. ОК, реализующего функцию отображения и устанавливающего соответствие между воздействием и реакцией на него, и интерпретатором (толкователем, оценивателем) реакцией ОК, формирующим взаимоусловное заключение (высказывание) , образованном из двух простых заключений с помощью логического союза (связки) «тогда и только тогда».

Еще раз отметим в новой формулировке очень важный факт, упоминавшийся выше, что в процессе отображения интерпретатор и интерпретант влияют друг на друга, взаимодеформируют друг друга так, что реакции после взаимодействия остаются в обеих системах надсистемы.

В дальнейшем нас будут интересовать в первую очередь интенциальные следы, обеспечивающие антиципацию свойств отражаемого объекта многократно. В этом случае прообраз будет существовать в двух формах: в форме интенций до акта прямого воздействия отражающего объекта с активной частью отражаемого и в форме экстенций в течение некоторого времени после возникновения прямого следа этой части. По отношению к прямому следу такой прообраз напоминает вторичную деформацию от спускового воздействия, так как развитие вторичной

части образа идет за счет внутренней энергии отражающего объекта. Но эта вторичная часть увеличивает степень подобия отражающего объекта отражаемому, и в этом отношении интенциальная антиципация ближе к универсальной.

Однако интенциальные следы в определенном смысле неустойчивы. Поскольку в промежутках между взаимодействиями отражающего объекта с отражаемым прямой экстенциальный след исчезает и начинается процесс реадаптации глубинных элементов.

Будем связывать факт превращения интенциальной деформации, «дремлющей» в отражающем объекте, в экстенциальную (например, под воздействием соответствующей внешней причины) с понятием возбуждения этой предшествующей деформации, а обратный переход возбужденной экстенциальной деформации в скрытую, интенциальную – с затуханием результата рассмотренного «полуупругого» косвенного отражения.

Рассмотрим теперь несколько подробнее способы формирования интенциального следа сначала при пространственной антиципации, потом – при временной.

Если прямому внешнему воздействию была подвергнута небольшая группа компонентов отражающего объекта, то благодаря остаточным интенциальным деформациям во всей этой совокупности групп под наблюдением возникновения прямых следов сформируется целостная совокупная интенциальная деформация, целостный интенциальный след, состоящий из косвенных деформаций, как из своих компонентов.

Следовательно, общим для всех этих разновидностей предвосхищения (антиципации(является то, что после многократного сложного, но однотипного прямого воздействия активного объекта на отражающий в отражающем объекте формируется интенциальный косвенный след.

Благодаря ему под влиянием уже не полного, а лишь частичного типового прямого воздействия отражающий объект получает такую экстенциальную косвенную деформацию, какая при начальных прямых воздействиях была лишь при условии, что активный объект оказывал на отражающий не частичное, а полное прямое типовое воздействие.

Такая антиципация основана на использовании не только результатов предшествующей адаптации материала как субстрата субстанции, но и как результата перестройки самой субстанции объекта под влиянием типовых воздействий среды, что по внешней аналогии напоминает индивидное «обучение» объекта «опознавать» целое по небольшой части характеристик целого, если это целое уже достаточно много раз встречалось и поэтому хорошо «знакомо» отражающему объекту.

Следует еще заметить, что процессы «полной» косвенной деформации отражающего объекта под влиянием прямого частичного типового воздействия со стороны активного объекта в кибернетической литературе широко обсуждаются после работ П.К. Анохина, назвавшего этот тип воздействия объектов «опережающим отражением действительности» [ ].

Будем эту разновидность «обучающейся» антиципации, вслед за П.К. Анохиным, также называть опережающим отражением. Однакео заметим, что рассмотренный нами процесс антиципации включает не только предвосхищение предстоящих прямых воздействий после частичного, но предвосхищение глубинных перестроек отражающего объекта, которые в нем долдны были бы произойти, если бы активный объект смог подействовать на пассивный той частью, которая названа прообразом вторичного следа.

Итак, отметим, что при формировании интенциального следа, как «дремлющего», затухающего, но не исчезающего до момента очередного прямого воздействия прообраза на отражающий объект и содействующего возбуждению его образа, снова имеем дело с отображением, с антиципацией. Но это – специфическая антиципация, требующая предварительного «обучения» отражающего объекта, чтобы он на основе опыта не только материала, но и своего, индивидного, мог развить в себе предрасположенность к возбуждению образа именно данного, а не иного прообраза. Такой вид отображения обеспечивает значительно большую чувствительность и большее быстродействие, чем универсальный, но за счет утери универсальности; возбуждение образа благодаря наличию интенциального следа хотя и приводит к пространственной антиципации, но она весьма слабо противопоставлена временной антиципации.

Чтобы подчеркнуть наличие общих моментов, но не тождественность опережающего отражения с результатом спускового воздействия, будем называть прямой след, достаточный для «включения» процесса возбуждения

интенциального прообраза, запускающим следом. После «запуска» начинается, хотя и структурированный, сложный, но автономный процесс предвосхищающей деформации в отражающем объекте.

При опережающем отражении (в нашем более широком понимании) границы между пространственной и временной антиципацией недостаточно четки, однако в рассмотренном примере отношения между пространственными и временными характеристиками процесса отражения вполне определенны: интенциальный след, являясь пространственной деформацией, содействовал возбуждению образа, характеризующего целостное взаимодействие отражающего объекта с прообразом, который сам по себе может быть и предметом.

Теперь рассмотрим случай, где праобраз является процессом, так что динамические аспекты отражения играют преобладающую роль.

Прообраз, с которым взаимодействует отражающий объект, может быть динамическим в том смысле, что взаимосвязи между его компонентами представляют собой не установившиеся, равномерные потоки, а изменяются по определенному (но тоже установившемуся) закону. Например, окрестностные компоненты прообраза изменяют с определенной периодичностью свои состояния так, что группа интенций превращается в экстенции, а группа экстенций – в интенции и потом наоборот. Следовательно, если даже пространственное расположение компонентов прообраза остается неизменным, фактически происходит периодическое изменение окрестностных условий, так как изменяются валентности компонентов-партнеров в прообразе.

Но поскольку в нашем понимании всякое взаимодействие объектов субстанциально, то рассмотренный динамический праобраз может оказать динамическое же воздействие на другой, отражающий объект, причем даже не обязательно непосредственно потоками субстанции взаимодействия между своими компонентам, а лишь косвенно, «утечками» и периодическими «брызгами» от этих потоков.

Совершенно ясно, что рассматриваемые периодические воздействия отражаемого объекта на отражающий могут вызвать в определенных случаях неупругие, остаточные деформации. В этом смысле динамичность внешнего воздействия просто сведется к многократности воздействия, и ничего специфически динамического в результатах воздействия не будет.

Что же касается упругих воздействий, то тут факт их динамичности приводит к возможности двух очевидных разновидностей результатов.

Во-первых, это упругость, уже рассмотренная для статического случая: в те моменты времени, пока прямое воздействие есть состояние отражающего объекта изменяется. Но если за время от одного «прилива» периодического прямого воздействия до другого успевает происходить реадаптация глубинных элементов отражающего объекта, то после прекращения этого периодического воздействия отражаемого объекта на отражающий состояние отражающего объекта полностью восстанавливается и отражающий объект не накапливает никакого индивидного «опыта».

Во-вторых, поскольку речь идет об определенном законе изменения силы прямого воздействия, например, о периодическом, то нужно учесть, что и объект, который испытывает воздействие, может оказаться динамическим и, следовательно, валентности связи между его компонентами могут также подчиняться определенному закону изменения во времени. И если эти динамические законы изменения связи между компонентами у обоих объектов близки или одинаковы, то могут возникнуть резонансные явления.

Например, динамические интенции отражающего объекта под влиянием резонансных внешних воздействий могут превратиться в динамические экстенции. При этом важно подчеркнуть, что в случае резонансного воздействия сравнительно слабые интенсивности потоков прямой взаимосвязи между объектами могут привести к заметным косвенным влияниям на динамическое состояние отражающего объекта.

И, наконец, ясно, что адаптация глубинных элементов отражающего объекта может протекать в направлении изменения их динамических характеристик, следовательно, отражающий объект, испытывающий достаточно долго динамическое внешнее прямое воздействие отражаемого, может изменить свои свойства на глубинных уровнях, причем таким образом, что окажется интенциально предрасположенным к динамической реакции на воздействия с определенным динамическим законом изменения, т.е. станет более легко резонирующим на прямые воздействия, протекающие по этому закону. Эта «легкость» может выражаться не только в том, что интенсивность воздействия на отражающий объект уже адаптированный интенциально к данному закону изменения прямого воздействия, будет требоваться меньшая.

Не менее важным проявлением динамической адаптированности является способность отражающего объекта по начальному характеру изменения воздействия возбуждаться и изменять свои динамические экстенциальные характеристики так, что они начинают соответствовать продолжению этого закона изменения в отражаемом объекте, если даже прямое динамическое воздействие отражаемого объекта прервалось. Иными словами, адаптивный динамический объект по части динамической структуры прямого воздействия прообраза интенциально предрасположен косвенно выявлять продолжение этой структуры, т.е. возбуждать продолжение закона изменения прообраза, причем в некоторых случаях в течение более короткого интервала времени, чем соответствующий ход процесса в праобразе, и тем самым предвосхищать в образе этот процесс.

На предвосхищение можно наблюдать и в случае если скорость развития процесса в образе не выше, чем в прообразе. Такое предвосхищение бывает тогда, когда начавшееся было прямое взаимодействие отражающего объекта с отражаемым оканчивается до момента окончания процесса в прообразе, и поэтому продолжение хода этого процесса в образе предвосхищает то, что было бы в нем, если бы взаимодействие с отражаемым объектом не прервалось.

Резонансное предвосхищение замечательно еще одной особенностью.

Если сформировался интенциальный образ какого-либо воздействия в определенном месте отражающего объекта, то что будет с этим образом, если отражаемый объект начал аналогичное прямое воздействие на другой участок отражаемого?

Естественно, что на этом новом месте начнет формироваться прямой след активной части отражаемого объекта. Ясно также, что при таком универсальном, одноразовом воздействии на этот новый участков в нем едва ли сможет формироваться интенциальный след, и поэтому степень антиципации косвенного следа вокруг прямого будет скорее всего незначительной.

На обратим внимание на то обстоятельство, что формирование прямого следа активной частью отражаемого объекта протекает по тому же закону, под влиянием которого сложился интенциальный образ в другой части отражающего объекта. Ведь это равносильно тому, что структуризация следа, переключение потока взаимодействия компонентов отражающего объекта на месте следа, само

является внешним (по отношению к интенциальному следу в другом участке отражающего объекта) процессом, параметры которого весьма близки к параметрам процесса, сформировавшего интенциальный след. Отсюда вытекает, что интенциальный след может начать резонансное, косвенное возбуждение потому, что в другом участке отражающего объекта протекает обычная, прямая, первичная деформация, отражающая характеристики этой же активной части отражаемого объекта, которая ранее привела к формированию интенциального следа.

Таким образом, повторному возбуждению, закреплению и поддержанию интенциального следа может содействовать многократное возникновение уникальных прямых следов в различных участках тела отражающего объекта, так что возможна «концентрация опыта» в одном месте, хотя навязывается он на различные участки отражающего объекта.

По мере формирования интенциального следа га основе резонансных взаимодействий с уникальными прямыми следами величина прямых следов для возбуждения интенциального может начать требоваться все меньшая. Таким образом и при резонансном возбуждении степень антиципации опережения также может возрастать.

Следовательно, и во всех новых рассмотренных случаях мы имеем дело с опережающим отражением в определенном ранее смысле, но в той его разновидности, которая входит в число временных антиципаций, предвосхищающих не предмет, а ход процесса, отражаемого образом. И снова видим, что при опережающем отражении, благодаря использованию «опыта», накапливаемого субстанцией отражающего объекта уже в процессе функционирования и многократного взаимодействия с данным динамическим прообразом, степень антиципации, ее скорость и чувствительность к воздействию прообраза может быть существенно выше, чем при универсальной антиципации, основанной на той доле близости характеристик субстанции отражающего и отражаемого объекта, которая унаследована субстанцией лишь от материала и не заключает в себе «опыта» типовых предшествующих взаимодействий самого того объекта, субстанция которого воплощена в этот материал.

Отметим в заключение, что все виды рассмотренной антиципации, в том числе и опережающего отражения, в наших схемах должны пониматься только как нецеленаправленные в том смысле, что предвосхищение свойств отражаемого

объекта в отражающем остается хотя и опережающей, но просто деформацией, ибо само опережение не ведет ни к каким дальнейшим последствиям ни во внутренней перестройке отражающего объекта, ни во внешней перестроке взаимодействий между активным и отражаемым объектом, какова бы ни была степень предвосхищения.

В деформации, в том числе и антиципативной, хотя и проявляется «опыт» , предыстория формирования материала или даже субстанции системы, но проявившись, он остается никак не реализованным, хотя и обеспечивает принципиальную возможность того или иного вида реализации.

1.5. Обобщенная структурно-логическая информационная модель взаимодействия в системе технической оценки

Процесс оценки технического состояния некоторых объектов или систем БКО ВС есть процесс управления ими в надсистеме «АСК–ОК», выполняемый по определенной программе в целеустремленной системе – системы оценки (ЦК) действий в рамках системы оценки, представленной целью управления объектом ТО на рисунке 1.1, и которая может быть трансформирована в цепь управления в общем виде (рисунок 1.2)



Рисунок 1.1 – Цепь управления объектом ТО

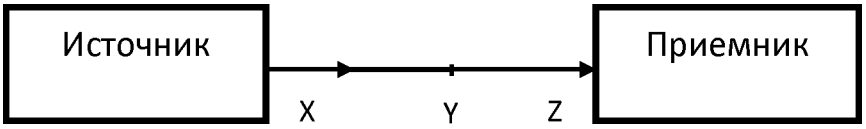


Рисунок 1.2 – Цепь управления в общем виде

Равносильно организации соответствующего оптимального процесса управления, результатом которого является определение технического состояния.

При этом при ТО имеется два вида воздействия:

в первом случае источник воздействия формирует управляющие воздействия, реализуемые либо специалистом либо техническим устройством по определенной программе в ЦУС (автоматизированный контроль);

в другом случае, при оценке ТО подача управляющих воздействий не производится (осмотр).

Результаты оценки технического состояния отражаются в виде определенных заключений.

Понятие отражения как результат оценки состояния объекта или системы и его видов представляет для систем ТО большой интерес не только само по себе, но и в связи с тем, что оно тесно переплетено с понятием информации, которая, в свою очередь, является непременным компонентом процессов управления. Поэтому информация, определяемая Д.Урсулом как «отраженное многообразие» или возводимая Б.С. Украинцевым в ранг одного из конкретных проявлений категории причины, причем такого, которое «можно было бы охарактеризовать как величину управляющую», не может, естественно, остаться вне поля нашего зрения, особенно если учесть, что нас интересуют, во-первых, семиотические, а значит, и информационные аспекты и, во-вторых, именно система ТО как прикладного аспекта кибернетики.

Кроме потребности рассмотрения отношений между понятиями и отражения, управления и информации, у нас есть и возможности сделать это, причем без обычного перечисления многих точек зрения. Вытекают наши возможности из уточнения понятия отражения, опирающегося на уточнение понятий системы и адаптации.

К понятиям управления и информации, которые будут подведены под категорию отражения как формы его протекания, перейдем не непосредственно, а через промежуточное понятие направляющего воздействия.

Обратим еще раз внимание на тот факт, что любое отражение включает в себя по крайней мере две фазы развития, и следовательно, два вида результата:

первичную деформацию, навязанную отражаемым объектом, и вторичную, развивающуюся под влиянием возникновения первичной, но протекающую уже без вмешательства отражаемого объекта. При простейшей, упругой или неупругой деформации доля вторичной фазы может оказаться пренебрежимо малой по сравнению с полной деформацией, но именно вторичная деформация является основой всех остальных и, в частности, может протекать как универсальная антиципация, опирающаяся на опыт материала. Кроме того, поскольку первичный след всегда более или менее уподобляется свойствам активной части отражаемого объекта, то он, тем самым, уподобляет и весь отражающий объект отражаемому, т.е. программе воздействий на него, а универсальная антиципация увеличивает это уподобление, если свойства отражаемого объекта отражены в опыте материала.

Если возникновение прямого следа высвобождает так или иначе накопленную деформирующую энергию отражающего объекта и оказывается в связи с этим спусковым или запускающим воздействием, то, как уже отмечалось, степень изменения состояния отражающего объекта по отношению к исходному состоянию в этом случае становится существенно более высокой, но степень уподобления отражающего объекта отражаемому или вообще не возрастает (при пусковом воздействии), или возрастает очень сильно, но лишь при условии, что первичный (запускающий) след является началом воздействия уже много раз протекающего ранее и поэтому закрепленного как опыт отражающего объекта. Но во всех видах вторичной деформации ее характеристики не являются отражением актуальных, фактически наличных к моменту прямого воздействия характеристик отражаемого объекта, как это имеет место при формировании прямого следа, когда можно говорить о протекании №прямого причинения», в отличие от «косвенного причинения» при вторичной деформации.

Степень деформации отражающего объекта при прямом причинении, т.е. при прямом воздействии отражаемого объекта, определяется энергией и субстанцией, потраченной отражаемым, активным объектом. Вызванный этим воздействием переход отражающего объекта в новое состояние хотя и определяется областью его потенций, но является вынужденным, навязанным только извне, это – переход возможности в действительность без внутренней необходимости, без интенции к такому переходу, без предрасположенности к нему. Другими словами, это чисто пассивное подчинение.

Вторичная же деформация от косвенного причинения, после того, как первичная стала действительностью, возникает уже по внутренним причинам, под влиянием перехода интенций в экстенции, т.е. перехода не просто возможности, а уже назревшей необходимости в действительность. Если при этом первичная деформация относится к спусковой или запускающей, то энергия и субстанция, потраченные на результирующую деформацию отражающего объекта, уже существенно больше энергии и субстанции, потраченных отражаемым, активным объектом на первичную деформацию. Эта энергия и субстанция вторичной деформации черпается из внешних (по отношению к активному объекту) источников. Таким источником служат либо внутренние накопления самого отражающего объекта, либо накопления, способные откуда-либо перетекать в отражающий объект. Следовательно, отражающий объект при спусковом или запускающем внешнем воздействии уже сам предрасположен к переходу в другое состояние, его не нужно навязывать, а достаточно оказать отражающему объекту небольшое воздействие, «подтолкнуть» его, дать начальное направление, а дальше процесс перехода в такое состояние развивается самостоятельно, не нуждаясь ни в энергии, ни в субстанции отражаемого объекта, ни вообще в его наличии.

Таких предрасположенностей в простейшем случае у отражаемого объекта только две: исходное и возбужденное состояние, в общем же случае этих состояний может быть несколько. Но независимо от числа таких состояний отражающий объект предрасположен ко всем из них; лишь они входят в узкую подобласть его интенций из широкой области потенций, они представляют перечень вызревших необходимостей, и поэтому спусковое или запускающее воздействие превращает уже не просто возможность, а одну из необходимостей отражающего объекта в действительность. Назовем в связи с этим спусковые и запускающие воздействия направляющими.

В кибернетике, в теории управления и в теории информации одним из важнейших понятий является понятие «разнообразия». Но до тех пор, пока под разнообразием понимают вообще всякую неоднородность или любое из возможных состояний рассматриваемых объектов, понятие управления и понятие информации остается настолько общим и неопределенным, что законно ставится под сомнение их научная продуктивность. В этом отношении предлагаемая схема более конкретна. Выше еще не анализировались понятия управления и информации и вообще рассматриваются пока лишь генетические предпосылки

соответствующих видов взаимодействия в самоуправляемых системах, проявляющиеся в неживой природе лишь в форме направляющих воздействий и их следствий, но используемые нами представления о потенциях, интенциях и экстенциях, соотносимых с представлениями о возможных, необходимых и действительных связях объектов, позволяют уточнить и кибернетическое понятие разнообразия. Разнообразие тоже должно быть разделено на три разновидности: потенциальное, интенциальное и экстенциальное, причем при рассмотрении влияния направленных воздействий на отражающий объект речь идет лишь о многообразии интенциальных, необходимых (а не вообще потенциальных, возможных) состояний и о превращении в экстенциальное состояние (в действительность) лишь одного из интенциальных.

Примером использования потенциального многообразия для превращения одного из потенциальных состояний в экстенцию, в действительность, может служить появление прямого следа в отражающем объекте, т.е. навязывание свойств активной части отражающего объекта отражаемому, и в этом случае нет оснований говорить о направляющих воздействиях.

Естественно, что понятие направляющего воздействия, поскольку оно само не связано ни с каким требованиями к конечному результату воздействия не может отождествляться с понятием «управляющего воздействия». Но в то же время ясно, что без использования направляющих воздействий едва ли можно осуществить даже самые простые акты управления.

Как отмечалось. при косвенном причинении, возникающем под влиянием прямых направляющих воздействий отражаемого объекта, большая часть деформаций, которые приводят к появлению образа в отражающем объекте, протекает без непосредственного участия отражаемого объекта как праобраза этого образа, что существенно связано со вторым видом воздействия, сформулированным как осмотр. Данное обстоятельство позволяет увеличивать степень неучастия отражаемого объекта в процессе отражения.

Так как для формирования прямого следа (как спускового или запускающего воздействия) отражающему объекту нужно навязывать свойства лишь активной части отражаемого объекта, то это можно сделать и через объект-посредник, в частности АСК, если навязать этому посреднику сначала свойства активной части, чтобы потом он как носитель этих отчужденныъ свойств отражаемого объекта выступил в роли функционального заместителя активной части

отражаемого объекта, т.е. навязал, в конечном счете, отчужденные свойства отражающему объекту. А поскольку доля отчужденных свойств отражаемого объекта по отношению к полному составу свойств, отражаемых в образе, невелика, то и объект-посредник, переносящий эти свойства от активной части отражаемого объекта к отражаемому объекту, может иметь существенно меньшее потенциальное многообразие, чем отражаемый объект и, тем не менее, в актах косвенного отражения быть полностью эквивалентными отражаемому (пока, конечно, фактические свойства отражаемого объекта не вступят в противоречие со свойствами, запечатленными в интенциальном следе отражающего объекта).

Иными словами., возможно протекание косвенного отражения при условии, если в качестве направляющего воздействия выступают отчужденные свойства активной части отражаемого объекта, подводимые к отражающему объекту с помощью объекта-посредника. Посредник может быть существенно более простым (по потенциальному многообразию, запасу энергии и т.п.) в сравнении с отражаемым объектом, так как формирует лишь часть праобраза образа этого объекта.

Такой опосредованный процесс направляющего воздействия на основе отчужденных свойств активной части отражаемого объекта назовем информированием. Естественно, что и в этом случае имеем дело только с физической предпосылкой того явления, которое связано с понятием информации, а не с самой информацией, ибо информирование – это лишь специфическая форма направляющего воздействия, которое, как уже отмечалось, также является лишь физической предпосылкой осуществления процесса управления, но не самим управлением. Но, тем не менее, введя понятие информирования. наряду с понятиями отражения и направляющего воздействия, мы получаем представление о внутренних связях между всеми этими понятиями и подготавливаем базу для установления связи между общефилософским понятием отражения и семиотико-кибернетическими понятиями многообразия, информации и управления. Однако прежде чем пытаться это сделать, обратим внимание на некоторые важные для дальнейшего особенности условий протекания направляющих воздействий и, следовательно, условий протекания информирования.

Поскольку направляющее воздействие в акте косвенного отражения требует навязывания свойств активной части отражаемого объекта телу отражающего объекта, то ясно, что это воздействие возможно лишь тогда, когда отражающий

объект по отношению к отражаемому имеет не какие угодно, а вполне определенные, ограниченные субстанциальные характеристики, если даже ширина этих границ довольно велика. Иначе и быть не может, поскольку, в нашем понимании, любое воздействие в конечном счете является телесным и, следовательно, требует хотя бы минимального средства по крайней мере на уровне субстанции потоков связи.

Лишь при наличии такой субстанциальной согласованности между характеристиками направляющего воздействия и отражающего объекта возможно навязывание свойств отражаемого объекта отражающему.

Эти свойства могут быть, например, граничными, т.е. представлять особенности структуры активной части отражаемого объекта, и тогда навязывание этих свойств отражающему объекту должно выражаться в структуризации его субстанции в соответствии с особенностями структуры активной части.

Все сказанное сохраняет силу и для информирования, следовательно, и объект-посредник, чтобы выполнить свою функцию, не может иметь какую угодно субстанцию, а отчуждаемое от отражаемого объекта и навязываемое отражающему объекту свойство может быть как структурным (граничным), так и субстанциальным (качественным).

Виды многообразия при информировании. Не говоря пока об информации, мы можем теперь вполне согласиться с тем, что в процессе формирования имеем дело действительно с «отраженным многообразием» [ ], однако в свете ранее сказанного такое понимание приобретает более конкретный смысл, поскольку у нас появились основания говорить о многообразии самих многообразий и о способах их сопоставления.

Во-первых, как мы только что видели, субстратом разнообразия могут быть не только структурные, но и субстанциальные вариации свойств реальных объектов и явлений.

Во-вторых, как будет показано ниже, многообразия, учет которых необходим в актах информирования, могут сопоставляться на основе особенностей их локализации, и лишь специфическое соотношение между многообразиями различных видов обеспечивает протекание информирования.

Так, следует особо выделить многообразие вариантов действительных, экстенциальных состояний активной части отражаемого объекта; лишь они должны учитываться как прямая причина многообразия отчуждаемых свойств отражаемого объекта, и направлений развития интенций отражающего объекта по некоторому пути перехода (из всего многообразия необходимых путей) в возбужденное состояние. Эти многообразия по своей величине (в простейших случаях равной одному биту) не должны существенно различаться и в отражаемом, и в отражающем объекте, и в объекте-посреднике, и собственно лишь об этих разнообразиях идет речь, когда говорят об измерении количества информации в шенноновском смысле.

При этом ясно, что хотя рассматриваемое многообразие в своем истоке связано с особенностями активной части отражаемого объекта, но для процесса информирования значимо оно лишь постольку, поскольку ему соответствует многообразие интенциальных состояний отражающего объекта.

Как бы ни изменялись состояния активной части отражаемого объекта, количество вариантов возбужденных образов в отражающем объекте не может оказаться большим, чем это определено опытом взаимодействия бортовых объектов системы ВС.

Этот вид многообразия, проявляющегося в разнообразии отчуждаемых свойств отражаемого объекта, назовем селектирующим, ибо варьирование в границах этого многообразия определяет в конечном счете то, какой из интенциальных образов будет «выбран», т.е. фактически возбудится в отражающем объекте.

Теперь обратим внимание на то, что каждый такой образ также представляет собой вполне определенное многообразие действительных, наличных свойств, отражающих многообразие свойств прообраза, т.е. свойств основной (а не одной лишь активной) части отражаемого объекта. Это многообразие, хотя оно тоже – отраженное, может не иметь ничего общего с многообразием отчужденных свойств отражаемого объекта ни по свойствам, ни по величине. Для оценки этого второго вида многообразия необходимо учесть предысторию взаимодействий между отражающим и отражаемым объектом, опыт их взаимодействия, наблюдение же только за объектом-посредником в актах информирования ничего не скажет нам об этом опыте и, следовательно, о втором виде многообразия. Каждое такое многообразие можно назвать селектированным.

И, наконец, можно выделить по крайней мере еще один важный вид многообразия, мощность которого (в теоретико-множественном смысле), по-видимому, наименее ограничена, потому что лимитируется лишь временем протекания информации, в связи с чем У.Эшби формулирует даже специальную теорему: «действуя достаточно долго, любой преобразователь может передать любое количество многообразия» [ ], хотя и не связывает это с необходимостью классификации видов многообразия.

Природу этого вида многообразия рассмотрим сначала на простейшем примере, когда направляющее воздействие сводится к спусковому и, следовательно, селектирующее и селектируемое многообразие равно лишь одному биту: возбуждено – не возбуждено, так что последствия спускового воздействия не сопоставимы со свойствами активного объекта и не отражают его актуальных характеристик. Но представим, что такие воздействия многообразны и осуществляются с переменным периодом или с переменной средней частотой, а отражающий объект при этом успевает после каждой спусковой реакции восстановить свое состояние и, тем самым, способность реагировать на следующее спусковое воздействие. В этом случае ряд характеристик вторичной деформации, например усредненная интенсивность притока энергии на восстановление исходного состояния отражающего объекта, окажется пропорциональной средней интенсивности (например, усредненной частоте) воздействия отражаемого объекта на отражающий.

Поскольку эта усредненная частота является уже актуальной характеристикой отражаемого объекта, то несмотря на спусковой характер вторичной деформации она, как и первичная, оказывается способной воспринять, отразить свойства отражаемого объекта, причем степень возможных изменений свойств отражающего объекта оказывается в этом случае существенно большей, чем при отражении актуальных свойств отражаемого объекта только за счет первичной и одноразовой вторичной деформации. Следовательно, в этом случае можно говорить об отражении нового вида многообразия, складывающегося из всех вариантов последовательных во времени интервалов спусковых воздействий на отражающий объект, т.е. из комбинаций этих интервалов, если эти комбинации действительно специфичны для состояний отражаемого объекта, т.е. являются его свойствами. Важно при этом и то, что такие комбинации легко могут отчуждаться от отражаемого объекта, переноситься к отражающему объекту с помощью объекта-посредника.

Назовем этот вид многообразия, отражаемого в процессе информирования, – комбинационным. Нетрудно видеть, что на отражении именно этого многообразия основаны механизмы модуляции и усиления в регулирующих звеньях автоматов и живых существ. Понятно, что комбинационное многообразие может быть отражено не только в случае спускового, но и запускающего воздействия на отражающий объект. Если при этом селектируемое многообразие представляет собой совокупность интенциальных образов, прообразами которых являются состояния отражаемого объекта, причем каждое из состояний имеет свою активную часть, то элементами комбинационного многообразия могут служить все возможные комбинации чередования этих состояний с разнообразными вариантами интервалов между переходами из одного состояния в другое, и каждый такой комбинационный элемент будет отражаться в форме закономерного чередования запусков соответствующих интенциальных образов отражающего объекта.

Ясно, что для отражения такого комбинационного многообразия в процессе информирования объект-посредник в качестве отчужденных свойств отражаемого объекта должен переносить только единицы селектирующего многообразия, т.е. свойств активных частей каждого из селектируемых состояний. Варьирование закона чередования единиц селектирующего многообразия позволяет при этом воспроизводить сложнейшие результирующие отраженные многообразия, состоящие из комбинаций единиц селектируемых многообразий, т.е. из комбинаций интенциальных образов.

Важно также отметить, что при отражении любых трех видов многообразия и их сочетаний путем информирования легко осуществляется задержка процесса отражения по отношению ко времени реального протекания отражаемого процесса.

1.6. Система уравнений пространства–структуры агрегатов и систем

Теперь остановимся более подробно на математическом представлении СС с учетом вышеприведенных понятий и определений, позволяющем заменить реальные объекты или системы системой уравнений, удобных для формализации технологических процессов их изготовления.

В большинстве случаев технологического проектирования операции с уравнениями и системами матричных уравнений связаны не с нахождением

неизвестных величин, а, как правило, с установлением соотношений между известными величинами, удовлетворяющих некоторому критерию поведения СС. Следует отметить, что возможные операции с n-матрицами и системами уравнений весьма разнообразны, а это обеспечивает достижение важных целей на этапах анализа и синтеза как объектов производства, так и технологических процессов.

Используя введенные выше понятия и определения для решения широкого круга вопросов анализа, синтеза технологических процессов производства СС на единой основе рассмотрим уравнения фундаментальной обобщенной СС. В теории представлений СС, как указывалось выше, рассматриваются две фундаментальные компоненты: простая компонента элемента СС и особая компонента сети СС – электрическая связь. Еще раз отметим, что под понятием «элемент СС» подразумеваются реальные элементы, из которых состоят те или иные СС, обладающие набором простейших компонент, которые рассматриваются как основа для построения электрической сети и в то же время являются носителями информации об этой сети, т.е. определенной простой компоненте соответствует определенный набор соединений, которые означают входные и выходные узлы.

Множество простых компонент реального элемента СС будем обозначать большими буквами латинского алфавита, например А-символом для отдельной простой компоненты будет служить малая буква латинского алфавита a, $a \in A$.

Множество всех простых компонент состоит из непересекающихся классов простых компонент $A^{\beta}, A^{\beta} \in A$, где β – общий индекс, индекс класса простых компонент,

$$A = \bigcup_{\beta} A^{\beta}, \; A^{\beta} \quad - \text{непересекающиеся классы.} \tag{1.1}$$

Интерпретация этого разбиения состоит в том, что простые компоненты, сходные качественно, будут относиться к одному классу. Под понятием «СС» подразумевается объект, обладающий определенным набором реальных элементов,

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_n\}, \qquad (1.2)$$

которые рассматриваются как состав реальных элементов конкретной СС и в то же время рассматривается структура механической сети, представляющая собой множество σ соединений, существующих между всеми или некоторыми элементами из пространства соединений реальных элементов этих ИССМ, т.е. объект определен, если заданы состав (A) и структура связей $(A) - \sigma$.

Простые компоненты и электрические связи образуют все электрические структуры СС: элементы, готовые изделия, модули и т.д. Для получения фундаментальных уравнений различных СС наиболее важным моментом является их геометризация – определение для них и их компонент пространства–структуры, систем координат в нем, преобразования координат, построение формул преобразования, которые переводят фундаментальные обобщенный объект в конкретный.

Решение поставленной задачи строится на ранее введенных понятиях и процедуре нормирования, которые позволяют геометрически представить простые компоненты одномерным пространством (линиями), ограниченным точками, с помощью которых они включаются в электрическую сеть. Выделенные точки, линии, поверхности всех компонент представляют нульмерное пространство СС. Наложение механических цепей на монтажное пространство переводит последнее в пространство сетей. Следовательно, электрическая сеть СС – это сложное пространство–структура. Разложение этих СС на составляющие его простые компоненты, электрические цепи трактуется как их представление в частной системе координата некоторого пространства–структуры.

При описании свойств электрических сетей СС для нужд теории представлений на начальном этапе будет использовано, как указывалось выше, представление, которое исключает из рассмотрения конструктивные константы. Тогда свойства этих сетей могут быть полностью описаны метолами комбинаторной топологии, а теорией сетей без конструктивных констант является теория тензора преобразования $C^{\alpha}_{\alpha'}$, или обратного ему $C^{\alpha'}_{\alpha}$.

Известно, что все способы математического описания поведения различных электрически сетей инварианты относительно преобразований, связанных с

группой матриц преобразования $C^{\alpha}_{\alpha'}$, изменяющих соединения в заданном пространстве различных компонент, т.е. преобразующих подпространство–структуру простых компонент (частная система координат) СС в сеть с теми же компонентами (преобразование этой системы координат) или с группой матриц $C^{\beta}_{\beta'}$, появляющихся при исследовании сетей (преобразования материалов и их соединения), имеющих действительные компоненты. Эти матрицы преобразования составляют основу изучения свойств сетей, поскольку они выражают законы Кирхгофа для электрических моделей в неявном виде.

В теории представлений преобразований, т.е. отображения некоторого множества М в себя, рассматриваются не как формальный математический прием, а как способ отображения из одного действительного подпространства–структуры в другое, тоже действительное, но дополнительное к нему подпространство–структуру.

С помощью введенных представлений о точечной компоненте, обобщенных объекте и системе, свободных сетях, преобразованиях систем координат можно уточнить определение понятия дополнительного подпространства-структуры и ввести новые математические объекты для описания всего многообразия конкретных СС в этих подпространствах–структурах.

Выше указывалось, что в большинстве проблем изготовления, контроля и испытаний СС, связанных с различными этапами их анализа и синтеза процессов изготовления, не все их компоненты одинаково важны. Следовательно, для решения всего комплекса задач теории и практики приходится иметь дело более чем с одним пространством–структурой и, как следствие, более чем с одной частной системой координат, каждая из которых связана со своим пространством–структурой.

Введение новых математических объектов связано со спецификой задач изготовления, контроля и испытаний СС. Решение этих задач не требует нахождения неизвестных величин, а в основном связано с установлением некоторых соотношений между известными величинами, удовлетворяющими некоторому критерию, обеспечивающему требуемое поведение либо части, либо СС в целом.

Чтобы учитывать отдельно части взаимосвязанных компонент СС, имеющие разную значимость в данной задаче, необходимо исходное представление этих объектов и систем (тензор в конкретном пространстве–структуре) заменить на сумму их частей (сумма тензоров частей в другом пространстве–структуре, дополнительном к первому), а инвариантное уравнение поведения сети заменяется несколькими уравнениями, описывающими поведение соответствующей части компонент СС. При этом эта часть взаимосвязанных компонент – сама есть объект (стропа, функциональный модуль), т.е. механическая сеть, а для СС ее части – есть объекты этой системы и, следовательно, каждая из этих частей может быть представлена своим тензором, в зависимости от имеющихся тензоров преобразования. Тензор, представляющий все СС и состоящий из тензоров, описывающих части этих СС будем называть компанд-тензором. Для этих тензоров вводится новый тип фиксированных индексов – компанд-индексы, задающие оси частной системы координат. Компанд-индекс заменяет не одну, а несколько осей.

Действия с компанд-тензорами выполняются аналогично с действиями над обычными тензорами, т.е. их можно складывать, умножать, дифферицировать и т.д.

Аналогично тому, как тензор СС может быть расчленен и представлен через тензоры частей этих СС, т.е компанд-тензор, можно каждый тензор части компонент расчленить на несколько компонент. Последовательное расчленение тензоров частей компонент может быть продолжено до выделения такой части компонент, которое позволяет снизить сложность задачи до приемлемого уровня. Многократное расчленение исходного тензора и его представление через тензоры, полученные в результате этого членения, образует мулькомпанд-тензор любой сложности, для которых любые инвариантное уравнение, формула, полученные для обычного тензора, справедливы и для мультикомпанд-тензора. Чтобы представить мультикомпанд-тензоры в индексном обозначении, необходимо ввести фиксированные и переменные мультикомпанд-индексы .

Введенные новые математические объекты – компанд-тензоры позволяют сформулировать концепцию компанд-сети, т.е. такой механической сети, каждая компонента которой представляет целую электрическую сеть. Описание структуры компанд-сети осуществляется через тензоры, представляющие описание компонент и тензор преобразования (соединения) этих компонент. Следовательно, физически электрическая сеть СС образована компанд-

компонентами (сложными элементами, функциональными модулями, готовыми изделиями и т.п.), каждая из которых сама по себе является электрической сетью, так что действительная сеть состоит из этих составляющих сетей, соединенных последовательно или параллельно.

Чтобы завершить формирование понятий, на базе которых будет построена система уравнений фундаментального обобщенного СС, укажем, что дополнительным к данному вещественному подпространству–структуре $S_1 \bigcup M_1$ является такое вещественное подпространство–структура $S_2 \bigcup M_2$, свойства которого отображаются на первое через преобразование, заданное тензором преобразования $C^{\alpha}_{\alpha'}$. Иными словами, свойства СС, которые они проявляют, например, во втором подпространстве-структуре, отображаются на первое так, как если бы в первом подпространстве–структуре можно наблюдать структуру СС во втором подпространстве–структуре, видоизмененную соответствующим образом $C^{\alpha}_{\alpha'}$.

Из приведенных выше рассуждений следует, что переход от одного действительного подпространства–структуры к другому, ему дополнительному, осуществляется через тензор преобразования, который представляет определенные операции, выполняемые над СС, и означает невозможность непрерывного аналитического перехода.

Такова структура математических объектов, которые используются в теории представлений СС. С учетом указанных особенностей к ним применимы теоремы теории групп, теоретико-множественные понятия отображения и преобразования, справедливые для обычных евклидовых пространств R^3.

Таким образом, в теории представлений СС введение сложного пространства-структуры, состоящего из различных видов подпространств-структур, комбинаторная топология и тензорная методология рассматриваются как удобный набор взаимно и однозначно самосогласованных математических формализмов, предназначенных для решений уравнений, определяющих связь между подпространствами–структурами–преобразованиями и компонентами.

В работе предлагается использовать в качестве такого уравнения зависимость между: сильными компонентами графа G = (A^0, F) ИССМ, представляемыми порожденными подграфами $G' = \{A^0 - R(a_k^0) \bigcap Q(a_k^0)\}$, где A^0 – множество точек (не только геометрических, но и вещественных), F – отображение множества A^0 b A^0, $R(a_k^0)$ – достижимые множества точек A^0, $a_k^0 \in A^0$, $Q(a_k^0)$ – контрадостижимое множество, и конечными ориентированными простыми цепями $C_\nu = \sum_{\nu=1}^{\gamma} m_\nu \, a_\nu^i$, формально описываемых линейной формой, которые представляют систему координат.

$$\bigcup_n \{A^0 - R(a_k^0) \bigcap Q(a_k^0)\} = \sum_n \{\sum_{\nu=1}^{\gamma} m_\nu \, a_\nu^0\}. \quad (1.3)$$

В теории представлений ИССМ используется предложенная автором зависимость (1.3), которая рассматривается им в разных подпространствах-структурах, введенных выше для представления структур СС и всех допустимых видов преобразования этих структур, и поэтому вместо одного уравнения (1.3) должна быть записана системой уравнений

$$\bigcup_n \{A^{0(q)} - R(a_k^{0(q)}) \bigcap Q(a_k^{0(q)})\} = \sum_n \{\sum_{\nu=1}^{\gamma} m_\nu \, a_\nu^{0(q)}\}, \; q = 1, 2, 3, \quad (1.4)$$

где q – индекс данного подпространства-структуры.

В отличие от (1.3) система уравнений (1.4) является полной и поэтому дает однозначное решение во всех рассматриваемых случаях.

Число этих уравнений, необходимое и достаточное для описания СС, определяется набором задач, которые необходимо решить для нужд практики, и,

как следствие, особенностями представления структуры объектов и систем в этих задачах, а также условиями полного самосогласования.

Как показано выше, в рамках теории представлений каждая СС проявляет себя через свою структуру в виде локальных образований (компонент(и в виде связей, которые реализованы физически посредством соединений (строп). Для общего представления этих объектов и систем нами выбрано пространство-структура, состоящее из подпространств $S_q \bigcup M_q$, каждое из которых содержит континуальную S_q и дискретную M_q части.

Используя введенные пространства–структуры $S_q \bigcup M_q$ утверждаем, что в каждом из них объект или система проявляются через некоторую структуру, определяемую их физическими компонентами, с различной степенью детализации их представления. Так, СС – это полностью взаимосвязанный определенный набор реальных компонент, т.е. единое целое, первого подпространства $S_1 \bigcup M_1$, где каждая компонента проявляется как точка, следовательно, дискретная часть M_1 подпространства-структуры $S_1 \bigcup M_1$ может быть представлена состоящей из определенных точек, линий, поверхностей, последовательности которых можно рассматривать как значения характеристик различных СС. Такой характеристикой на этом этапе представления является «количественная сложность» Δ , а фундаментальным математическим объектом, вводящим эту характеристику в уравнение СС в первом подпространстве–структуре, будет символ Кронекера δ_{ij} .

Континуальная часть S_1, т.е. связность СС выражается, как уже отмечалось выше, в том, что их компоненты включены в сеть связей друг с другом.

Далее необходимо учитывать тот факт, что между любой парой компонент, как правило, возникают связи нескольких типов, тогда в одной и той же компоненте необходимо выделить все связи. Свойства связности на этом этапе представления СС должны определяться более полной структурой, т.е. структурой, учитывающей все пространственные связи. Полная структура характеризует полные внутренние пространственные особенности СС. На такой схеме должны быть отражены и внешние границы СС и все их внутренние границы, т.е. узлы контактирования связей каждой компоненты. Структуру узлов контактирования каждой компоненты и всего СС, порождающих СС, необходимо

описать уже во втором подпространстве–структуре $S_2 \bigcup M_2$. При этом, если воспользоваться представлениями и терминами теории множеств, то, выделив в составе компонент некоторого СС определенную компоненту, будем вправе рассматривать ее как самостоятельное множество, включающее все узлы контактирования механических связей. Применив эти рассуждения ко всем оставшимся компонентам СС, получим множество самостоятельных множеств узлов контактирования, т.е. их объединение сформирует дискретную часть M_2 этого второго подпространства. Так как компоненты этого состава входят в сеть связей СС, имеющих вполне определенную структуру, то и для любой пары узлов контактирования этих компонент можно установить связаны они или не связаны. Тогда получаем возможность определить, какие узлы второго множества поставлены в соответствие узлу первого (единичного, выделенного узла) множества, т.е. как на первое множество отображено второе. Следовательно, в результате будет выявлена структура внешней связности СС и тем самым получена континуальная составляющая S_2. Полученный результат по подпространству–структуре $S_2 \bigcup M_2$ необходимо отобразить на первое подпространство–структуру $S_1 \bigcup M_1$ и получить искомые свойства этих СС, т.е. r-пространство соединений (узлы контактирования – нульмерные симплексы). Схема сети связей, полученная во втором подпространстве– структуре $S_2 \bigcup M_2$ путем представления компонент (узлов связей) соответствующими самостоятельными множествами узлов контактирования и построения множества связей самостоятельных множеств выделенных компонент с узлами контактирования самостоятельных множеств других компонент, позволила сформировать полную структуру связности пространства СС. Однако, пока в компоненте не выделены ее части (субкомпоненты) и, следовательно, не выявлена сеть связей между ними, до тех пор в число его свойств, характеризующих целостность, входит только наличие узлов контактирования, что не обеспечивает искомой связности описания и физического представления компонент и их субкомпонент.

Для описания субкомпонент и сети связи между ними, т.е. схемы связи каждой компоненты, вводится третье дополнительное подпространство–структура $S_3 \bigcup M_3$, в котором рассматривается не только субкомпонента, но и единое подпространство–структура субкомпонент. В областях, занятых

дополнительными подпространствами–структурами, надо рассматривать только аналитическое продолжение второго дополнительного подпространства–структуры $S_2 \bigcup M_2$. Таким образом, на континуальную часть S_2 отображается континуальная часть S_3, которая представляет сеть связей субкомпонент компонент и, которая вводит связность между узлами контактирования каждой компоненты из состава компонент СС. Дискретная часть M_2 дополняется дискретными субкомпонентами связи дискретной части M_3, т.е. подпространство–структура $S_3 \bigcup M_3$ представляют структуру, которая определяет связь между узлами контактирования субкомпонент, образующих и компоненту и СС в целом. При этом выполняется критерий полного описания структуры СС в пространстве–структуре N , т.е. получаем связную структуру СС.

Итак, любые СС имеют следующую структуру. В «компонентной» системе координат, где СС выступают как единое целое, они рассматриваются в первом подпространстве–структуре $S_1 \bigcup M_1$, для которого дополнительным является пространство, включающее все узлы контактирования компонент и связи между ними. Эта структура описывается только во втором подпространстве–структуре $S_2 \bigcup M_2$, для которого дополнительным уже служит подпространство–структура $S_3 \bigcup M_3$. Третье подпространство–структура $S_3 \bigcup M_3$ не имеет внутри себя дополнительных подпространств и, по определению, является последним.

Связи в теории представлений рассматриваются как пара узлов контактирования, которые после включения в сеть связей не наблюдаются, хотя продолжают существовать в дополнительном подпространстве-структуре.

Таким образом, для полного описания СС необходимо и достаточно рассмотрения их в трех подпространствах–структурах:

$$N = S_q \bigcup M_q, \quad q = 1, 2, 3. \qquad (1.5)$$

Рассмотрим более подробно систему основных уравнений представления главной структуры СС и общие подходы к ее решению

Из вышеприведенных рассуждений о составляющих пространства-структуры (1.5) и уравнения (1.4) следует (для всех трех подпространств–структур):

в подпространстве–структуре $S_1 \bigcup M_1$:

дискретная составляющая подпространства–структуры представляет собой просто состав компонент A_i СС, каждая из которых есть, в свою очередь, сложный геометрический объект, т.е. каждая компонента в этом подпространстве есть компанд-тензор соединения его субкомпонент, тогда математическим представлением дискретного подмножества M_1 этого подпространства–структуры СС будет символ Кронекера δ_{ij} и уравнение для M_1 будет иметь вид

$$A^{0(1)} = \delta_{ij} \qquad (1.6)$$

для континуальной составляющей S_1 множество соединений σ представляет собой объединение множеств σ_1, σ_2, …, где всякое множество σ_i есть сильная компонента графа СС. При этом выбираем такой тип соединений, что ориентированные стрелки в σ образуют частичный порядок, удовлетворяющий соответствующим аксиомам-условиям, т.е. утверждениям, которые имеют место в конкретной ситуации, а уравнение для S_1 будет иметь вид:

$$\bigcup \{A^{0(1)} - \mathrm{R}(A_i^{0(1)}) \bigcap \mathrm{Q}(A_i^{0(1)})\} = \sum_{n=1}^{\beta} \{\sum_{k=1}^{\alpha} m_k S_k^{1(1)}\}, \qquad (1.7)$$

где $A^{0(1)}$ – в соответствии с (1.2) множество компонент A_i и $\mathrm{Q}(A_i^{0(1)}), \mathrm{R}(A_i^{0(1)})$ – достижимые и контрадостижимые множества для всех компонент СС;

$S_k^{1(1)}$ – одномерные симплексы;

m_k – целое число, поставленное в соответствие симплексу S_k (набору, например, строп) в подпространстве–структуре $S_2 \bigcup M_2$:

как указывалось выше, несмотря на то, что M_1 состоит из точечных, дискретно расположенных компонент, в то же время каждая из них является сложным геометрическим объектов, т.е. при таком рассмотрении компоненты она может быть представлена компонентой-множеством, в котором для задач разрабатываемой теории нас будет интересовать множество узлов контактирования, нарушающих связность компоненты и не поддающихся описанию посредством одного и того же тензора соединения этих узлов; для описания «сколапсированных» в первом подпространстве-структуре $S_1 \bigcup M_1$ областей, представляющих отдельные компоненты, производится такое переопределение координат, при котором дополнительная дискретная составляющая M_2 описывается уже другим тензором, т.е. другим подпространством–структурой $S_2 \bigcup M_2$, а именно:

$$A^{0(2)} = \delta_{\alpha\beta}, \qquad (1.8)$$

где $\delta_{\alpha\beta}$ – символ Кронекера, математически представляющий узлы контактирования компонент СС в соответствующей системе координат.

Связи СС, участвующие в соединении их компонент и представляемых структурой связей σ, будем называть внутренними связями СС; в первом подпространстве-структуре структура связей σ представляет собой объединение множеств σ_i, свойства которых в рамках этого подпространства можно либо постулировать, либо определять из эксперимента; физические свойства и полнота структуры связей σ определяются во втором подпространстве-структуре $S_2 \bigcup M_2$, в котором видна структура каждой компоненты, представленных их узлами контактирования, что позволяет получить опорное пространство СС, компонентами которого будут узлы контактирования, а список соединений, представленный матрицей инцидентности структуры связей σ и, как следствие, системы координат, очевидным образом расширяется от $\sigma_A^{0(1)}$ до $\sigma_A^{0(2)}$ посредством поточечного отображения узлов контактирования a_i компонент A_i на узлы контактирования a_j компонент A_i и A_j ($i \neq j$), следовательно, для

континуальной составляющей S_2 подпространства–структуры $S_2 \bigcup M_2$ уравнение будет иметь следующий вид:

$$\bigcup \{A^{0(2)} - \mathrm{R}(a_{\mathrm{i}}^{0(2)}) \bigcap \mathrm{Q}(a_{\mathrm{i}}^{0(2)})\} = \sum \{\sum_{\alpha=1}^{\gamma} \mathrm{m}_{\alpha} \mathrm{S}_{\alpha}^{1(2)}\},$$

(1.9)

где $A^{0(2)}$ – множество компонент A_{i}, представленных их узлами контактирования $a_{\mathrm{i}}^{0(2)}, \mathrm{R}(a_{\mathrm{i}}^{0(2)})$ и $\mathrm{Q}(a_{\mathrm{i}}^{0(2)})$ – достижимые и контрадостижимые множества для всех узлов контактирования $a_{\mathrm{i}}^{0(2)}$ монтажного пространства СС $a_{\mathrm{i}}^{0(2)} \in \mathrm{A_i}$, $\mathrm{S}_{\alpha}^{1(2)}$ – одномерные симплексы (стропы, соединяющие узлы контактирования); m_{α} – целое число, поставленное в соответствие симплексу $\mathrm{S}_{\alpha}^{1(2)}$;

в подпространстве–структуре $S_3 \bigcup M_3$:

приведенное выше представление компонент в виде компоненты–точки ($S_1 \bigcup M_1$) и в виде компоненты – множества точек ($S_2 \bigcup M_2$) не привели к связному образу как самой компоненты, так и СС в целом; однако, введение компоненты–множества точек (узлов контактирования) позволило поставить вопрос об описании более мелких деталей компонент-субкомпонент, рассмотрение которых позволяет получить недостаточную связность пространства-структуры и компонент, и СС в целом, тогда дополнительная дискретная составляющая M_3 третьего подпространства–структуры $S_3 \bigcup M_3$ может быть формализована тензором соединения множеством точек (узлов контактирования) компоненты:

$$A^{0(3)} = \mathrm{C}_{\alpha'}^{\alpha} \delta_{\alpha\beta}, \qquad (1.10)$$

где $C_{\alpha'}^{\alpha}$ – тензор соединения узлов контактирования компоненты;

$\delta_{\alpha\beta}$ – представление узлов контактирования компоненты M_2.

Связи субкомпоненты, участвующие в соединениях узлов контактирования компоненты, будем называть внутренними связями компоненты; в отличие от внутренних связей между компонентами в СС, внутренние связи компонент имеют конкретную интерпретацию, они могут быть как статическими, так и динамическими; множество связей компоненты, соответствующим образом перенумерованное, образует структуру связей (статических и динамических) компоненты, при этом эти связи являются частью собственно компоненты, тогда графический формализм (граф), дающий интуитивное представление о свойствах связности субкомпонент компонент СС описан следующим уравнением для континуальной составляющей S_3 подпространства–структуры $S_3 \bigcup M_3$,

$$\bigcup \{A^{0(3)} - \mathrm{R}(a_{\mathrm{i}}^{0(3)}) \bigcap \mathrm{Q}(a_{\mathrm{i}}^{0(3)})\} = \sum_{\mathrm{m}} \{\sum_{\mathrm{r}=1}^{\lambda} \mathrm{m}_{\mathrm{r}} \mathrm{S}_{\mathrm{r}}^{1(3)}\}, \quad (1.11)$$

где $A^{0(3)}$ – множество субкомпонент компоненты A_i, представленных их узлами контактирования $a_{\mathrm{i}}^{0(3)} \in \mathrm{A_i}$, $\mathrm{R}(a_{\mathrm{i}}^{0(3)})$ и $\mathrm{Q}(a_{\mathrm{i}}^{0(3)})$ – достижимые и контрадостижимые множества для узлов контактирования рассматриваемой компоненты; $S^{1(3)}$ – одномерные симплексы; m_r – целое число, $a_{\mathrm{i}}^{0(2)}$ монтажного пространства СС $a_{\mathrm{i}}^{0(2)} \in A_i$, $\mathrm{S}_{\alpha}^{1(2)}$ – одномерные симплексы (стропы, соединяющие узлы контактирования); m_r – целое число, поставленное в соответствие симплексу $\mathrm{S}_{\mathrm{r}}^{1(3)}$.

Таким образом, с учетом специфики пространства-структуры система уравнений состоит из шести уравнений и имеет вид:

в пространстве-структуре $S_1 \bigcup M_1$

для M_1: $A^{0(1)} = \delta_{ij}$;

дляS_1:

$$\bigcup \{A^{0(1)} - \mathrm{R}(A_i^{0(1)}) \bigcap \mathrm{Q}(A_i^{0(1)})\} = \sum_{n=1}^{\beta} \{\sum_{k=1}^{\alpha} m_k S_k^{1(1)}\};$$

в пространстве-структуре $S_2 \bigcup M_2$

для M_2:

$$A^{0(2)} = \delta_{\alpha\beta};$$

для S_2:

$$\bigcup \{A^{0(2)} - \mathrm{R}(a_i^{0(2)}) \bigcap \mathrm{Q}(a_i^{0(2)})\} = \sum \{\sum_{\alpha=1}^{\gamma} m_\alpha S_\alpha^{1(2)}\};$$

в пространстве–структуре $S_3 \bigcup M_3$: (1.12)

для M_3: $A^{0(3)} = C_{\alpha'}^{\alpha} \delta_{\alpha\beta}$;

дляS_3:

$$\bigcup \{A^{0(3)} - \mathrm{R}(a_i^{0(3)}) \bigcap \mathrm{Q}(a_i^{0(3)})\} = \sum_{m} \{\sum_{r=1}^{\lambda} m_r S_r^{1(3)}\}.$$

При решении уравнений для дискретных подпространств рассматриваются дополнительные M континуальной области всего пространства N как аналитическое продолжение дискретного пространства–структуры. Укажем, что образ точки M связан с обобщением понятия точки в расслоенных пространствах, где точка эквивалентна автономному пространству. Иначе говоря, можно наглядно представить, что точка в расслоенном пространстве эквивалентна точке

в смысле Евклида, которой соответствует свое пространство. Следовательно, точка из М является узлом контактирования с различной степенью детализации в рассматриваемом подпространстве-структуре $S_q \bigcup M_q$ и определяет в нем характер компонент – носителей информации о монтажном пространстве СС. Смысл этого состоит в том, что определенная компонента в выбранном подпространстве означает лишь дифференциальные или интегральные узлы для возможных соединений между компонентами СС.

Для решения уравнений (1.6), (1.8), (1.10) можно получить информацию о свойствах пространства СС, представляя расслоенное пространство в целом. Для СС оно представляет совокупность большого числа пространств, из которых одно, называемое базой, играет особую роль. Каждая точка этого пространства взаимно и однозначно связана со своим подпространством-пространством-структурой компоненты СС, называемым слоем над базой. Каждой точке в базе (М) соответствует свое пространство–структура M_2.

Информация о пространстве СС в рамках фундаментальных представлений о них получается по найденным значениям δ_{ij} , $\delta_{\alpha\beta}$.

$$\delta_{ij} = \begin{array}{c|cccccc} & 1 & 2 & 3 & . & . & n \\ 1 & (\delta_{\alpha\beta}) & & & & & \\ 2 & & (\delta_{\alpha\beta}) & & & & \\ 3 & & & (\delta_{\alpha\beta}) & & & \\ . & & & & . & & \\ . & & & & & . & \\ . & & & & & & \end{array} \qquad (1.13)$$

.

n $(\delta_{\alpha\beta}$

Тензорное представление различных пространств соединения в общем случае n-мерного евклидова пространства со слоем S^1 можно записать в виде компанд-тензора (1.13)

В теории представлений, как указывалось выше, изучаются различные СС, получаемые из компонент или СС путем их соединения. Сначала эти компоненты СС рассматриваются как свободные, не связанные друг с другом, такие компоненты и СС будем называть базовыми для данного СС. Единичный тензор для базовых компонента или СС n будем обозначать через $(\delta_{\alpha\beta})_{\mathbf{n}}$.

Рассматривая отображения некоторого множества A (пространства соединений) в себя можно получить соответствующую ему матрицу соединений $C^{\alpha}_{\alpha'}$, причем для краткости записи условимся, что индекс компоненты или ИССМ можно выносить за скобки, например, имеем

$$C^{\alpha}_{\alpha'\,\mathbf{n}} \equiv (C^{\alpha}_{\alpha'})_{\mathbf{n}}.$$

(1.14)

Таким образом, для системы базовых компонент или СС можно выписать систему их матриц соединений

$$\left.\begin{aligned} C^{\alpha}_{\alpha' 1} &= (C^{\alpha}_{\alpha''})_1 \\ C^{\alpha}_{\alpha' 2} &= (C^{\alpha}_{\alpha''})_2 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ C^{\alpha}_{\alpha' n} &= (C^{\alpha}_{\alpha''})_n \end{aligned}\right\}.$$

(1.15)

Так как для каждых из базовой компоненты или СС соответствующая им матрица соединений полностью определяет их основные характеристики, а скелет динамической характеристика компоненты или СС полностью содержится в тензоре преобразования С, то можем сказать, что уравнение (1.10) полностью определено как для отдельных компонент, так и для СС в целом.

Рассматривая задачи соединения свойств связности компонент СС (континуальная составляющая подпространства-структуры) нам необходимо решать уравнения (1.7), (1.9), (1.11), чтобы ответить на следующие вопросы:

1. Существует ли разбиение СС на функциональные модули или готовые изделия?

2. Каково число функциональных модулей в СС, т.е сильно связных компонент?

3. Каков набор электрических проводниклв, соединяющих компоненты функционального модуля?

4. Каков электрических проводников, соединяющих функциональные модули СС?

5. Каково разбиение на электрические цепи, подлежащие контролю и испытаниям?

Для решения уравнений (1.7), (1.9), (1.11) необходимо получить информацию о достижимости и контрадостижимости, которые могут быть выражены через матрицу достижимостей R = [r_{ij}], определяемую следующим образом:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если вершина } x_j \text{ достижима из } x_i, \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases}$$

(1.16)

и матрицу контрадостижимостей $Q = [q_{ij}]$, которую можно построить так:

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если из вершины } x_j \text{ можно достигнуть вершины } x_i, \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases}$$

(1.17)

В то же время для определения функционального модуля необходимо найти $R(x_i) \bigcap Q(x_i)$ – множество таких компонент (вершин), каждая из которых принадлежит, по крайней мере, одному пути (цепи), идущему от x_i к x_j. Матрицы $[r_{ij}]$ и $[q_{ij}]$ являются полными в том смысле, что на длины пути (цепи) от x_i к x_j не накладываются никакие ограничения.

Прежде чем перейти к решению перечисленных выше задач, уточним понятие функционального модуля. Это понятие строится на понятии сильной компоненты графа. Тогда функциональным модулем будем называть максимально сильно связный подграф G′ (состав компонент A_i и структура связей σ) графа ИССМ (состав компонент A и структура $A(\sigma)G$).

Решение этой задачи предполагает последовательное удаление из графа СС $G = (A^0, F)$ множества, определяемое как пересечение $R(A_i) \bigcap Q(A_i)$, где A_i (вершина x_i) множество компонент функционального модуля, которое строится с использованием соотношений из (1.15)

$$R(x_i) = (x_i) \bigcup \Gamma^1(x_i) \bigcup \Gamma^2(x_i\} \bigcup \ldots \bigcup \Gamma^p(x_i) \qquad (1.18)$$

или

$$Q(x_i) = \{x_i) \bigcup \Gamma^{-1}(x_i) \bigcup \Gamma^{-2}\{x_i\} \bigcup \ldots \bigcup \Gamma^{-p}(x_i). \qquad (1.19)$$

Тогда каждый функциональный модуль будет определяться соотношением, предложенным для уравнения фундаментального объекта

$$G'(A_i) = \{A^0 - RA_i) \bigcap Q(A_i)\}, \qquad (1.20)$$

а процедура выделения функциональных модулей G′ будет повторяться до тех пор, пока СС и ее граф G не будет преобразован в новый граф, вершинами которого будут функциональные модули, а дуги между ними будут определять набор строп, их соединяющий. Однако, несмотря на простоту предложенного метода решения поставленной задачи, в приложениях теории представлений СС будет использован матричный метод определения функциональных модулей объекта, где непосредственно используются матрицы mat R и mat Q, определенные выше. Поэлементным умножением mat R и mat Q получим mat [mat R⊗mat Q], каждая строка которой содержит единицу только в тех столбцах x_j, для которых выполняется условие взаимной достижимости. Тогда сильная компонента графа СС объекта G будет содержать те и только те вершины, которым идентичны соответствующие им строки (или столбцы) в mat [mat R⊗mat Q]. Следовательно, вершины, которым соответствуют строки, содержащие 1 в столбце x_j , образуют сильную компоненту графа СС G, т.е. множество вершин этой сильной компоненты, содержащей x_j. Из этого определения следует, что преобразовывая mat [matR⊗matQ] путем транспонирования строк и столбцов в блочно-диагональную, получим набор диагональных подматриц, каждая из которых соответствует сильной компоненте СС G.

Итак, структура функциональных моделей СС и пространства соединений, которое ими заполнено, а также структура связей в теории представлений определяются из самосогласованных решений уравнений (1.7), (1.9) и (1.11) на базе описания конкретной ЧЧ с помощью системы уравнений фундаментально1 СС (1.12). Эти функциональные модули и связанные с ними подмножества вершин (компонент или соединений) описывают важные структурные свойства графа СС и имеют разнообразные непосредственные приложения при определении оптимального уровня специализации и дифференциации, реализации принципа параллельности (одновременности) выполнения операций изготовления, концентрации этих операций при проектировании бортовых комплексов оборудованиявоздушных судов по условиям технологичности и технологических процессов изготовления, контроля и испытаний.

Решение системы уравнений позволяет ответить на вопросы, поставленные выше, которые существенно связаны с формированием СС и описывают реализацию поэтапных изменений как процесс решения ЗП.

Под процессом решения ЗП или эквивалентным ему понятием процесса проектирования (ПП) будем понимать совокупность последовательно меняющихся состояний задачи, а значит, и моделей объекта проектирования, рассматриваемых в прямой связи с действиями, реализующими эти изменения.

Содержание и характер процесса решения ЗП описаны в ряде исследований, где отмечается, что проектирование – это слабоструктурированный процесс, в котором выделяют два (внешнее и внутреннее проектирование) или более подпроцессов (этапов, стадий). Указывается, что начальная стадия или этап ПП – постановка ЗП, формирование технического задания на разработку объекта, а конечный подпроцесс – оформление комплекта технической документации, необходимой и достаточной для изготовления или реализации объекта в производственных условиях (формирование продуктивной модели ОП). Отмечается, что в ПП сочетаются две тенденции: генерация потенциальных альтернатив, возможных вариантов решения ЗП и усечение их выявленного множества путем сопоставления и другими способами оценки, включая исследование и испытание натурных моделей и опытных образцов объекта. В ПП широко используется последовательная редукция сложности решаемой задачи, т.е. производится поиск результатов, являющихся промежуточными и вспомогательными для достижения конечных целей. При решении ЗП различных объектов широко применяется вариантное проектирование. Оно реализуется за счет использования различных принципов построения или действия объекта данной ЗП; различных по степени полноты содержания и структуре моделей ОП для проработки каждого выбранного принципа их построения; различных методов формирования и параметризации каждой из выбранных моделей ОП.

Методически удобно на базе найденного решения о структуре пространства соединений получить заданную структуру связей на нем, что будет соответствовать самосогласованию основных уравнений СС и их устойчивой структуры, полученное преобразованиями пространства соединений.

Таким образом:

1. Предложенный математический аппарат является эффективным инструментом анализа проблем формализации представления СС и действий над ними.

2. Предложенное уравнение фундаментальной обобщенной СС позволяет эффективно решить задачи, возникающие на различных этапах производства этих СС.

3. Определена последовательность формирования моделей в процессе проектирования.

1.7 Теория и практика формирования исходного множества диагностических признаков объектов технического обслуживания и ремонта

Анализ объектов ТОиР для оценки их технического состояния относится к числу основных этапов формирования исходного множества диагностических признаков, лежащих в основе построения программ контроля и диагностики. Комплексная задача оценки технического состояния объектов ТОиР включает построение тестов $T_к$, т.е. последовательности входных векторов $X_{к1}$, $X_{к2}$, …, X_{ks} воздействий на объект и получения соответствующих выходных векторов $Z_{к1}$, $Z_{к2}$, …, Z_{ks}, несущих данные о реакции объекта, в которых содержатся данные диагностического тестирования (результат тестирования), необходимые для оценки его состояния.

Как правило, объекты ТОиР ЛА являются сложными объектами, поэтому для оценки их состояния и, как следствие, о наличии или отсутствии неисправностей требуется последовательности диагностических тестов T_{ks} , где индекс s характеризует его длину, а разрешающая способность этой последовательности связана с объемом выдаваемой ею информации. Обработка этой информации (данных диагностического тестирования) позволяет, с одной стороны, оценить состояние объекта ТОиР, а с другой - обнаружить неисправность, т.е. указать место неисправности с достаточной точностью, чтобы произвести ремонт. Обе задачи решаются на базе исходного множества диагностических признаков для объекта.

Рассмотрим внешнюю сторону процедуры «ручной» обработки данных диагностического тестирования для оценки состояния объекта. Эта оценка или несколько оценок, определенных на основе существующих процедур, является

результатом диагностического тестирования, который позволяет специалисту выносить суждение о состоянии объекта, с помощью упреждающих технологий делать определенный прогноз на будущее и давать те или иные рекомендации по его ТОиР.

Описанная процедура преобразования результатов тестирования в диагностических показателях лежит в основе большинства диагностических тестов. Известны более сложные способы компоновки первичной диагностической информации [ ]. Но уже за этой внешне простой измерительной процедурой стоит кропотливая работа специалиста по созданию диагностического теста, связанного с получением и трудоемким анализом экспериментальных данных.

В работе специалиста по оценке состояния объекта можно выделить три основных этапа.

На первом этапе специалист по диагностике, исходя, главным образом, из теоретических представлений о диагностируемом объекте, формирует «черновой» вариант теста, включающего задания, т.е. набор входных воздействий, реакции на них, отражающие состояние оцениваемого объекта (конструкта). Этот этап является трудно формализуемым. Поэтому в рамках этого раздела будут рассмотрены общие рекомендации по формированию исходного множества диагностических признаков.

На втором этапе исследователь выбирает диагностическую модель и определяет ее параметры. Под диагностической моделью понимается способ компоновки (преобразования, агрегирования) исходных диагностических признаков (вариантов реакций на задания теста) в диагностический показатель. Таких способов может быть бесконечное множество. В данной главе будет в основном рассмотрена традиционная для диагностики линейная диагностическая модель, в которой компоновка исходных признаков осуществляется путем суммирования их с определенными весами.

Первичным материалом для нахождения параметров диагностической модели являются данные экспериментального обследования «черновым» вариантом диагностического теста репрезентативной выборки контролируемых объектов. Результаты обследования сводятся в таблицу экспериментальных данных типа объект - признак. Основными категориями, характеризующими

структуру экспериментальных данных и использующимися для определения различными методами параметров диагностической модели, служат категории сходства и различия строк и столбцов (объектов и признаков) таблицы экспериментальных данных. Так как экспериментальная информация имеет специфический характер, в настоящем разделе часть внимания уделена описанию этой специфики и особенностям применения разнообразных мер сходства и различия объектов и признаков.

Для определения параметров диагностической модели используются две стратегии эмпирико-статистического анализа данных.

Первая стратегия основывается на критерии автоинформативности экспериментальных данных, который подразумевает, что диагностическую модель можно непосредственно определить путем аппроксимации геометрической структуры множества объектов в пространстве исходных признаков, не прибегая к сведениям об эмпирических (внешних) отношениях исследуемых объектов, а опираясь только на числовые отношения сходства и различия объектов и признаков. Хорошую линейную диагностическую модель (линейную аппроксимацию) удается построить, когда значительная часть исходных признаков отличается высокой взаимосвязанностью (внутренней согласованностью) и остальные признаки не могут конкурировать с этим согласованным влиянием на структуру данных. Если внутренняя согласованность обусловлена отражением требуемого технического конструкта, то параметры линейной диагностической модели (веса признаков) дает метод главных компонент. Если в множество исходных признаков входят несколько групп взаимосвязанных признаков, то одну или сразу несколько диагностических моделей можно получить, используя методы факторного анализа. И, наконец, полезные практические результаты дает метод контрастных групп, в котором используется эффект повышения внутренней согласованности «черновой» версии линейной диагностической модели. Все указанные методы с той или иной степенью подробности рассмотрены в настоящем разделе.

Вторая стратегия определения параметров диагностической модели основана на привлечении и активном использовании дополнительной обучающей информации о диагностируемом свойстве исследуемых объектов. Критерии, по которым формируется обучающая информация, называются критериями внешней информативности или внешними критериями. Главными представителями методов, опирающихся на внешние критерии, являются методы регрессионного и

дискриминантного анализа. В данном разделе описываются типы и способы получения обучающей информации, а также приводятся необходимые сведения о классическом линейном регрессионном и дискриминантном анализе. Эти сведения расширены рассмотрением различных модификаций указанных видов анализа, применяющихся в диагностике с учетом специфики экспериментальных измерений. Кроме того, отдельный подраздел посвящен построению кусочно-линейных диагностических моделей, которые реализуются в так называемом типологическом подходе.

На третьем этапе разработчик теста проводит стандартизацию и испытания построенной диагностической модели. В последней части раздела описаны способы получения стандартизированных диагностических оценок и рассмотрены основные характеристики диагностических тестов, подвергающиеся испытанию и отражающие качество разработанного инструмента диагностики.

Автоматизация решения этих задач существенно связана с разработками основ теории конструирования диагностического теста объекта технического обслуживания и ремонта.

При формировании исходного множества признаков («чернового» варианта диагностического теста) специалист располагает большой свободой. Если по своей внешней форме эксперимент укладывается в определенную классификационную схему и сравнительно нетрудно отдать предпочтение тому или иному классу диагностических методик, то выбор конкретного вида стимулирующих воздействий на объект и алфавита регистрируемых реакций практически ничем не ограничен. В то же время, изучая какой-либо аспект многомерного взаимодействия человека с диагностируемым объектом, нельзя заранее точно предугадать, что выбранное множество стимулов и регистрируемых реакций будет в достаточно полной мере отражать все многообразие проявлений тестируемого свойства и обеспечит инвариантность теста по отношению к широкому кругу посторонних факторов. Поэтому формирование исходного множества диагностических признаков является трудно формализуемой задачей и для ее решения можно предложить лишь общие рекомендации.

Первым очевидным шагом является самый тщательный анализ предмета тестирования, теоретического конструкта, положенного в основу тестируемого свойства, и его взаимоотношений с другими техническими конструктами.

Конечным шагом такого анализа должно быть четкое вербальное определение исследуемого понятия и расчленение его на основные части [ ].

Следующим шагом при конструировании нового теста является разработка тестовых заданий набора входных воздействий. Для этого, прежде всего, устанавливается иерархия ранее выделенных частей конкретного объекта. Затем непосредственного формулируются тестовые наборы - входные векторы и проводится качественный анализ степени соответствия пропорций представленности элементов измеряемого свойства в этих тестах.

В целом разрабатываемая система исходных признаков должна удовлетворять следующим требованиям [ ]:

1) Полнота описания. Система исходных признаков должна охватывать все выделенные аспекты измеряемого понятия.

2) Экономичность описания. При разработке системы признаков следует избегать излишнего объема исходной информации, который может затруднить дальнейший эмпирико-статистический анализ параметров диагностической модели.

3) Четкая структурированность системы признаков. Признаки должны группироваться, относительно равномерно описывая все стороны измеряемого явления.

4) Количественная определенность отбираемых признаков. Эта определенность требуется для проведения эмпирико-статистического анализа. Признаки должны быть выражены в номинальной, качественной или количественной шкале.

Приведенные требования не являются исчерпывающими. При конструировании тестов большое внимание должно уделяться приемам уменьшения систематической ошибки тестирования. В целом можно сказать, что формирование исходного множества признаков при конструировании нового диагностического теста является трудоемким и тонким понятием, требующим от специалиста - по диагностике разносторонних и глубоких профессиональных знаний, а также зрелого опыта и развитой интуиции.

На практике чаще встречается другой подход к решению задачи формирования исходных признаков, в котором такими признаками выступают элементы известных тестов. Возможно заимствование отдельных элементов у ранее апробированных тестов, составление нового теста из частей известных методик и использование в качестве исходного множества признаков полного набора тестовых заданий многомерных диагностических методик.

Преимущества первого подхода, где конструируется полностью новый тест, заключается в том, что в нем максимально учитывается специфика конкретной диагностической задачи, находящая свое выражение в более целенаправленном подборе тестовых стимулов, формулировке отдельных тестов - и их наборов, использовании терминологии, характерной для изучаемой прикладной области и т.п. В то же время реализация этого подхода сопряжена со значительными усилиями в теоретической проработке, как общей концепции теста, так и множества частных деталей. Второй подход не обладает гибкостью первого подхода, но позволяет избежать необходимости решения многих частных проблем, так как опирается на уже апробированную исходную структуру известных тестов. Основанием для его широкого использования служит скрытый потенциал многомерных диагностических тестов, отражающих широкий диапазон различий, который может быть развернут относительно нового контролируемого концепта.

Определив исходное множество признаков, специалист получает «черновой» вариант будущего диагностического теста. Дальнейшая отработка этого варианта основывается на эксперименте и анализе его результатов.

Представление информации о структуре экспериментальных данных посредством матриц связей признаков S и близостей (удаленностей) объектов D служит промежуточным звеном в процессе построения диагностических моделей различного типа. Независимо от этого типа различают две основные стратегии определения параметров диагностических моделей [ ].

Информативность данных существует только по отношению к применяемому типу диагностической модели, выбор которой, в свою очередь, определяется техническими ресурсами и теоретическими представлениями конкретных специалистов.

В диагностике сложных объектов превалируют линейные модели, в которых результирующий показатель представляется в виде взвешенной суммы исходных признаков [ ].

Распространенность линейных моделей объясняется, прежде всего, их наибольшей простотой, понятностью и «удоборешаемостью», позволяющей, в частности, вручную обрабатывать результаты тестирования.

С математической точки зрения развитие диагностики происходит в направлении отказа от линейных моделей [ ]. Но, несомненно, они всегда будут иметь большое прикладное значение благодаря лаконичности и хорошей интерпретируемости.

Ниже при рассмотрении того или иного метода определения параметров линейной диагностической модели будут использоваться различные термины, но, как указывалось выше, глобальным атрибутом для разграничения этих методов является привлечение или не привлечение критерия внешней информативности [ ].

1.8. Методы построения диагностических тестов

Внутренняя согласованность заданий теста является важной категорией методов, опирающихся на критерий автоинформативности системы признаков. Согласованность измеряемых реакций объектов ТОиР на тестовые стимулы означает то, что они должны иметь статистическую направленность на выражение общей, главной тенденции теста.

На приведенных представлениях базируются практически все методы построения диагностических тестов, опирающиеся на критерий автоинформативности системы признаков и использующие категорию внутренней согласованности заданий теста.

Значительный интерес для ТО и Р представляет метод главных компонент. Метод главных компонент (МГК) был предложен Пирсоном в 1901 году и затем вновь открыт и детально разработан Хоттелингом. Ему посвящено большое количество исследований, и он широко представлен в литературных источниках, обратившись к которым можно получить сведения об МГК с различной степенью детализации и математической строгости [ ].

МГК осуществляет переход к новой системе координат в исходном пространстве признаков.

Алгоритмы, обеспечивающие выполнение метода главных компонент, входят практически во все пакеты статистических программ.

В описанном выше методе главных компонент под критерием автоинформативности пространства признаков подразумевается, что ценную для диагностики информацию можно отразить в линейной модели, которая соответствует новой координатной оси в данном пространстве с максимальной дисперсией распределения проекций исследуемых объектов. Такой подход является продуктивным, когда явное большинство заданий «чернового» варианта теста согласованно «работает» на проявление тестируемого свойства и подавляет влияние иррелевантных факторов на распределение объектов. Также положительный результат будет получен при сравнительно небольшом объеме группы связанных информативных признаков, но при несогласованном взаимодействии посторонних факторов, под влиянием которых не нарушается однородность эллипсоида рассеивания, и лишь уменьшается вытянутость распределения объектов вдоль направления диагностируемой тенденции.

В отличие от метода главных компонент факторный анализ основан не на дисперсионном критерии автоинформативности системы признаков, а ориентирован на объяснение имеющихся между признаками корреляций. Поэтому он применяется в более сложных случаях совместного проявления на структуре экспериментальных данных тестируемого и иррелевантного свойств объектов, сопоставимых по степени внутренней согласованности, а также для выделения группы диагностических показателей из общего исходного множества признаков [ ].

В заключение рассмотрим типологический подход.

С позиции формального математического аппарата прогностика и диагностика имеют много общего. И в том и в другом случае испытуемый объект описывается набором чисел (p-мерным вектором признаков), точно так же испытуемому объекту ставится в соответствие значение некоторого критериального показателя z и задача состоит в том, чтобы построить математическую модель, имеющую максимальную корреляцию с z или дискриминирующую испытуемых подобно z. Конечно, чем продолжительнее

временной интервал, на который распространяется прогноз, тем с более серьезными трудностями сталкивается исследователь при определении критериального показателя и тем сложнее может оказаться структура модели. Но, так или иначе, в данном изложении не будет проводиться граница между понятиями прогностики и диагностики, и внимание будет сконцентрировано большей частью на феноменологии процедуры обработки экспериментальных данных, получившей название типологического подхода.

Целесообразность применения типологического подхода обусловлена недостаточной эффективностью линейных диагностических моделей.

В условиях неоднородности обучающей выборки линейные диагностические модели должны смениться нелинейными. Однако решение задачи построения нелинейных моделей затруднено из-за отсутствия априорных сведений о виде искомых функций. В таких случаях эффективный результат, может быть, достигнут с помощью методов кусочно-линейной аппроксимации. В свою очередь, успешность кусочно-линейной аппроксимации зависит от того, насколько хорошо удается разбить испытуемые объекты на однородные группы, для каждой из которых в отдельности строится собственная линейная диагностическая модель. Это можно рассматривать как индивидуализацию диагностического правила, которая заключается в выборе одной из нескольких функций для каждого испытуемого объекта с учетом его принадлежности той или иной группе.

Таким образом, процедура построения диагностической модели состоит из двух этапов. На первом этапе производится разбиение всего множества испытуемых объектов на однородные группы. На втором этапе для каждой группы вырабатывается линейное диагностическое правило с помощью рассмотренных выше методов линейного регрессионного или дискриминантного анализа. Соответственно процедура собственно диагностики также осуществляется в два приема. Сначала определяется принадлежность испытуемого объекта к одной из ранее выделенных групп, а затем для диагностики применяется требуемая диагностическая модель.

«Слабое звено» данного подхода заключается в трудно формализуемом и нечетком определении понятия однородности группы объектов. Как известно, задаче разбиения объектов на однородные группы отводится значительное место в общей проблематике анализа данных. Методы решения этой задачи носят

разные названия: автоматическая классификация, распознавание без учителя, таксономия, кластерный анализ, расщепление смеси и т.д., но имеют одинаковую сущность. Все они в явной или неявной форме опираются на категорию близости (различия) объектов в пространстве признаков.

Эффективность типологического подхода по сугубо формальным соображениям не может быть ниже эффективности обычной линейной диагностической модели, которую можно рассматривать как вырожденный случай кусочно-линейной модели. В то же время кроме практического выигрыша типологический подход имеет определенную теоретическую ценность – он раскрывает взаимосвязь диагностики специфических черт, как группировок признаков и типов, как группировок испытуемых объектов. Идеалом типологического подхода [ ] является разработка такого материала, который позволит для каждого отдельного индивидуального объекта выбирать оптимальную диагностическую модель.

Применение типологического метода при конструировании диагностических моделей и их использование в практике существенно связаны с их стандартизацией и испытаниями.

1.9.Принципы анализа объектов контроля

Сначала условимся понимать под объектом контроля, в его наиболее простом и очевидном проявлении, любой объект, изучение свойств которого служит средством получения выводов относительно совпадения этих свойств со свойствами объекта—эталона, представляемого в системе контроля в виде описания — модели.

Основное содержание этого этапа — решение задач представления объектов контроля, т.е, описания этих объектов, которое привело бы к продвижению в понимании принципов функционирования систем «СК-ОК». При этом будем исходить из того факта, что успех формального анализа сложных задач контроля в первую очередь зависит от того, насколько удачно выбраны индикаторы. Например, раскрытие сложной структуры объекта контроля стало возможным потому, что выбран очень эффективный индикатор – электрический ток; есть он - есть цепь, нет его — нет цепи.

Естественно, что контроль сложного объекта подразумевает использование большого количества индикаторов, но они должны быть не независимы, а объединенными иерархически: некоторый «главный» индикатор отражает факт принадлежности компонентов на подмножества, каждое из которых может в свою очередь распадаться на подмножества, о чем должны свидетельствовать показания индикаторов следующего более глубокого уровня и т. д.

Но сколько бы уровней рассмотренная ситуация не понадобилось при решении поставленной задачи отражения ее компонентов в виде высказываний, моделей и т.д., в конечном счете семантику этих высказываний и моделей сводят к конструкции наличия определенных физических свойств, обнаруживаемых у объекта контроля с помощью индикаторов.

Таким образом, задачи анализа объектов или систем для целей контроля и диагностики будем формулировать так: дан объект – найти его свойства. При анализе объектов, представляющих реальные устройства исследования, будем выделять несколько этапов:

1) сначала соединения реальных элементов объекта контроля и диагностики представляются с помощью тензора соединения С, который можно представить физически посредством проводников соединяющих различные элементы этого объекта;
2) тензор соединений C представляется как метатензор C';
3) вводится в рассмотрение фиктивная «метасеть»;
4) определяется тензор преобразования «метасеть»;
5) определяется тензор преобразования тока.

Отметим, что в большинстве задач анализа объекта для целей контроля и диагностики прежде, чем производить действия с объектом, его расчленяют на несколько модулей, что позволяет сложный электротехнический объект разделить на более простые независимые части.

Физическое и аналитическое разделение объектов для целей контроля и диагностики уменьшает размерность задачи анализа, что дает эффективный способ экономии труда, так как это разделение позволяет разбить анализ на несколько шагов и осуществить каждый шаг в отдельности и затем комбинацией отдельных шагов получить комплексный результат.

Вопросы разбиения электротехнического объекта на функциональные модули решены выше. Рассмотрим теперь на конкретном примере (модуль 1) методику анализа объекта для целей контроля и диагностики. Проанализируем

принципиальную схему функционального модуля, которая воспроизведена на рисунке 1.3

Основная цель этого этапа исследований в предположении новой процедуры, которая включает одновременный анализ разнообразия электротехнических подобных, но, тем не менее, различных объектов и систем. При этом первым шагом в анализе любого электротехнического объекта или его части является учет связей между элементами объекта, которые могут быть математически представлены тензором соединения C.

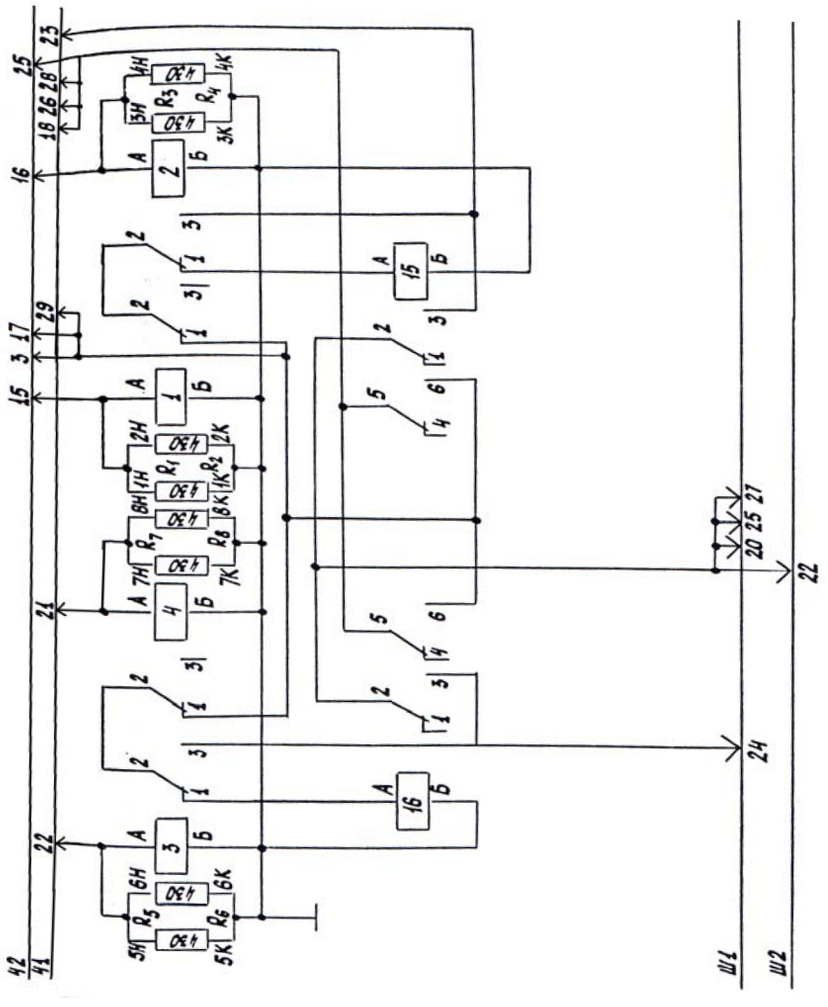


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема функционального модуля РК загружателей

Иначе говоря, тензор соединения представляет математическую фотографию схемы соединений.

В частности:

1) столбцы *C* перечисляют электрические проводники, связывающие входы или выходы объекта с монтажными точками реальных элементов, а также монтажные точки между собой;

2) строки *C* перечисляют наличие электрических соединений монтажных точек с входами или выходами объекта.

Пусть дана принципиальная схема (рис. 1.3) с введенной произвольно нумерацией входов и выходов (клемм разъема Ш1 и Ш2) и монтажных точек реальных элементов объекта (модуля). Тензор соединения С модуля (рис. 1.3) представлен таблицей 1.1.

Первый столбец показывает, что монтажные точки реле *1А* резисторов *R1H* и *R2H* соединены между собой клеммой штепсельного разъема Ш2-15. Второй столбец показывает, что монтажные точки реле *2А*резисторов *R3H* и *R4H* соединены между собой и клеммой штепсельного разъема Ш2-16. Просматривая каждый столбец, мы можем установить электрические связи между всеми монтажными точками рассматриваемого модуля.

Анализ функционального модуля, объекта или системы, представляющего собой подсеть этого объекта или системы, которая не имеет электрической связи с другими подсетями, начинают с установления типа сети. Исследование показало, что наибольший интерес вызывает представление их в виде узловых сетей, так как такая интерпретация дает больше возможностей для операций с ними. Кроме того, понятия, связанные с узловой сетью, лучше соответствуют задачам контроля и диагностики. В тоже время поведение таких сетей может быть векторным уравнением токов узловых сетей :

$$I=YE, \qquad (1.21)$$

разделение которого на n тензорных уравнений, представляющих сеть узловыми парами, дает описание поведения большого разнообразия сетей. При этом система n тензорных уравнений аналогична сети с n узловыми парами, т. е. некоторую физическую систему:

$$I^1 = Y^{11}E_1 + Y^{12}E_2 + \cdots + Y^{1n}E_n,$$

$$I^2 = Y^{21}E_1 + Y^{22}E_2 + \cdots + Y^{2n}E_n,$$

……

$$I^n = Y^{n1}E_1 + Y^{n2}E_2 + \cdots + Y^{nn}E_n.$$

Для физического обоснования системы тензорных уравнений построим абстрактную физическую систему, в которой элементами являются простейшие функциональные модули, входящие в состав функционального модуля объекта или системы. Такую абстрактную физическую систему, в которой простейшие функциональные модули сами являются самостоятельными целостностями, т. е. его элементы включены в сеть связей друг с другом, будем называть, в соответствии с терминологией компанд-системой (компанд-объектом), а сеть, представляющую эту систему или объект назовем компанд-сетью.

Каждый простейший функциональный модуль в компанд-сети представляет некоторую сеть, которая может быть определена физически, а следовательно, каждый простейший функциональный модуль имеет свой тензор соединения. Компанд-сети вводятся как основное понятие для эффективного анализа объектов, систем или их функциональных модулей, так как оно позволяет описывать поведение сложной сети так же просто, как для простых несложных сетей.

Одной из задач построения компанд-сети является задача функционально разбиения сети объекта, системы или модуля. При этом задача разбиения узловой сети может быть сформулирована как задача разделения узловых пар на мелкие единицы в соответствии с их функцией. Так, например, узловые пары могут выполнять функции входных клемм, к которым подводятся напряжения E или воздействующие токи I. В том случае, когда к некоторым клеммам объекта функционального модуля подсоединяются нагрузки или подключаются цепи системы автоматического контроля, I представляют собой токи в нагрузках или цепях системы автоматического контроля, а E- разность потенциалов в нагрузках. Эти узловые пары будем называть выходными клеммами.

Входные клеммы объекта или функционального модуля, как правило, управляемы, т. е. разность потенциалов изменяется по заданному системой автоматического контроля закону. Выходные клеммы этого объекта или модуля подвергаются изменениям: к ним либо подсоединяются различные приборы, либо емкости, индуктивности, резисторы и т. п.

Выходные и входные клеммы могут оказаться постоянно разомкнуты, но, тем не менее, разности потенциалов на них при контроле и диагностике необходимо учитывать обязательно.

Уравнения поведения сети разделяются на столько тензорных уравнений, сколько функционально различных типов пар имеется в сети анализируемого объекта.

В качестве примера рассмотрим узловую сеть функционального модуля, представленного на рис.1 и заданного тензором соединения табл. 1.1.

Используя выше введенные понятия компанд—сети, а также законы, уравнения, развитые для обычных сетей, справедливые и для компанд-сетей,но в которых простые величины заменены соответствующими тензорами, а простые тензоры - соответствующими компанд-тензорами, построим компанд-сеть функционального модуля. Для чего произведем физическое разделение исходной сети функционального модуля на простые функциональные модули, каждый из которых сам по себе является сетью. В этом случае действительная сеть состоит из простых функциональных модулей, представляющих собой сети, соединенные либо последовательно, либо параллельно или смешанно.

Разобьем сеть функционального модуля (рис.1.3), заданную тензором (табл.I.1), несколькими последовательно применяемыми способами, исходя из задач контроля и диагностики. В сети имеется 6 реле, 8 резисторов. 8 групп переключающих контактов, 2 штепсельных разъема, соединенных в соответствии с принципиальной схемой. Тензор соединения C этих элементов содержит 52 строки и 26 столбцов. Анализ 1-2,3-4,5-6,7-8 столбцов тензора C, показывает, что соединения элементов принципиальной схемы в них идентичны и поэтому могут быть записаны как метатензоры M.

Следует заметить, что M содержит шесть строк, т.е. ровно столько строк будет заменено одной строкой. Анализируя строки тензора C можем выделить несколько строк с идентичным строением, замена которых компанд-тензорами позволяет упростить тензор C .

В результате замен в тензоре C , произведенных компанд-тензорами, получим промежуточный тензор C' , представленный в табл.1.2. Продолжая анализ промежуточного компанд—тензора C', мы выделяем связи между отдельными элементами. Анализируя столбцы делаем заключение, что компоненты функционального модуля, исходя из наличия единиц в столбцах промежуточного тензора C', могут быть перекомпонованы, причем единственным критерием оптимального варианта компоновки компонента - является критерий максимально возможного уменьшения расстояния между единицами в одном столбце. При этом не допускается разрыва между компонентами, принадлежащими одному и тому же физическому элементу. Например, представляя из монтажных точек реле, мы будем обязаны переместить вместе с компонентой, которой принадлежит эта точка, и другие компоненты (группа контактов этого реле).

Аналогично, анализируя строки метатензора C', перекомпонуем его элементы таким образом, чтобы расстояние по диагонали между компонентами, находящимися в соседних строках было, как и первом : случае, минимальным. При этом допускается повторение одноименных столбцов, которое позволяет сделать компанд-тензор блочно-диагональным.

Для нашего примера, повторив столбцы 5,12,13 получаем блочно-диагональный метатензор C''. Разделим этот компанд-тензор горизонтальной и вертикальной линиями на два двухмерных тензора идентичных по структуре. Тогда исходный тензор C может быть представлен в виде таблицы 1.1.

Таблица 1.1

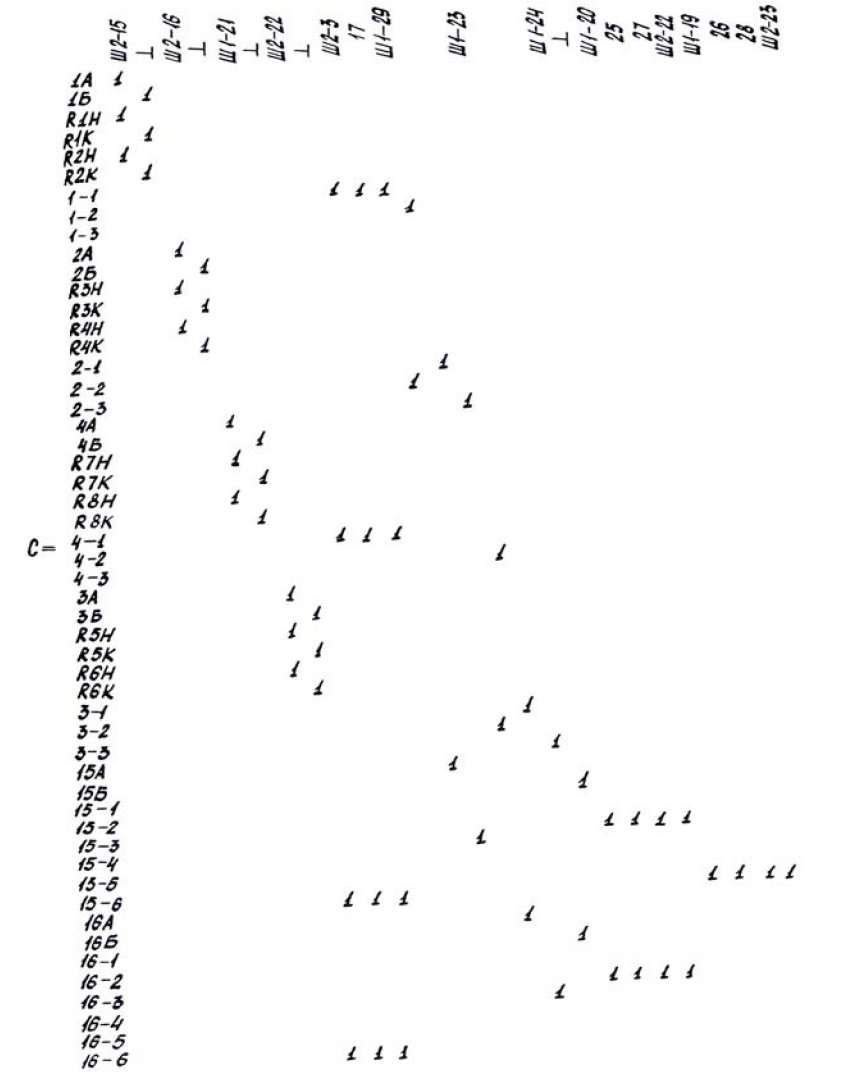
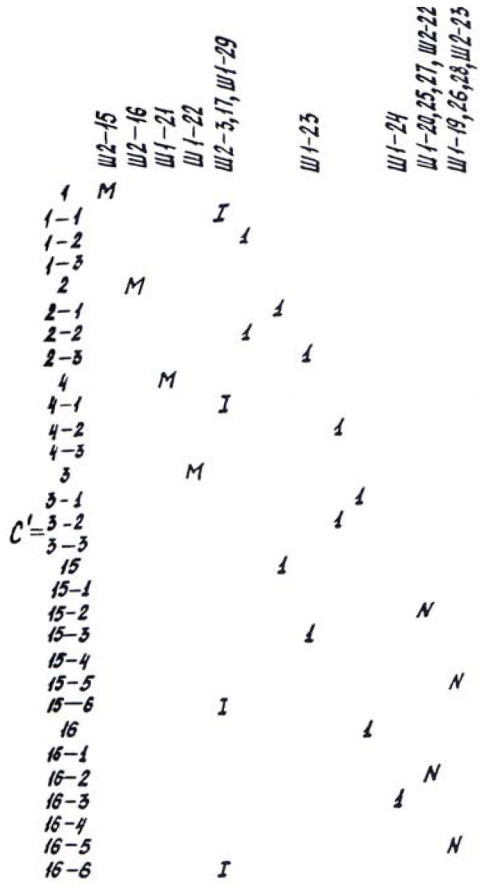
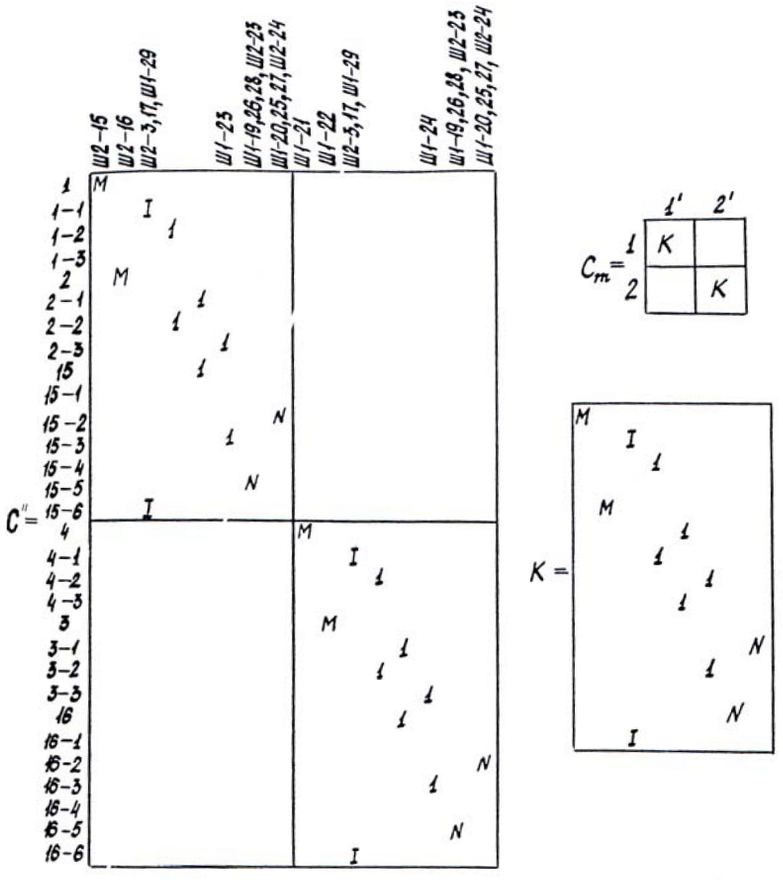
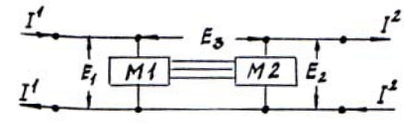

C=
Ш2-15
Ш2-16
Ш1-21
Ш2-22
Ш2-3
17
Ш1-29
Ш4-23
Ш1-24
Ш1-20
25
27
Ш2-22
Ш1-19
26
28
Ш2-23
1А
1Б
R1H
R1K
R2H
R2K
1-1
1-2
1-3
2А
2Б
R3H
R3K
R4H
R4K
2-1
2-2
2-3
4А
4Б
R7H
R7K
R8H
R8K
4-1
4-2
4-3
3А
3Б
R5H
R5K
R6H
R6K
3-1
3-2
3-3
15А
15Б
15-1
15-2
15-3
15-4
15-5
15-6
16А
16Б
16-1
16-2
16-3
16-4
16-5
16-6

Таблица 1.2



$$M = \begin{bmatrix} 1 & & 1 \\ 1 & & \\ & 1 & \\ 1 & & \\ & 1 & \end{bmatrix}, \quad I = \boxed{1\ 1\ 1}, \quad N = \boxed{1\ 1\ 1\ 1\ 1}.$$





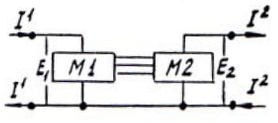


Рисунок 1.4

Рисунок 1.5

квадратного компанд-тензора C'' (табл.1.3), в которой каждая компонента сама есть двухмерный тензор (табл.1.4).

Таким образом, используя предложенные выше алгоритмы, получим компанд-тензор C_m (табл.1.3), в которой компоненты имеют ту же валентность, что и исходный тензор C. При этом вводятся новые фиксированные индексы 1, 2,1′, 2′, каждый из которых представляет не один вход или выход, а несколько входов или выходов одновременно. Для разнообразия в терминологии эти индексы назовем компанд-индексами. Учитывая равносильность преобразований, можем написать

$$C=C'=C''=C_m.$$

Задачу, возникающую при изучении сетей объектов электротехнического оборудования летательных аппаратов для целей контроля и диагностики можно сформулировать следующим образом: дана сеть конкретного объекта, необходимо установить ее свойства, а именно: прохождение токов через эту сеть.

Первым этапом анализа является установление типов узловых пар объекта. Например, анализ сети функционального модуля показывает наличие девяти узлов, которые в соответствии с введенной выше терминологией разобьем на входные и выходные. Установим количество типовых узловых пар. При этом анализ сетей будем проводить только в терминах активных узловых пар.

Отметим, что входными узлами всегда являются входные узлы реле, контакторов, транзисторов и других активных элементов, выходящие на контакты штепсельных разъемов объекта, а выходными – их входы. Так, например, для сети нашего модуля входными являются узлы *1А, 2А,3А, 4А,* а выходными – *1Б, 2Б, 3Б, 4Б.* Для разбиения оставшихся узлов будем применять следующий метод рассуждения:

1. Устанавливаем узел с максимальным весов. Под весом будем понимать количество единиц и метатензоров в столбце. В нашем примере таким является узел Ш2-3, 17, Ш1-29.

2. Относительно каждой единицы (соединения с данным узлом) или метатензора находим выходные узлы. Для этого в тензоре строим все цепи. Если в цепи встречается коммутационный элемент, переключающий вход на разные выходы, то все узлы, покрывающие данное соединение с выбранным входным узлом, будут выходными.

Рассмотрим этот этап анализа на нашем примере. Первое соединение узла Ш2-3,17,Ш1-29 выполнено на контакте (1-1) реле 1 метатензором *1.* Через нормально замкнутый контакт этого реле 1-2 и электрическое соединение мы попадаем на контакт 2-2 реле 2; нормально замкнутый контакт 2-1 этого реле

соединен с обмоткой реле 15, а нормально разомкнутый – с клеммой штепсельного разъема Ш1-23, которая и будет являться активным выходным узлом. Другим выходным узлом будет выход обмотки реле *15Б*.

Анализ полученных узловых пар (входов-выходов) позволяет выделить однотипные узловые пары, которые выполняют одинаковые функции, и тем самым провести этот анализ только однажды для каждого типа узловых пар. Конечный результата анализа будем использовать для каждой конкретной однотипной узловой пары. После установления количества типов узловых пар уравнение поведения (1) функционального модуля или системы в целом разделим на столько инвариантных уравнений, сколько есть типов узловых пар.

Анализ полученных для нашего функционального модуля узлов, позволил выделить четыре типа: входные, выходные, клеммы открытых цепей и неактивные узлы.

Как указывалось выше, неактивные узлы и узловые пары исключаются из уравнения тока. При этом необходимо помнить, что если два узла выбраны как узловые пары, то уравнение тока (1) можно использовать для анализируемой сети без каких-либо изменений.

Рассмотрим узловую сеть (рис. 1), имеющую три типа узловых пар. К первой совокупности узловых пар. К первой совокупности узловых пар (Ш2-15-⊥; Ш2-16-⊥; Ш1-21-⊥; Ш1-22-⊥) приложено комбинированное напряжение $\mathbf{E}_1^*$ (E_1, E_2, E_3, E_4) вторая совокупность $\mathbf{E}_2^*$ (E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}) соединяется с командно-логическим устройством системы автоматического контроля, формирующим на них разность потенциалов Ш2-3,17, Ш1-29-⊥; Ш2-3,17, Ш1-29, Ш1-22; Ш2-3,17,Ш1-19-⊥; Ш2-3,17, ⊥ Ш1-29-Ш1-24; Ш2-3,17, Ш1-29-Ш1-19, 26, 28, Ш2-23; Ш2-3,17, Ш1-29, Ш1-20,25,27, Ш2-24-Ш1-23; Ш1-20, 25, 27, Ш2-24-Ш1-24. Как правило, в штепсельных разъемах электросборок имеется определенное количество незадействованных клемм, которые являются постоянно разомкнутыми и не играют роли в задаче контроля и диагностики, но их наличие должно учитываться, так как возможно появление ложных перемычек, перепутываний. Оставшиеся узловые пары $\mathbf{E}_3^*$ (E_{12}, E_{13}, …) образуют третью совокупность узловых пар.

Таким образом, уравнение токов функционального модуля объекта $I=YE$, содержащее (11+n) обычных уравнений, необходимо разделить на три тензорных уравнения:

$I^1= Y^1E_1+Y^2E_1+Y^3E_1+Y^4E_1;$

$I^2=Y^5E_2+Y^6E_2+Y^7E_2+Y^8E_2+Y^9E_2+Y^{10}E_2+Y^{11}E_2;$ (4)

$0=(Y^{12}+Y^{13}+...+Y^n)E_3$,

где I^1 , I^2 – тензор токов первой и второй совокупностей узловых пар;

Y^n – проводимость узловой пары;

n – число постоянно разомкнутых узловых пар.

Ток $I3=0$. Входным током является I^1, контролирующим - I^2. Первое тензорное уравнение представляет четыре обычных уравнения, второе - семь, третье – n. При этом для нашего примера второе тензорное уравнение может быть сведено к одному, так как формируемая командно-логическим устройством разность потенциалов постоянна, а переходное сопротивление цепи близко к нулю. Узловая компанд-сеть, представленная тремя тензорными уравнениями, показана на рис. 2.

Так как для анализа процесса контроля функционального модуля важны лишь входные $\mathbf{E}_1^*$, I^1 и выходные $\mathbf{E}_2^*$, I^2 , то переменную $\mathbf{E}_3^*$ можно исключить. При этом число тензорных уравнений уменьшается с трех до двух.

Результатом этого исключения является упрощение узловой компанд-сети, которая представлена на рис. 3. При заданном входе $\mathbf{E}_1^*$ и выходе I^2 можем найти входной ток I^1 и разность потенциалов $\mathbf{E}_2^*$ или наоборот.

Определим токи через компанд-сеть с учетом соединения отдельных элементов в каждом простейшем функциональном модуле.

Токи в отдельных простейших модулях через известные токи найдем как $i=Ci'$, где C является тензором преобразования.

Определим теперь способ, с помощью которого отдельные цепи каждого простейшего функционального модуля заменим отдельными тензорами преобразования C.

Когда элементы электрической сети соединены последовательно и цепь является замкнутой, то один и тот же ток i течет через каждый элемент цепи, а также соединяющий их проводник. Однако, когда имеют дело с компанд-структурами, представляющими простейшие функциональные модули, то тензоры проводимости цепей можно выразить в различных системах координат, а ток i еще в какой-нибудь системе координат так, что в цепи будет протекать ток Ci. Изменение отдельных координатных систем проявляется как выход тока из компанд-структуры простейшего функционального модуля.

В случае контроля и диагностики электротехнических бортовых устройств и систем самолета ток входит в объект из системы автоматического через

электрические разъемы. В этом случае появление тока в простейшем функциональном модуле и выход из него связан с изменением этого тока, т. е. с преобразованием координат с помощью C.

Таким образом, ток i приобретает отдельный тензор преобразования C в случае, если он является новой переменной, т. е. если простейший функциональный модуль имеет несколько типов цепей, отличных друг от друга, а также при выходе тока из модуля через электрические разъемы в систему автоматического контроля.

Отметим, что если ток i попадает в компанд-сеть, то выполняются все законы Кирхгофа.

Итак, рассмотрим такие изменения координатных осей, при которых ток i претерпевает изменения Ci' при входе и выходе через электрические разъемы из системы автоматического контроля, а также при выходе тока i из объекта через электрические разъемы в систему автоматического контроля, так как она имеет цепи, отличные от цепей объекта контроля.

Следует подчеркнуть, что после того как тензор определен для одного простейшего модуля, то для всех идентичных модулей он может быть использован автоматически без повторного анализа.

В качестве примера применения этого метода рассмотрим функциональный модуль, содержащий шесть реле (рис. 1). Метасеть, в соответствии с проведенным выше анализом, имеет два простейших функциональных модуля (рис. 2, 3), соединенных в одну общую сеть.

Между первым и вторым простейшими модулями имеется три связи через входы и выходы электрических разъемов (Ш2-3,17, Ш1-29; Ш1-19,26 ,28 Ш2-23; Ш1-20, 25, 27, Ш2-22).

Рассмотрим наиболее важный пример изменения токов, которым является переход тока из системы автоматического контроля в объект контроля.

Если ток в системе автоматического контроля при соединении ее с простейшим функциональным модулем равен i' , то ток i в объекте контроля равен $i=Ci'$.

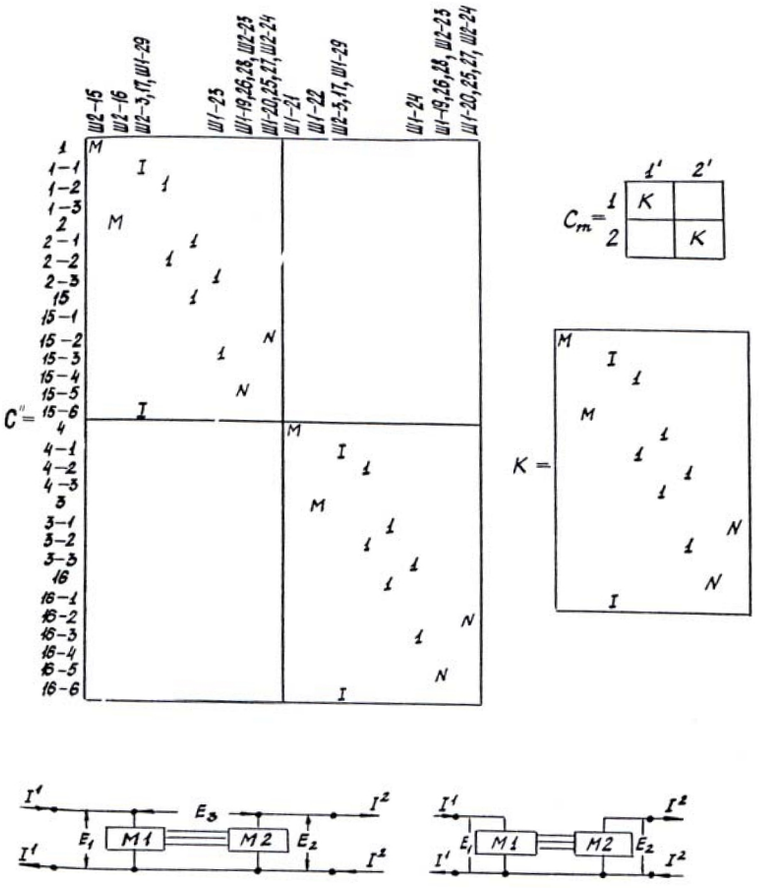
Преобразование C заменяет токи в системе автоматического контроля на токи в объекте контроля. При этом C представляет картину действительных взаимосвязей. Однако, при контроле объектов бортового оборудования летательных аппаратов преобразование может быть различным. В объектах контроля, с одной стороны, обычно обмотки реле соединяют со входами; часто эти соединения выполняются последовательно с контактами других реле иди последовательно с различными компонентами электрических устройств

(резисторы, диоды и т. д.). С другой стороны, соединения контактов реле или других элементов начинаются и оканчиваются на электрических разъемах. В этом случае преобразование C учитывает различные соединения входов и выходов объекта контроля. Изменяя преобразование, мы можем описать всевозможные перестановки в токах, которые поступают на вход объекта контроля от системы автоматического контроля. При этом преобразование C может учитывать как сокращение числа цепей, так и их размножение. Выбираем в соответствии с разбиением клемм электрических разъемов на входные и выходные, для исходной схемы простейшего функционального модуля четыре тока: i^1, i^2, i^{15}, i^4, проходящих через обмотки реле 1, 2, 15, 4 (рис. 4), которые соединены с клеммами электрических разъемов непосредственно или через контакты других реле, а также ток i^8, который будем приписывать простейшим цепям, не имеющих обмоток реле.

Тогда если ток i' проходит через систему автоматического контроля на вход объекта контроля, то через объект контроля должен проходить ток $C_n i'=i$,где C_n показывает соединение элементов объекта контроля.

Используя вышеприведенные рассуждения о постоянной и переменной разности потенциалов на входе объекта контроля, а также рассуждения о преобразовании C_n, показывающем соединение элементов этого объекта, построим всевозможные комбинации токов, поступающих на вход элементов контроля из системы автоматического контроля, которая позволяет выявить соединения всех элементов объекта и по полученным тензорам соединения дать заключение о правильности выполненного монтажа или неисправностях элементов объекта и ошибках монтажа. Следовательно, если ток i^1 определяется токами i^1, i^2, i^{15}, i^4, i^8 то, учитывая активность входов с токами i^1 и i^2 и постоянное наличие токов i^{15}, i^8 и на неактивных входах объекта контроля, можем найти полный оптимальный набор воздействий на вход объекта контроля с целью идентификации состояния объекта.

Рассмотрим синтез тестовой информации, по которому будет определен полный набор воздействий.


Ш2-15
Ш2-16
Ш2-3,17, Ш1-29
Ш1-25
Ш1-19,26,28, Ш2-23
Ш1-20,25,27, Ш2-24
Ш1-21
Ш1-22
Ш2-5,17, Ш1-29
Ш1-24
Ш1-19,26,28, Ш2-25
Ш1-20,25,27, Ш2-24
C'' =
K =
Cm =
1'
2'
K
M1
M2
E1
E2
E3
I1
I2

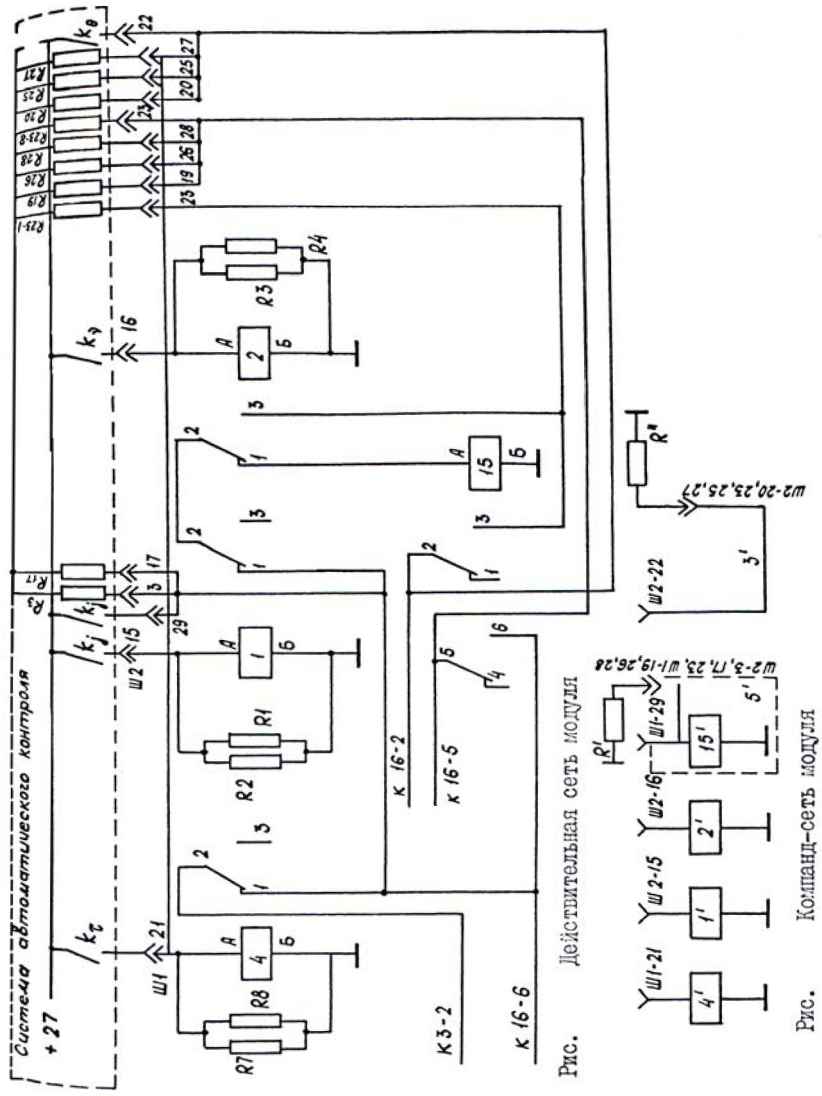


Рис. Действительная сеть модуля

Рис. Команд-сеть модуля

Решенная выше задача предварительной обработки информации об объекте или системе ЭТО ЛА для целей уменьшения размерности задач проектирования программ контроля позволяет осуществить новую постановку задачи сокращения или оптимизации, а в конечном счете минимизации тестовой информации, объем которой обеспечил бы заданную полноту и глубину диагностирования, а также представление этой информации в форме удобной для реализации алгоритма диагностирования.

Подход, позволяющий решить задачу оптимизации тестовой информации, заключается в способе, с помощью которого отдельные цепи каждого функционального модуля, объекта в целом или системы заменяются отдельными тензорами преобразования.Первым этапом поставленной задачи является этап замены действительной сети функционального модуля на некоторую компанд-сеть. Естественным путем получения компанд-сети является разбиение действительной сети физически на части, каждая из которых является компанд-компонентой, представляющая собой составную компоненту, которая сама по себе имеет действительную сеть. Например, действительная сеть, представленная на рис.4, может быть заменена на компанд-сеть путем замены реальных компонент (1, *R1, R2,* 2, *R3, R4*, 4, *R7, R8* и т. д.) на компанд-компоненты (1′, 2′, 4′ и т. д.), которая представлена на рис. 5. Такая замена существенно сокращает число компонент. Алгоритм анализа объектов и функциональных модулей, позволяющий осуществить их разбиение на составные компоненты, предложенный выше, является основой автоматизации процессов перехода от действительной сети к компанд-сети. Замена реальных компонент компанд-компонентами изменяет электрические цепи, т. е. с общих позиций систему координат.

Синтез тестовой информации.

В этом разделе рассмотрим задачи преобразования информации, используемой в процессах подготовки и проведения контроля объектов и систем ЭТО ЛА, по критериям, связанным с дифференциальными и интегральными оценками состояния контролируемых объектов или систем.

В отличие от классических форм задания данных о поведении объектов и систем (в виде дизъюктивной или конъюктивной форм) ниже будет использована терминология компангд-сетей, компанд-токов, введенных выше.

Концепция компанд-сети, компанд-тока предлагает замену обычных числовых значений компонент соответствующими тензорами.

В предыдущем параграфе предложен метод физического разделения исходной сети объекта или системы на функциональные модули, каждый из которых сам по себе является сетью. Таким образом, реальная сеть объекта состоит из составляющих ее сетей функциональных модулей, соединенных в единую сеть объекта или системы. Этот принцип справедлив для представления и анализа всех сложных объектов и систем.

Одной из основных характеристик систем контроля и испытаний является время контроля объекта и поиска неисправностей, которое в значительной степени определяется длиной тестовой последовательности. Сокращение длины этой последовательности при одновременном сохранении полноты и глубины поиска неисправностей является основой оптимизации процессов контроля и испытаний.

В настоящее время известно значительное число работ, в которых рассматриваются вопросы минимизации и оптимизации объема тестовой информации. Однако, это количество работ не исчерпывает проблемы сокращения тестовой информации, а лишь позволяет поставить ее на более высокий уровень.

Итак, проблема оптимизации тестовой информации может быть сформулирована как проблема замены действительной сети компанд-сетью, при этом, в соответствии с проведенными выше рассуждениями, изменяется система координат, т. е. электрические цепи, вдоль которых текут токи.

Рассмотрим этапы решения проблемы, используя, введенный выше, способ замены электрических цепей отдельными тензорами преобразования *C*. При этом, не теряя общности, будем рассматривать вводимые определения и операции на конкретных примерах.

Отдельные тензоры преобразования C_m , описывающие токи в сети составной компоненты или при выходе его из этой сети будем называть «монтажным тензором».

Введем в рассмотренное определение компанд-клеммы, под которой будем понимать клемму соединения (монтажный узел) нескольких электрических цепей, т. е. узел, в котором ток *i* претерпевает изменения *Ci.*

Типичным и важнейшим примером компанд-клеммы, изменяющей электрические цепи, в общем случае оси координат, является параллельное соединение электрических цепей на клеммах электрического разъема или другого электрического соединителя модуля или объекта ЭТО ЛА.

Например, для схемы, представленной на рис. 4 и 5, если ток в обмотке реле *I*, резисторах *R1*и *R2* равен *i*, то ток в общем проводе равен *i=Ci',* где в

соответствии с рис. 6. и выражениями 5, 6, 7 преобразование C заменяет токи в действительной сети составной компоненты на ток в общем проводе.

Прежде чем перейти к следующим определениям и операциям, применяемым при контроле и диагностике, отметим следующий известный, но весьма существенный факт: когда обычные компоненты соединяются последовательно, то в этих компонентах течет один и тот же ток.

Однако, когда мы имеем дело с компанд-компонентами, то их монтажные тензоры C_m могут выражаться в различных системах координат, а токи i еще в какой-либо системе осей так, что, например, в первой компоненте будет протекать ток $C_1 i$, во второй – $C_2 i$, а соединяющем их жгуте – ток $C_3 i$. Таким образом, изменение координат в компанд- компонентах проявляется как поступление или выход тока из этих компанд-компонент. Теперь перейдем к формализации этапа неисправностей. Так как при выполнении соединений на монтажных узлах происходит преобразование систем координат, связанных с формированием электрических цепей, то можно предположить, что это преобразование системы координат может быть самым различным, как допустимым, т. е. разрешенным, так и недопустимым, т. н. неразрешенным. В выше приведенных примерах были рассмотрены разрешенные случаи, т.е. монтажным тензором C_m представлялись действительные взаимосвязи. Рассмотрим теперь описание различных типов неисправностей.

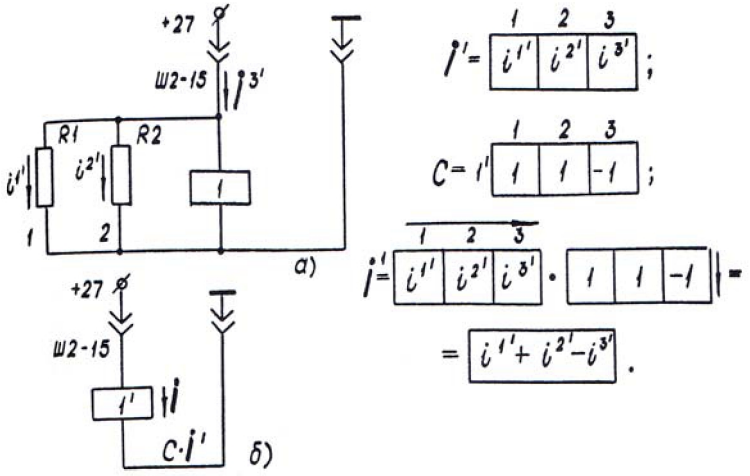


Рисунок 6 – Соединение с компанд-клеммой.
а) токи в составной компоненте
б) токи в компанд-компоненте

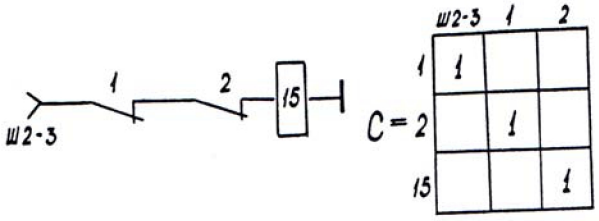


Рисунок 7 – Последовательное соединение компонент

Опишем наиболее часто встречающиеся ошибки монтажа, к которым относятся различные перепутывания. Примером формального представления картины действительных взаимосвязей при параллельном соединении компонент является монтажный тензор *C* (6). Формальное представление

картины действительных взаимосвязей при последовательном соединении компонент дает монтажный тензор(8).

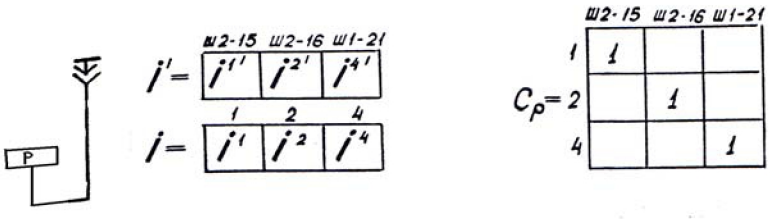


Рисунок 8 –Компанд-сеть

Всякое реальное нарушение взаимосвязей вызывает изменение монтажного тензора и, как следствие, токов в контролируемых цепях. В качестве примера описания нарушения действительных взаимосвязей рассмотрим соединении обмоток реле 1, 2, 4 с штепсельным разъмом Ш2 и Ш1 (рис. 4, 5), компанд-сеть которых представлена на рис. 8.

Если через штепсельные разъемы проходит ток i, то то через обмотку Р должен проходить ток $C_p i' = i$, где C_p – действительный монтажный тензор.

В случае нарушения действительных взаимосвязей, например, вместо того, чтобы соединить составную компоненту I с клеммой Ш2-15, ее соединяют с клеммой Ш2-16, а составную компоненту 2 с клеммой Ш2-15 вместо Ш2-16, тогда точки и монтажный тензор будут иметь вид (12, 13, 14).



С математической точки зрения перепутывания можно определить как перестановки, т. е. в соответствии с определениями главы 3, φ есть перестановка на множестве монтажных узлов M тогда и только тогда, когда $a,в \in M$, $a \neq в$ имеем (а) $\varphi \neq (в)\ \varphi$.

Кроме перепутываний в практике выполнения электрических соединений часто встречаются и два других вида нарушений действительных взаимосвязей – это обрывы и замыкания. Эти виды нарушения могут быть введены сингулярным преобразованием, т.е. преобразованием, сокращающим число электрических цепей или, в общем случае, число осей системы координат.

Рассмотрим более подробно эти случаи нарушений монтажа, при этом будем опираться на приведенные выше примеры (рис.6–8), в которых новые переменные i' выбрались в компанд-компонентах, соответствующих действительной сети, т. е. при отсутствии нарушений монтажа, когда, например, для схемы, представленной на рис. 6, три компоненты тока i′, а именно i^{R1}, i^{R2}, i^{P1}, проходят в тех же компонентах, что и токи $i^{R1'}$, $i^{R2'}$, $i^{P1'}$ в свободной сети, составленной из резисторов *R1, R2* и обмотки реле *P1*.

При обрыве одного из соединений мы получим новое значение, которое будет состоять из токов лишь части компонент, входящих в данную действительную сеть. Таким образом, мы получаем новое значение переменной i, которая имеется не во всех компонентах действительной сети. Одновременно это нарушение связей отражается монтажным тензором. Поэтому, как и выше, в

компанд-компоненте будет протекать ток $C_0 i' = i$ вместо выбранной переменной i, где C_0 – учитывает ситуацию обрыва связи или связей.

Другим часто встречающимся примером нарушений монтажа электросборок является закорачивание одной или нескольких связей или замыкание их на корпус в некоторых точках. В этом случае каждое замыкание можно рассматривать как компанд-компоненту, присоединенную в точках: либо нарушение сопротивления изоляции, либо некачественного выполнения соединений. При этом каждая такая компанд-компонента вводит новую переменную i_3, такт как эта компонента вводит в действительную компанд-сеть новый контур. Анализ компанд-сети при наличии в ней замыканий и закорачиваний выполняется точно также, как и любой другой контурной (узловой) компанд-сети. Монтажный тензор C_3 для случая замыкания показывает способ для случая соединения компоненты замыкания с действительной сетью.

В качестве примера синтеза тестовой информации для контроля и диагностики рассмотрим сеть функционального модуля, содержащую 4 обмотки реле, 6 резисторов, 5 контактов этих реле (рис. 4).

Компанд-сеть (рис. 5) имеет 6 компанд-компонент.

Итак, пусть задан объект (рис. 1), в число компонент которого входит функциональный модуль (рис.4), связанный в сети с рядом других модулей. Как указывалось выше, функция модуля является одной из частных функций объекта, а совокупность всех частных функций модулей объекта обеспечивает выполнение его общей функции.

Выполняя определенную функцию, т. е. имея вполне конкретный набор связей между компонентами, функциональный модуль находится в одном из своих состояний, входящих в область возможных состояний этого модуля.

Функция модуля в объекте может выражаться в некотором закономерном изменении его состояния при изменении, например, на его входах, полученного в результате приведенного выше анализа электрических цепей, приложенных напряжений E или воздействующих токов I. Такая функция будет представлять собой в области возможных состояний подмножество множество состояний. Следовательно, при закономерно изменяющихся состояниях входов функционального модуля, выполняющего свою функцию в объекте, эта функция может быть охарактеризована областью требуемых функциональных состояний модуля (табл.6), обязательно включающей в область возможных состояний этого функционального модуля.

При этом проблема контроля может быть сформулирована как проблема определения свойств объектов и сравнение этих свойств с заданной областью

требуемых функциональных состояний. Для определения этих свойство объектов необходимо создание системы, состоящей из иерархически организованных подсистем, объекта контроля и связей между ними. При этом перестройка системы для контроля различных объектов выражается в изменении структуры связей между подсистемами и объектом контроля. Если объект контроля функционирует в системе, то именно для осуществления своей функции он должен переходить в различные состояния, которые естественно называть функциональными состояниями. Изменяя эти состояния, объект изменяет свои свойства, которые также будем называть функциональными, а имея различные функциональные свойства, он приобретает способность вступать в те или иные, соответствующие этим свойствам взаимодействия с подсистемами системы, т.е. в те взаимодействия, которые и составляют функцию этого объекта.

Воздействие, приводящее объект контроля в определенное функциональное состояние из числа возможных функциональных состояний будем понимать как управляющее воздействие, а процесс комбинирования функциональных состояний этого объекта, путем комбинирования управляющих воздействия – как процесс управления объектом контроля.

Обязательным этапом управления должно быть формирование технологической или вообще операциональной программы. Программа соответствует понятию информационной части активного центра системы, моделирующего структуру процесса контроля, как обязательной части всего процесса управления в его целостной динамике. Составление программы контроля производится на основе определенной информации. Для получения этой информации необходимо в первую очередь изучить непосредственные структуры тех объектов ЭТО ЛА, которые служат ее носителями. Прежде чем перейти к получению необходимой для контроля и диагностики объектов ЭТО ЛА информации, введем ряд новых понятий. Для разработки новых принципов моделирования и долее полной автоматизации процессов контроля и диагностики необходимо кроме известного понятия «алгоритмического количества» информации, которое можно представить как минимальную длину программы, записанную простейшими единицами, ввести понятие качества информации, которое может быть представлено в совокупности признаков, выражающих внутреннюю структурную определенность информации. При этом надо учитывать, что эти качества неодинаковы, более всего это касается тех качеств, которые будем называть «базисными», связанными с важнейшими основами структуры, как совокупности законов, т.е. устойчивого и развернутого выражения сущности объектов.

Рассмотрим решение задачи получения необходимого количества информации, используя предложенные модели поведения объектов и компонент ЭТО ЛА.

Выше для описания функционирования объектов и компонент ЭТО ЛА была использована система n линейных уравнений с *n* переменными *e=zi.* При этом предполагалось, что все компоненты *e* и *z* известны, а все компоненты *i* неизвестны. Кроме того, в большинстве задач контроля часть компонент e остаются постоянными, а часть изменяют свое значение, часть компонент *i* могут быть известны, а остальные компоненты *i,* связанные с различного вида неисправностями или монтажными нарушениями (обрыв, ложные замыкания (перемыски), перепутывания), неизвестны. Чтобы учитывать отдельные компоненты объекта в зависимости от электрических цепей, в которые они входят, необходимо заменить инвариантное уравнение несколькими инвариантными уравнениями, так что каждое частное инвариантное уравнение представляет несколько обыкновенных уравнений, описывающие идентичные электрические цепи, например, Ш2-15, Ш2-16, Ш1-21 (рис. 4).

Если дано единственное инвариантное уравнение объекта, а также осуществлено разбиение объекта на функциональные модули и выполнено разбиение их на электрические цепи, в соответствии с разработанными в этой работе математическими методами, то сравнительно легко решить задачу разделения этого уравнения на несколько инвариантных уравнений.

Важнейшие проблемы контроля и диагностики объектов и систем ЭТО ЛА требуют установления различных инвариантных уравнений и, чтобы решить эту задачу, во всех случаях устанавливаем, в первую очередь, - компанд-уравнение *e=zi* или *I=YE*, которое потом в соответствии с выполненным разбиением расчленяется на свои, соответствующие каждой электрической цепи, с помощью которых оценивается функционирование этих цепей и их компонент.

Как показано выше, компоненты каждого функционального модуля могут быть представлены тензорами или n-матрицами, а их сочетание компанд – *n*-тензорами или компанд - *n*-матрицами.

Сформулируем метод подхода к решению системной задачи получения информации для контроля и испытаний объектов и систем ЭТО ЛА. При этом под свойством системности в данном разделе понимается не только свойства целостности и расчлененности, интегрированности и вместе с тем выделенности частей с их неоднородностью, разнообразием, дифференциацией.

Для установлений уравнений поведения объекта или системы рассматриваем сеть функционального модуля как совокупность узловых пар

(входов и выходов электрических цепей). Тогда специфическим уравнением поведения сети будет уравнение 1. Число обычных уравнений равно числу узловых пар, которое получено в разделе 2 настоящей главы. Отметим, что разбиение объектов и систем на блоки, функциональные модули, а также инвариантного уравнения на несколько инвариантных уравнений является, как указывалось выше, гибким инструментом анализа этих объектов, систем любой сложности и синтеза программ их контроля и испытаний.

Прежде чем перейти к математическому представлению объектов контроля и испытаний, уточним понятие инвариантного уравнения. Уравнение, каждый символ которого представляет физический объект (*i, r, z, e*), будем называть инвариантным, т.е. каждый символ этого уравнения соответствует физической сущности.

В качестве универсального понятия в дальнейших рассуждениях используется понятие открытой электрической цепи, представляющей любую электрическую цепь, которая начинается в одном узле и заканчивается в другом, т.е. электрическая цепь может заменять в рассуждениях узловую пару.

В качестве частых понятий представляемой задачи уточним следующие понятия, введенные выше:

1) «управляющее воздействие» - сигнал определенной величины и физической сущности, сформированный вне объекта контроля и испытаний;

2) «реакция объекта» - сигнал или сигналы определенной велчины, представляющие собой реакцию объекта на управляющее воздействие.

Итак, в соответствии с разработанной выше методологией определим для рассматриваемого функционального модуля (рис 5.4) физические компоненты: Y – проводимость, U – приложенные напряжения и I – токи в электрических цепях, необходимых для получения уравнений поведения объекта.

Прежде чем перейти к конкретному определению физических компонент для вывода уравнений поведения объекта необходимо сделать следующие принципиальные рассуждения и выводы на базе данных выше определений.

Рассмотрим соотношения между любой бортовой системой и объектами этой системы. Пусть задана система, в число компонент которой входит рассматриваемый нами объект контроля, связанный в сети с рядом других объектов, образующих окрестностные условия для рассматриваемого объекта, подлежащего контролю. Функция объекта контроля, как указывалось выше, является одной из частных функций системы, и совокупность всех частных

функций компонент системы обеспечивает выполнение ее общей функции, баланс внутренних и внешних взаимодействий через связи между объектами.

Выполняя определенную функцию, т.е. имея вполне определенный набор компонент и связей, изменяющихся в пределах, в которых этими изменениями можно пренебречь как не влияющими заметно на свойства системы, объект контроля находится в одной из подобластей своих состояний, входящей в область возможных состояний этого объекта.

Функция объекта контроля в системе может выражаться также и в закономерном изменении его состояния при изменении в системе окрестностных условий этого объекта. Такая функция будет представлять собой в области возможных состояний не одно, а множество значений рассматриваемых зависимых переменных. Таким образом, и при неконтролируемом, и при закономерном изменяющемся состоянии объекта контроля, выполняющего свою функцию в системе, которая не может быть охарактеризована область требуемых функциональных состояний объекта контроля, является лишь частью более широкой области возможных состояний этого объекта.

Представим теперь, что объект контроля как одна из компонент системы вынесен за пределы системы. В результате этой операции рвутся связи, и как следствие, нарушается баланс внешних взаимодействий, т.е. ранее занятые связи превращаются в свободные.

Исходя из этих представлений, системную задачу контроля и испытаний сформулируем как проблему установления области требуемых функциональных состояний объекта контроля вне системы, в которую он входит. Эта проблема выдвигает ряд вопросов, без ответов на которые невозможно перейти к формированию ответов на уже поставленные выше вопросы синтеза информации для осуществления контроля объектов ЭТО ЛА.

Для того, чтобы решить проблему установления области требуемых функциональных состояний объекта контроля вне системы, компонентой которой он является , прежде всего, необходимо создать модель отсутствующей системы. При этом ясно, что создать ее нужно такой, чтобы ее свойства обеспечивали наличие особой функции ее отношений к объекту контроля: превратившись в функцию связей, она должна восстановить баланс внешних и внутренних связей и

их физической сущности, нарушенный вследствие отсутствия других компонент (объектов) системы.

А так как внешние связи, потоки энергии, передаваемые на объект контроля и получаемые с него, материальны, то реализовать их можно лишь из реальных материалов и компонент (электрические провода, коммутаторы и т.д.), которые и составляют материальную основу модели – систему контроля. Для того чтобы компоненты системы контроля обладали способностью поддерживать внешние связи и потоки, необходимо сформировать и поддерживать внутренние потоки и связи, основу функционирования которых составляет информационная часть общей модели системы контроля.

Итак, говоря об условиях, при которых возможно создание системы контроля со свойствами, соответствующими объектам систем ЭТО ЛА, мы должны требовать, чтобы совокупность областей ее возможных состояний включала в себя область возможных состояний контролируемого объекта, которая, в свою очередь, должна включать в себя область требуемых функциональных состояний этого объекта. Дополнительно, необходимо, чтобы наличие определенного диапазона измерения внешних условий функционирования системы контроля приводили лишь к размытию области требуемых функциональных состояний, не превышающих допустимых пределов.

Определенное многообразие объектов ЭТО ЛА требует широкого диапазона свойств системы контроля этих объектов, т.е. большой универсальности этой системы. При этом каждому объекту при заданных измерениях условий соответствует своя (как правило, лишь частично известная специалисту) совокупность областей возможных состояний, характеризующих свойства этих объектов.

Для выявлении совокупности областей возможных состояний и области требуемых функциональных состояний, как указано выше, необходима технологическая программа управления объектом контроля, которая ориентирует весь процесс на достижение конечного результата, как осознанной цели, которой соответствует информационная модель данного процесса управления.

Организационные действия совершаются не только одной лишь информационной частью активного центра, а всем аппаратом этого центра системы контроля. Он включает, кроме главной, и ряд вспомогательных систем

информации, свои внутренние каналы связи, блоки переработки информации, ее приема по обратным связям, т.е. активный центр системы контроля это сложно дифференцированная система в системе, где есть свои градации непосредственного и разнообразных опосредствований, которые и объединены более всего в системах информации.

От других типов действий, выражающих зависимости объекта контроля от других подсистем системы контроля, организаторские функции отличаются, главным образом, использованием систем информации и специфических информационных связей.

Таким образом, для целей синтеза тестовой информации объектов и сложных систем ЭТО ЛА предусматривается использование разработанных методических приемов описания объектов и систем на абстрактном языке теории их структурного анализа. Кроме того, в соответствии с введенными определениями и понятиями, необходима разработка (на базе представлений объектов и систем, теории, определяющей взаимодействие информационных структур, т.е. систем информации, с помощью которой можно было бы выявить основную организацию системы контроля и возникающие в ней информационные задачи.

Для решения этих проблем проведем исследование этапов формирования систем информации и их использования, которое привело бы к возможности четкого определения тех алгоритмов, которые необходимы для того, чтобы была реализована система контроля. Сложность работы системы контроля в условиях большого разнообразия объектов, подлежащих контролю, заключается в том, что все возникающие частные интерпретации объектов контроля должны быть определенным образом совмещены друг с другом, чтобы в конечном итоге возникла работа определенного алгоритма, приводящего к конечному результату. Основой такого совмещения, как указывалось выше, является базовое понятие сети и языка электротехники в тензорной интерпретации компонент, физических параметров воздействий и законов поведения.

Рассмотрим общий метод решения типовых информационных задач, которые возникают на всех этапах анализа и синтеза систем информации для обеспечения функционирования систем контроля и диагностики. В частности, определения компонент тензора проводимости Y, тензора управляющих воздействий e, тензора реакции объекта I (функционального модуля). Известно,

что фундаментальным уравнением поведения всего многообразия объектов и систем ЭТО ЛА является единственное инвариантное уравнение, представляющее систему n линейных уравнений (напряжение *e* или тока *I*), которые могут быть представлены в различных конкретных интерпретациях и использованы для решения многих частных проблем.

Для определения физических компонент объекта контроля необходимо произвести моделирование внешних связей, сутью которого являются уменьшение потенциального многообразия физической интерпретации функционирования отдельных электрических цепей. Примером использования такого моделирования является ввод базисного узла в каждый выход электрической цепи через резистор определенного номинала, если в цепи отсутствуют компоненты, обладающие сопротивлением электрическому току, и без резистора, если в цепи имеются компоненты, обладающие таким сопротивлением.

После такого моделирования, используя законы Кирхгофа, определяем проводимость электрических цепей, подготовленных для взаимодействия с системой контроля. Схема моделирования на основе ввода базисного узла, потенциал которого равен нулю, представлена на рис. 4 резисторами R_3, R_{17}, $R_{23\text{-}1}$, R_{19}, R_{26}, R_{28}, $R_{23\text{-}2}$, R_{20}, R_{25}, R_{27}. Ввод базисного узла обусловлен результатом разбиения на электрические цепи, выполненной в предыдущем параграфе настоящей главы. Итак, рассмотрим последовательность этапов вывода уравнения поведения функционального модуля.

На первом этапе, используя понятие элементарной и компанд-сети функционального модуля определяют компоненты трех физических величин *i, r, e*.

Согласно с полученным разбиением сети функционального модуля на электрические цепи преобразуем эту сеть в компанд-сеть, заменив компоненты каждой сети на компанд-компоненты с учетом моделирования внешних связей (рис. 5). Значения сопротивления компанд-компонент сети, представленной на рис.5, определим по алгоритму, использующему введенные выше понятия элементарной сети, тензора соединений и уже упомянутые уравнения, записанные в терминах физических величин *i, r, e*. Покажем действия по этому алгоритму на примере определения значения сопротивления компанд-компоненты для цепи Ш2-15.

Пусть резисторы *R1, R2* и обмотка реле R_{P1} не связаны между собой (рис. 9). Пусть последовательно с каждым из них приложено напряжение и в них протекают токи.

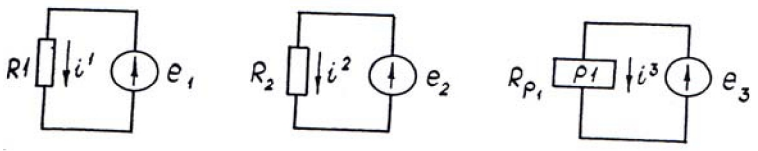


Рисунок 9 - Элементарная сеть электрической сети

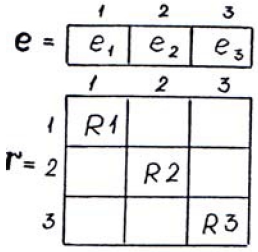
Сеть эквивалентна элементарной контурной сети с тремя контурами, ее уравнения напряжения будут иметь вид:

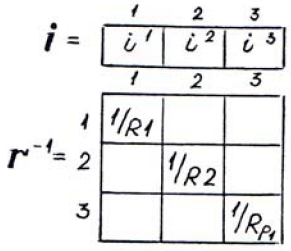
$$e_1=R1\cdot i^1$$

$$e_2=R2\cdot i^2 \qquad (15)$$

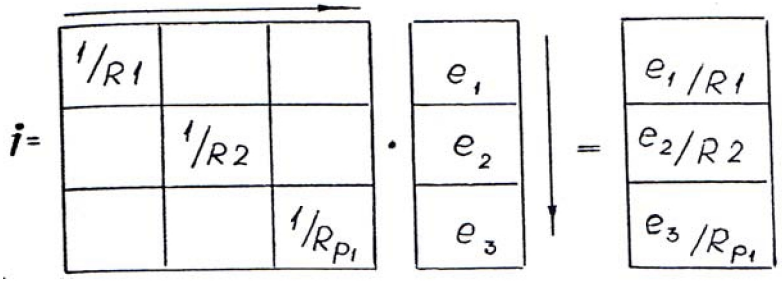
$$e_3=R_{P1}\cdot i^3$$

В терминах физических величин *i, r, e* систему обычных уравнений можно записать следующим образом





Токи определяются из уравнения



Рассмотрим теперь сеть из соединенных компонент, как показано на рис. 5.6а. Дополнительные соединения вводят новые пути токов, кроме того, три приложенных напряжения принимаются равными, т.е. $e_1=e_2=e_3=e$, и соединенными параллельно с компонентами. в связи с таким преобразованием в сети уравнение напряжения может быть выражено через другие токи. Новый ток или в общем случае токи выбирают в соответствии с требованиями рассматриваемой задачи. При этом необходимо выбирать столько новых токов, сколько имеется контуров. Таким образом, поведение электрической цепи (рис. 6,*а*) для нашего примера можно выразить в терминах токов i^1, i^2, i^3. Напомним, что целью проводимого здесь анализа является вывод уравнения реальной взаимосвязанной сети, которое в терминах физических объектов аналогично по форме уравнению элементарной сети, т.е. необходимо определение новых компонент физических величин e', r',i', входящих в уравнение напряжения электрической цепи $e'=r'i'$, соединенных по схеме рис. 6,*а* компонент *R1, R2,* R_{P1}.

При контроле различных цепей всего множества объектов и систем ЭТО ЛА компоненты r' и e известны, а значение i′ неизвестно.

На первом шаге анализа новой сети (рис.6, *а*) устанавливаем новые переменные, т.е. токи. При этом выбранные токи должны быть независимы, а именно, не должно быть прямых или косвенных зависимостей токов друг от друга. Пусть имеется три тока $i^{1'}$, $i^{2'}$, $i^{3'}$, протекающие в компонентах *R1, R2* и в общем проводнике. Таким образом, поведение взаимосвязанной электрической сети выражается через токи $i^{1'}$, $i^{2'}$, $i^{3'}$. Тогда в соответствии с первым законом Кирхгофа ток $i^{3'}$ (рис. 6,*а*) в обмотке реле *I* равен

$$i^3 = i^{3'} - i^{1'} - i^{2'}. \qquad (22)$$

На втором шаге установим соотношение между токами элементарной цепи i^1, i^2, i^3 и $i^{1'}$, $i^{2'}$, $i^{3'}$. При этом старые токи i^1, i^2, i^3 протекают в отдельных компонентах, а новые токи - в любой части сети. Так как токи в компонентах одни и те же до и после соединения, то соотношения получаем в следующем виде:

$$\begin{aligned} i^1 &= i^{1'}, \\ i^2 &= i^{2'}, \\ i^3 &= i^{1'} - i^{2'} + i^{3'}. \end{aligned} \qquad (23)$$

В терминах физических величин инвариантное уравнение токов аналогично системе линейных уравнений $e=z \cdot i$, будет иметь вид:

$$\boldsymbol{i} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 \\ \hline i^1 & i^2 & i^3 \\ \hline \end{array} \,, \qquad \boldsymbol{i}' = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 \\ \hline i^{1'} & i^{2'} & i^{3'} \\ \hline \end{array} \,.$$

Тензор преобразования по двум системам координат C (1, 2,3 и 1, 2, 3) образован коэффициентами при новых переменных ($i^{1'}$, $i^{2'}$, $i^{3'}$) для нашего примера будет иметь вид:

$$\boldsymbol{C} = \begin{array}{c|ccc} & 1' & 2' & 3' \\ \hline 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & -1 & -1 & 1 \end{array}$$

Матрица (27) показывает соотношение между токами элементарной сети, установление которых представляет тривиальную задачу при заданных e и r, и новой сети с теми же компонентами, но новыми путями токов, введенными дополнительными соединениями этих компонент. Итак, установление соотношения между токами элементарной и реальной сети является базовой в установлении законов поведения реального объекта. При этом всякое физическое изменении структуры цепи отображается уравнением в физических объектах.

Таким образом, возможность совместно исследования всего множества электрических цепей с различной структурой, при котором одновременно используются как уравнения поведения (законы Ома и Кирхгофа), так и структуры цепи, определяемые матрицами преобразования C и C_t (обобщающие формулы тензорного анализа сетей Г. Крона), позволяет эффективно и принципиально по-новому решать задачи контроля и диагностики сложных объектов и систем ЭТО ЛА.

2 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ НЕИСРАВНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

2.1 Микропроцессорная Автоматизированная Система Контроля Авионики (МАСКА)

Многообразие и сложность процессов изготовления, технического обслуживания и ремонта электротехнического и пилотажно-навигационного оборудования воздушных судов (ВС), а также все возрастающие требования к его качеству, обеспечивающему безопасность полетов, обусловили широкое применение контрольно-испытательных операций, объем которых постоянно увеличивается как в стоимостном выражении, так и по трудоемкости. Все это породило проблему метрологического обеспечения производства и эксплуатации летательных аппаратов, решение которой связано с созданием высокоэффективных унифицированных средств контроля, диагностики и прогнозирования технического состояния авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, позволяющих снизить трудоемкость и повысить качество приемо-сдаточных испытаний, технического обслуживания и ремонта авиационной техники.

Микропроцессорная Автоматизированная Система Контроля Авионики (МАСКА) является новым универсальным контрольно-измерительным комплексом наземного применения и предназначена для динамического моделирования поведения сложных систем ВС, контроля и диагностики технического состояния бортовых комплексов электрооборудования, а также для контроля логической структуры и качества сети электрических связей, измерения параметров электрических цепей объектов контроля в эксплуатации при техническом обслуживании, ремонте и в производстве аэрокосмической техники. Система включает унифицированный системный коммутатор в составе оптимального сочетания контрольно-измерительного комплекса PXI, сетевого оборудования вычислительной CAN-сети, комплекта локальных интеллектуальных коммутаторов, реализованных на основе современных электронных компонент, измерительных средств и программного обеспечения,

функционирующие в графической программной среде Lab VIEW.под управлением операционной системы WINDOWS – XP.

В системе МАСКА реализована “безбумажная” технология, которая предусматривает использование базы данных предприятия или эксплуатирующей организации, а также возможность создания и ведения базы данных в составе автоматизированного рабочего места (АРМ) инженера-технолога и программного обеспечения МАСКА. Система имеет гибкую структуру и много вариантность комплектации технических и программных средств, в зависимости от решения поставленных задач. На рисунке 2.1.1 представлен вариант структурной схемы системы, предназначенной для решения широкого круга таких задач как:

- контроль логической структуры, качества проводимости и сопротивления изоляции электрических цепей, диагностика неисправностей и прогнозирование технического состояния кабельно-жгутовых изделий в цехе-изготовителе, токораспределительных сетей (фидерных схем) в цехе окончательной сборки на борту и в эксплуатации;

- тестовый контроль, контроль функционирования, диагностика неисправностей и прогнозирование технического состояния электросборок бортовой автоматики (распределительных коробок (РК), электрощитков (ЭЩ), электропанелей (ЭП), приборных досок (ПД) и пр.) при изготовлении и эксплуатации ВС;

- тестовый контроль, контроль функционирования, диагностика неисправностей и прогнозирование технического состояния блоков и готовых изделий бортовых комплексов электрооборудования при изготовлении и эксплуатации ВС, комплектуемые приборостроительными и др. заводами;

- моделирование и имитация неисправностей или критических режимов, а также анализ динамики поведения блоков или сложных комплексов на стимулирующие воздействия;

- автоматизированное проектирование программ контроля по системам, отдельным блокам, электросборкам и другим конструктивно-технологическим единицам;

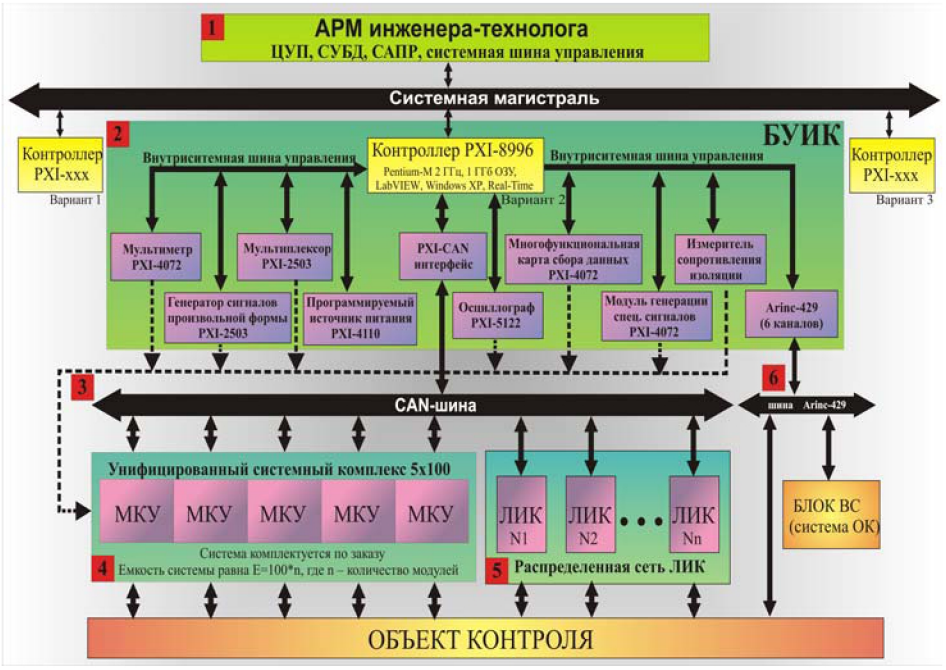


Рисунок 2.1.1 - Вариант структурной схемы и комплектации системы МАСКА

Система “МАСКА” ориентирована для использования в серийных, мелкосерийных и единичных производствах, а также для технического обслуживания при эксплуатации ВС и РКТ различного назначения и решает следующие задачи:

- автоматизированное ведение базы данных по изделиям;

- подготовка и ввод данных по номерам изделий, а также коррекцию данных с учетом текущих изменений и доработок;

- автоматизированное формирование рабочих файлов для контроля и диагностики монтажа электрической сети по следующим идентификаторам: по номерам позиций и/или по маркировки провода и/или по сборочным единицам и номерам изделий и/или по системам и/или др. признакам, если это необходимо;

- автоматизированный расчет активного сопротивления электрической цепи с учетом сечения и длины ее проводников и переходных сопротивлений промежуточных и внешних соединителей (клеммных монтажных колодок, болтовых соединений, промежуточных и выходных разъёмов и т.п.) для контроля качества проводимости электрических цепей;

- автоматизированное проектирование стыковочных карт и программ контроля для сформированных рабочих файлов;

- автоматизированное проектирование программ управления и контроля монтажными операциями на борту;

- управление, загрузку локальных контроллеров, обработку контрольно-измерительной информации и формирование протоколов по результатам контроля;

- управление процессами монтажа на борту с пооперационном контролем монтажных соединений в распределительных коробках, клеммных, болтовых и пр. соединениях, при использовании специального программного обеспечения;

- автоматизированное проектирование программ контроля в режиме “авто-программирования” при подключении бортовой токораспределительной сети или кабельно-жгутовых изделий к системе "МАСКА”;

- контроль правильности функционирования сложных устройств автоматики и авионики;

- контроль параметров (R, L, C) электрических цепей;

- автоматический контроль правильности монтажа токораспределительных систем самолета;

- контроль сопротивления изоляции электрически разобщенных цепей:

а) каждой цепи относительно всех остальных;

б) каждой цепи относительно корпуса изделия;

-диагностику неисправностей и дефектов монтажа в реальных адресах в соответствии с КД на системы самолета (включая промежуточные разъемы) со следующей классификацией дефектов: обрыв провода, перепутывание проводов, ложные перемычки, повреждение изоляции, низкая проводимость;

- определение технического состояния и прогнозирование срока службы изделий после изготовления и после технического обслуживания;

- самоконтроль работоспособности системы во время её функционирования;

- тестовый контроль системы без подключения и с подключением внешних технологических жгутов.

Специальное программное обеспечение предназначено для решения следующих задач при эксплуатации во вне штатных ситуациях:

- использование различных конфигураций систем в “полевых условиях” в качестве бортового тестера;

- использование системы в качестве КПА;

- оценка технического состояния отдельных электрических цепей;

- исполнение всех функций системы МАСКА для отдельных цепей, подключенных к коммутатору системы МАСКА-М.

2.2 Особенности и новизна структурных и схемотехнических решений в системе МАСКА

В основе структурных и схемотехнических решений в системе МАСКА реализован патент на изобретение №2377585 от 27.12.2009 г. “Автоматизированная система контроля монтажа, параметров электрических цепей и диагностики неисправностей сложных устройств электроаппаратуры и токораспределительных сетей”, схема которого представлена на рисунке 2.2.1.

Особенности и новизна структурных и схемотехнических решений в системе МАСКА заключается в следующих теоретических утверждениях, представляющих суть изобретения:

- коммутатор имеет многоуровневую (многослойную) структуру, количество уровней в котором неограниченно, т.е. число m принимает любые значения применяемой при реализации системы счисления;

- каждый уровень (слой) коммутатора по количеству коммутируемых точек не ограничен, так как число n принимает любые значения применяемой при реализации системы счисления, а емкость коммутатора определяется как (n^m);

- каждая выходная точка коммутатора имеет свою коммутационную ячейку, каждая из которых содержит k коммутирующих элементов, определяющих число шин контрольно-стимулирующего сигнала и измерительных шин 2^k, что теоретически позволяет подключать к каждой выходной точке коммутатора неограниченное число источников контрольно-стимулирующих сигналов и контрольно-измерительных средств;

- каждая входная/выходная точка коммутатора подключена в адресную систему опроса наличия контрольно-стимулирующего сигнала, что позволяет прослеживать одновременно наличие сигнала на каждой входной/выходной точке коммутатора, а система формирования адреса точки выдает номера точек коммутатора, на которых имеются сигналы, т. е. непрерывно просматриваются на всех точках коммутатора контрольно-стимулирующие сигналы;

- каждая входная/выходная точка коммутатора в исходном состоянии коммутационной ячейки подключена через высокоомное сопротивление на шину измерения сопротивления изоляции, что позволяет минимизировать число

коммутаций при измерении сопротивления изоляции электрических цепей контролируемого объекта и совместить контроль Rиз. каждого проводника относительно корпуса (земли) и относительно всех проводников;

- коммутатор имеет гибкую программируемость, что позволяет каждой входной/выходной точке принимать различные функциональные назначения в различных и всевозможных сочетаниях;

- возможность коммутации через внутренние шины коммутатора и создание различных конфигураций контрольно-измерительных цепей объекта контроля с целью их достоверного контроля;

- коммутатор имеет возможность по команде “Общего сброса” принимать исходное состояние или каждая точка коммутатора может изменять свое функциональное назначение по соответствующей команде;

- многофункциональность, гибкая программируемость, проблемная ориентация коммутатора с использованием микроконтроллера и интеллектуального CAN-интерфейса определяют его как высокоорганизованную структуру для построения интеллектуальных систем контроля, диагностики и прогнозирования технического состояния сложных объектов бортового оборудования и пилотажно-навигационных комплексов ВС.

Состав структурно-принципиальной схемы системы МАСКА: 1 - блок управления; - 2,4 - блоки ввода и 3 вывода; - 4 - блок стимулирующих сигналов и напряжений; - 5 – блок контрольно-измерительного комплекса электрических параметров; - 6 - системная магистраль информационного обмена; - 7 – коммутатор; - 8 - шина измерительного сигнала; - 9 - шина общая измерения сопротивления изоляции; - 10 …- адресные и управляющие магистральные шины соответственно 10.1-10.n, 11.1-11.k и 11.n.1-11.n.k первого уровня управления, 12.1-12.n и 13.1-13.n второго уровня управления, 14.1-14.n и 15.1-15.n третьего уровня управления, 16.1-16.n и 17.1-17.n четвертого уровня управления и входные - выходные клеммы 18.1-18.n …-18.nm.

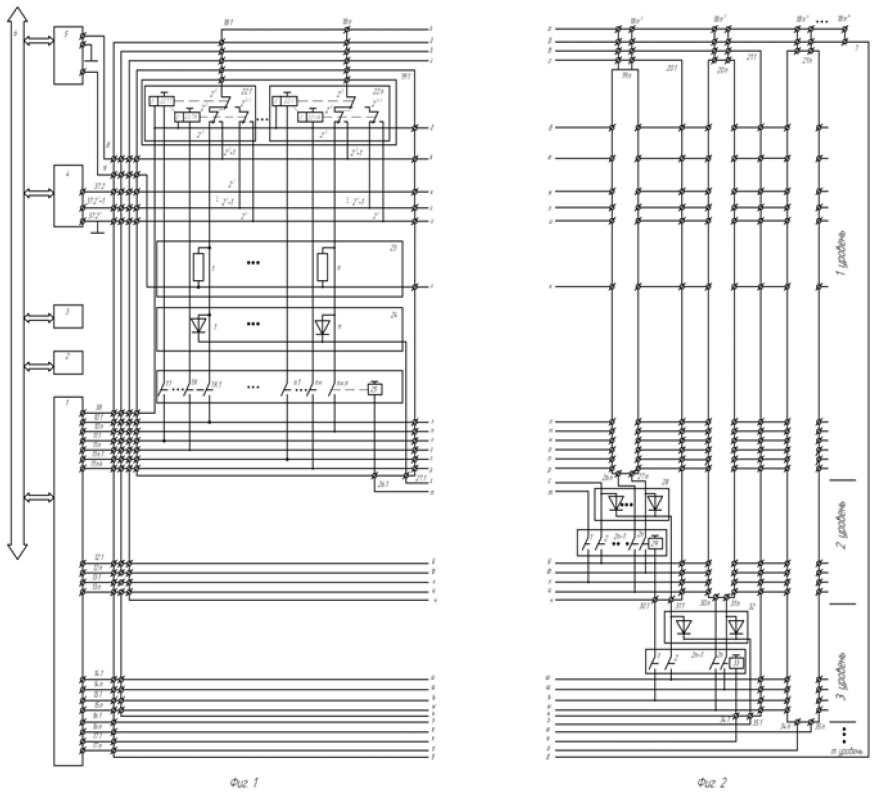


Рисунок 2.2.1 – Структурно-принципиальная схема системы МАСКА

Коммутатор 7 состоит из блоков 19.1-19.n коммутации первого уровня управления, блоков 20.1-20.n коммутации второго уровня управления, блоков 21.1-21.n коммутации третьего уровня управления и т.д. Каждый блок 19.1 коммутации содержит n коммутационных ячеек 22.1-22.n, каждая из которых содержит k коммутирующих элементов 22.1.1-22.1.k с памятью, например, триггер-реле, включенных по схеме пирамидального или матричного дешифратора-мультиплексора, имеющих число групп от 20 до 2k-1 переключающих контактов или по схеме другого логического устройства, резисторную сборку 23 из n резисторов, диодную сборку 24 первого уровня из n

диодов, узел 25 включения первого уровня, содержащий n.k.n. магистральных ключей, и выходы 26.1-26.n, 27.1-27.n для подключения к магистральным шинам второго уровня. Каждый блок 20.1 коммутации второго уровня управления содержит n блоков 19.1-19.n коммутации первого уровня управления, диодную сборку 28 второго уровня, узел 29 включения второго уровня и выходы 30.1-30.n, 31.1-31.n для подключения к магистральным шинам третьего уровня и т.д.

Система работает следующим образом.

В блок 1 общего управления из блока 2 ввода вводятся данные теста контроля в виде последовательности кадров контроля, состоящих из адресов точек входа объекта контроля с указанием параметров стимулирующего сигнала для каждой точки и адресов выходных точек ответного сигнала и измеряемых параметров. Совокупность стимулирующих сигналов определяется программой контроля, последовательное выполнение кадров контроля которой обеспечивает полный контроль правильности функционирования объекта контроля и измерение всех необходимых параметров, определяющих техническое состояние объекта контроля. Адреса точек входа и точек ответного сигнала и измеряемых параметров сформированы поразрядно в соответствии с принятой системой счисления блока 1 общего управления или коммутатора 7, при этом каждый разряд соответствует своему уровню управления коммутаторами.

Так, если для управления коммутатором принята десятичная система счисления (n = 0,1 ... 9), то первый уровень управления обеспечивается декадой единиц, второй - декадой десятков, третий - декадой сотен и т. д., при этом число выходных точек (клемм) коммутатора находится в степенной зависимости от числа уровней управления и равно nm.

Допустим, что коммутатор 7 имеет четыре уровня управления в десятичной системе счисления и нумерацию входных - выходных клемм 18.1-18.104 от 0 до 9999, которые определяются номером тысячи, номером сотни, номером десятка и номером единицы. Блок 1 управления в соответствии с адресами точек входа кадра контрольно-измерительных цепей объекта контроля выдает через входы-выходы 10.1-17.n и шины управления соответственно коды: 17.1-17.n - код тысячи, 15.1-15.n - код сотни, 13.1-13.n - код десятка, 11.1-11.n - код единицы, вызывая срабатывание узлов 25, 29, 33 включения, соответствующих коду на каждом уровне управления, а код единиц первого уровня управления вызывает срабатывание коммутационных ячеек 22.1-22.n и подключение в

соответствии с кадром контроля входных - выходных клемм 18.1-18.nm коммутатора 7 к шинам 37.2-37.2k соответствующих стимулирующих сигналов. Совокупность стимулирующих сигналов в каждом кадре контроля коммутируется с шин 37.2 – 37.2k на соответствующие входные - выходные клеммы 18.1-18.nm (0-9999) коммутатора 7 через коммутирующие элементы 22.1.1-22.1.k … 22.n.1-22.n.k и вызывает срабатывание и функционирование элементов фрагментов схемы или объекта контроля в целом, в результате чего формируются цепи выходных сигналов в объекте контроля, которые последовательно в процессе контроля коммутируются через соответствующие входные - выходные клеммы 18.1-18.nm (0-9999) коммутатора 7 на шину 8 измерительного сигнала, измеряются и контролируются блоком 5, а контрольный сигнал через контролируемую цепь в соответствии с ее конфигурацией приходит на соответствующие входные - выходные клеммы 18.1-18.nm (0-9999) коммутатора 7, через нормально замкнутые контакты коммутационных ячеек 22.1-22.n приходит на диодные сборки 24 первого уровня, на катодах которых формируется сигнал адресов тысяч, и через выходы 35.1-35.n поступает на адресные шины 16.1-16.n тысячи и соответствующие входы блока 1 управления.

Блок 1 общего управления запоминает номера всех тысяч адресных шин 16.1-16.n, на которых появляется адресный сигнал, и выдает код одной из этих тысяч, например младшей, на шины 17.1-17.n управления тысяч, при этом включается соответствующий узел 33 включения третьего уровня и сформированные сигналы адресов сотен в этой тысяче через четные магистральные ключи 2 ... 2n приходят на адресные шины 14.1-14.n и соответствующие входы блока 1 управления.

Одновременно срабатывание узла 33 включения обеспечивает подключение через нечетные магистральные ключи 1 ... 2n -1 управления выходов 30.1-30.n управления узлов 29 включения второго уровня. Блок 1 общего управления запоминает адреса всех сотен адресных шин 14.1-14.n в этой тысяче, на которых появляется адресный сигнал, и выдает код одной из этих сотен, например младшей, на шины 15.1-15.n управления сотен, при этом включается соответствующий этому коду узел 29 включения второго уровня и сформированные сигналы адресов десятков в этой сотне через магистральные ключи приходят на адресные шины 12.1-12.n десятков и соответствующие входы блока 1 общего управления. Одновременно срабатывание узла 29 включения обеспечивает подключение через нечетные магистральные ключи 1 ... 2n-1

управления выходов 26.1 - 26.n управления узлов 25 включения первого уровня управления.

Аналогично блок 1 управления запоминает адреса всех десятков адресных шин 12.1-12.n в этой сотне, выдает код одного из этих десятков (младшего) на шины 13.1-13.n управления десятков, при этом включается соответствующий этому коду узел 25 включения первого уровня и сигнал декады единиц этого десятка через магистральные ключи 1.k.1 - n.k.n. приходят на адресные шины 10.1-10.n единиц и соответствующие входы блока 1 управления, который запоминает адреса всех единиц шин 10.1-10.n в этом десятке и последовательно выдает код этих единиц на шины 11.1-11.k … 11.n.1-11.n.k первого уровня управления, вызывая срабатывание коммутационных ячеек 22, соответствующих этим кодам, через включенные магистральные ключи 11.1-11.k … 11.n.1-11.n.k первого уровня, исключая при этом контрольно-стимулирующий сигнал из адреса ответных точек.

Таким образом, получены адреса младшей тысячи, младшей сотни, младшего десятка и все адреса единиц младшей декады. При этом срабатывание коммутационных ячеек 22 приводит к переключению адресных точек цепи на шину 8 измерительного сигнала и снятию адресных сигналов с диодной сборки этой декады единиц.

Если число запомненных десятков в младшей сотне более одного, то блок 1 управления последовательно включает узлы 25 включения этих десятков этой сотни, получает адреса единиц в каждом десятке и переключает выходные клеммы коммутационных ячеек коммутатора 7 по адресным точкам на шину 8 измерительного сигнала и соответственно происходит снятие адресных сигналов диодных сборок десятков в этой сотне.

Аналогично повторяются поиск адресов для каждой сотни, если их более одной, и для каждой тысячи, если их тоже более одной, и переключение всех адресных точек (выходных клемм) коммутатора для всей цепи. В результате поиска получены все адреса контролируемой цепи, а цепь переключается на шину 8 измерительного сигнала.

Блок 1 управления производит сравнение адресов и параметров контрольно-измерительной цепи с адресами и параметрами, полученными в результате измерения и поиска контрольно-стимулирующих сигналов, и значение

измеренных параметров сравнивает с номинальными и расчетными для данного объекта контроля, анализирует по требуемым критериям и выдает заключение с первого входа-выхода на первый вход-выход блока 3 вывода о правильности электромонтажа, диагностику дефектов (причину несоответствия полученных адресов: “Перепутывание”, “Обрыв”, “Ложный контакт” и т.д. с локализацией неисправного элемента в реальных адресах объекта контроля) и техническое состояние объекта контроля методом сравнения расчетной матрицы параметров контролируемого объекта с реальной матрицей параметров, полученной в результате контроля. Если в процессе эксплуатации объект контроля контролировался системой не менее 3-х раз, то на основе сравнения матриц определяется эволюция каждого параметра матриц и функциональная зависимость значений параметров во времени, а затем методом экстраполяции функции во времени рассчитывается гарантированный срок безотказной работы объекта в целом, т. е. прогнозирование безотказной работы контролируемого объекта.

2.3 Структура и состав комплекса технических средств системы МАСКА

АРМ инженера-технолога предназначен для формирования и хранения конструкторских и технологических документов в электронном виде, а также для обновления, ведения и пополнения хранимой информации и является одной из основных структурных компонент информационного обеспечения производственных задач монтажно-сборочного производства ВС и РКТ и эксплуатирующих организаций аэрокосмической техники. Она составляет основу функционирования конструкторско-технологического и эксплуатационного обеспечения производства, контроля и эксплуатации бортовых комплексов авионики.

АРМ обеспечивает решение следующих задач:

1) Формирование схем и таблиц соединений для проектирования контроля, диагностики и прогнозирования технического состояния ОК, а также для проектирования технологических процессов технического обслуживания ОК ВС и РКТ;

2) Формирование таблиц соединений физических электрожгутов или выделенных структур;

3) Формирование заказных спецификаций по комплектующим изделиям и материалам для сборочно-монтажного производства и в эксплуатации;

4) Проектирование стыковочных карт для подключения электрожгутов и токораспределительных сетей к системам контроля;

5) Проектирование программ контроля электрожгутов и отдельных систем токораспределительной сети для контроля на борту в цехе окончательной сборки и АТБ и др. функции, указанные в описании ПО.

Блок управления, измерения и контроля БУИК реализован на базе стандарта PXI в операционной среде Windows с приложением прикладного графического программирования среды LabVIEW, используемой в системе МАСКА в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа их данных и последующего управления приборами и исследуемыми объектами.

Назначение: - централизованное управление процессами коммутации, измерения, обработки информации и взаимодействия функциональных блоков системы МАСКА;
- измерение параметров электрических цепей;
- обеспечение взаимодействия различных протоколов обмена, в частности, RS-232, USB, CAN-протокол, ARINC-429 и др.;
- обеспечение напряжением питания всех функциональных блоков системы.

В состав БУИК входят (рисунок 2.3.1):
1). Шасси – PXI-1050 PXI/SCXI (комбинированное) 8/4 модулей.
2). Контроллер NI PXI-8196
Контроллер NI PXI-8196 - представляет собой самый высокопроизводительный из доступных на сегодняшний день контроллеров реального времени. Его процессор Pentium M 760 2.0 ГГц позволяет увеличить среднюю производительность систем на 18% по сравнению с предыдущим лидером отрасли.

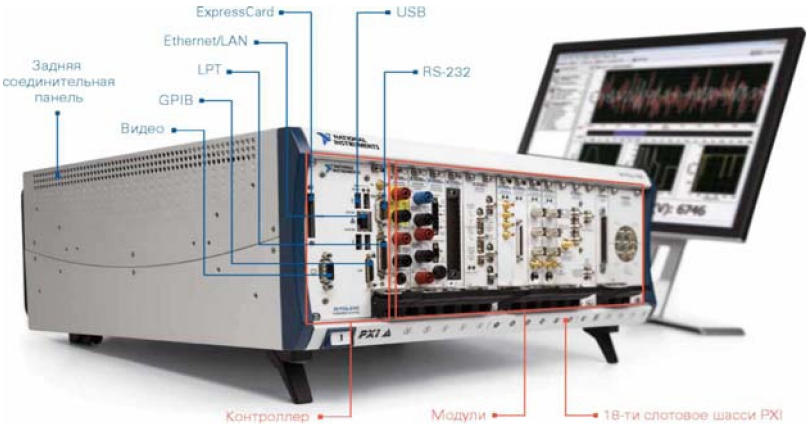


Рисунок 2.3.1 – Шасси PXI-1050 PXI/SCXI с контроллером NI PXI-8196



Рисунок 2.3.2 - Унифицированный системный комплекс УСК

В состав унифицированного системного комплекса (УСК), представленного на рисунке 2.3.2 входят:

- модуль коммутации и управления (МКУ);

- модуль коммутации стимулирующих сигналов (МКС);

- модуль коммутации эталонных значений конструктивных параметров электрических цепей (МКЭ);

- модули других различных функциональных назначений по техническим условиям поставки Заказчика.

УСК предназначен для:

- коммутация электрических цепей сложных устройств в соответствии с программой контроля для определения логики функционирования и конструктивных параметров объекта контроля;

- управление и предварительная обработка процессов контроля по подключенным разъемам объекта контроля к МКУ;

- формирование стимулирующих сигналов различных форм и уровней и коммутация их по выбранным адресам в ОК;

- имитация конструктивных параметров электрических цепей и коммутация их по выбранным адресам в ОК;

- формирование адресов ответных сигналов объекта контроля для обработки измерительной информации и диагностики дефектов.

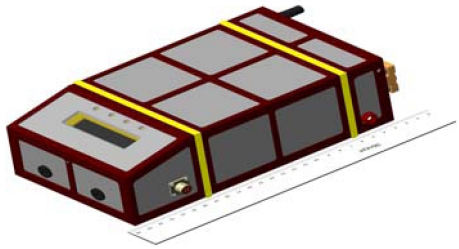


Рисунок 2.3.3 – Локальный интеллектуальный коммутатор ЛИК

Локальные интеллектуальные коммутаторы (ЛИК), внешний вид которого представлен на рисунке 2.3.3, предназначены для организации распределенной структуры системы контроля, которые разнесены на расстояния по подключаемым разъемам ОК с помощью коротких переходных жгутов или без таковых и обеспечивают:

- контроль электрических связей логической структуры бортовой токораспределительной сети, а также кабельно-жгутовых изделий на плазовых столах или на борту в собранном виде;

- контроль проводимости электрических цепей для оценки их качества;

- контроль сопротивления изоляции бортовых систем электрических цепей.

На рисунке 2.3.4 представлен вариант распределенной структуры система МАСКА с радиоканалом CAN-сети для контроля токораспределительных сетей на борту ВС или аналогичных объектов, например, на борту корабля или РКТ.

Каналы по ARINC-429 используются для передачи цифровых данных между элементами и блоками систем авиационной электроники. На бортах летательных аппаратов, гражданских и военных, до 75% цифрового межсистемного обмена приходится на каналы интерфейса ARINC-429, таким образом, этот интерфейс является основным связующим звеном в системах авиа электроники.

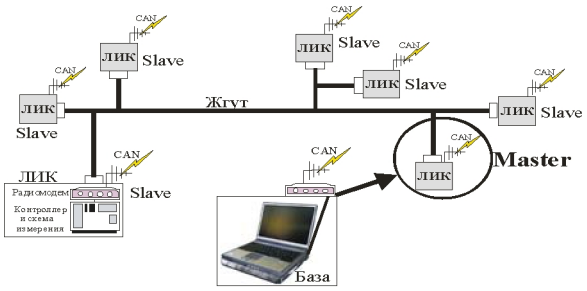


Рисунок 2.3.4 – Вариант распределенной структуры системы МАСКА для контроля токораспределительных сетей и кабельно-жгутовых изделий на борту ВС

Структура программного обеспечения системы МАСКА представлена на рисунке 2.3.5, которая включает в себя совокупность программных подсистем, обеспечивающих ведение и коррекцию базы данных, автоматизацию проектирования информационных массивов, управление и обработку контрольно-измерительной информации и формирование протоколов контроля, диагностики и прогнозирования технического состояния объектов контроля.

Система управления базой данных (СУБД) и программное обеспечение (ПО МАСКА-ЭС) предназначена для автоматизированного ведения базы данных и обеспечивает решение следующих задач:

- подготовку и ввод данных по номерам изделий, а также коррекцию данных с учетом текущих изменений и доработок;

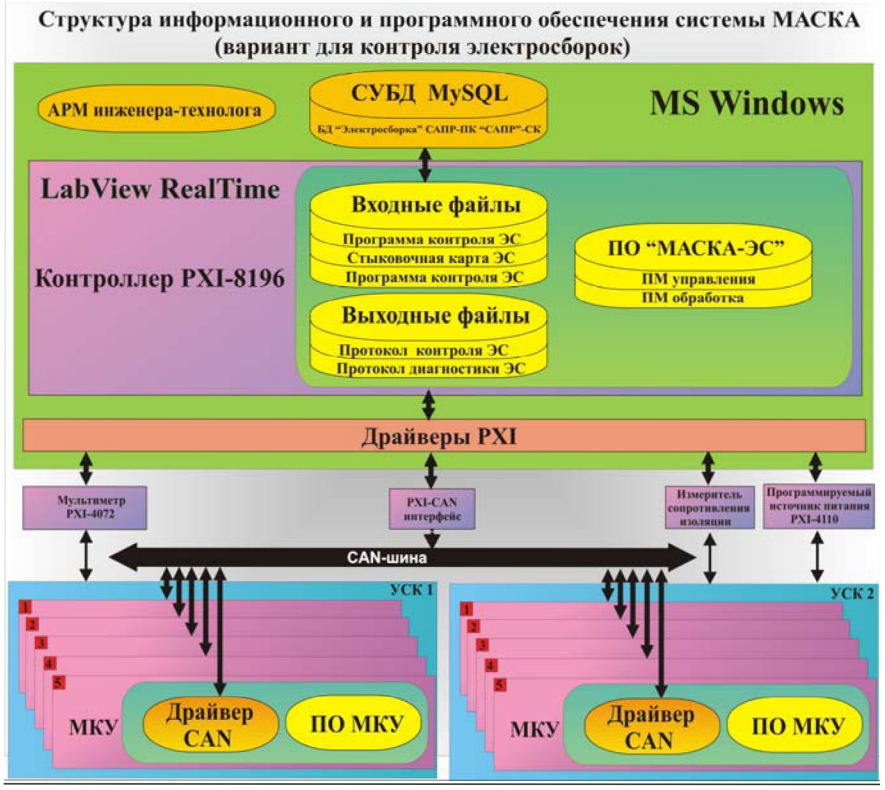


Рисунок 2.3.5 - Структура программного обеспечения варианта системы МАСКА-ЭС для контроля электросборок

- автоматизированное формирование рабочих файлов для контроля и диагностики монтажа электрической сети по следующим идентификаторам: по номерам позиций и/или по маркировки провода и/или по сборочным единицам и номерам изделий и/или по системам и/или др. признакам, если это необходимо;

- автоматизированный расчет активного сопротивления электрической цепи с учетом сечения и длины ее проводников и переходных сопротивлений

промежуточных и внешних соединителей (клеммных монтажных колодок, болтовых соединений, промежуточных и выходных разъёмов и т.п.) для контроля качества проводимости электрических цепей;

- автоматизированное проектирование стыковочных карт и программ контроля для сформированных рабочих файлов;

- автоматизированное проектирование программ управления и контроля монтажными операциями на борту;

- управление, загрузку локальных контроллеров, обработку контрольно-измерительной информации и формирование протоколов по результатам контроля;

- управление процессами монтажа на борту с пооперационном контролем монтажных соединений в распределительных коробках, клеммных, болтовых и прочих соединениях, при использовании специального программного обеспечения.

Программа СУБД предназначена для ведения базы данных, а именно для внесения изменений и (или) редактирования таблиц базы данных и формирования на основании входных данных рабочего набора для программы контроля технического состояния токораспределительной сети летательного аппарата.

Программа включает в свой состав следующие компоненты:

1) Окно приветствия, в котором указывается название и версия программы (рисунок 2.3.6);



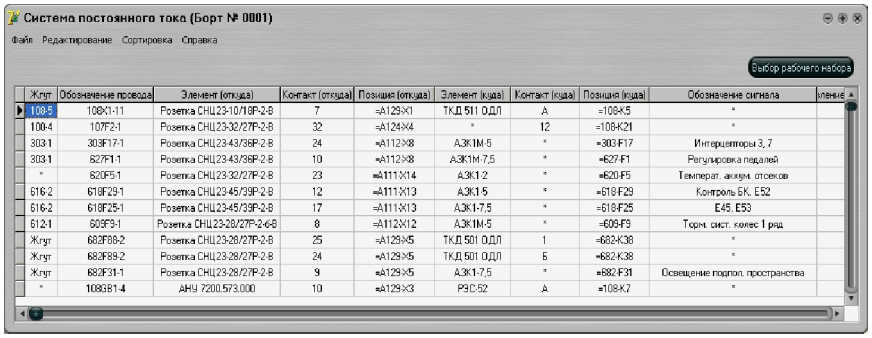
Рисунок 2.3.6 - Окно заставки

2) Окно выбора соответствующей таблицы базы данных (рисунок 2.3.3) - позволяет выбрать из таблиц базы данных таблицу, соответствующую данному ЛА.



Рисунок 2.3.3 - Окно выбора таблицы базы данных

3) Главная форма (рисунок 2.3.4), которая служит для ознакомления и внесения изменений в таблицы базы данных.



Жгут	Обозначение провода	Элемент (откуда)	Контакт (откуда)	Позиция (откуда)	Элемент (куда)	Контакт (куда)	Позиция (куда)	Обозначение сигнала	ление
108-5	108-X1-11	Розетка СНЦ23-10/18Р-2-В	7	=A129-X1	ТКД 511 ОДЛ	А	=108-K5	"	
108-4	107F2-1	Розетка СНЦ23-32/27Р-2-В	32	=A124-X4	"	12	=108-K21	"	
303-1	303F17-1	Розетка СНЦ23-43/36Р-2-В	24	=A112-X8	АЗК1М-5	"	=303-F17	Интерцепторы 3, 7	
303-1	627F1-1	Розетка СНЦ23-43/36Р-2-В	10	=A112-X8	АЗК1М-7,5	"	=627-F1	Регулировка педалей	
"	620F5-1	Розетка СНЦ23-32/27Р-2-В	23	=A111-X14	АЗК1-2	"	=620-F5	Температ. аккум. отсеков	
616-2	618F29-1	Розетка СНЦ23-45/39Р-2-В	12	=A111-X13	АЗК1-5	"	=618-F29	Контроль БК, Е52	
616-2	618F25-1	Розетка СНЦ23-45/39Р-2-В	17	=A111-X13	АЗК1-7,5	"	=618-F25	Е45, Е53	
612-1	609F9-1	Розетка СНЦ23-28/27Р-2-6-В	8	=A112-X12	АЗК1М-5	"	=609-F9	Торм. сист. колес 1 ряд	
Жгут	682F88-2	Розетка СНЦ23-28/27Р-2-В	25	=A129-X5	ТКД 501 ОДЛ	1	=682-K38	"	
Жгут	682F88-2	Розетка СНЦ23-28/27Р-2-В	24	=A129-X5	ТКД 501 ОДЛ	Б	=682-K38	"	
Жгут	682F31-1	Розетка СНЦ23-28/27Р-2-В	9	=A129-X5	АЗК1-7,5	"	=682-F31	Освещение подпол. пространства	
"	108G81-4	АНУ 7200.573.000	10	=A129-X3	РЭС-52	А	=108-K7	"	

Рисунок 2.3.4 - Главная форма программы

Окно имеет систему меню, которое включает в себя: меню "Файл", "Редактирование", "Сортировка", "Справка". Пункт "Редактирование" содержит подпункты: добавить запись, редактировать запись, удалить запись. Подпункты, входящие в состав меню "Сортировка" позволяют упорядочить данные таблиц базы данных. Справка описывает основные возможности программы и решение возможных трудностей, возникающих в процессе работы (рисунок 2.3.5).

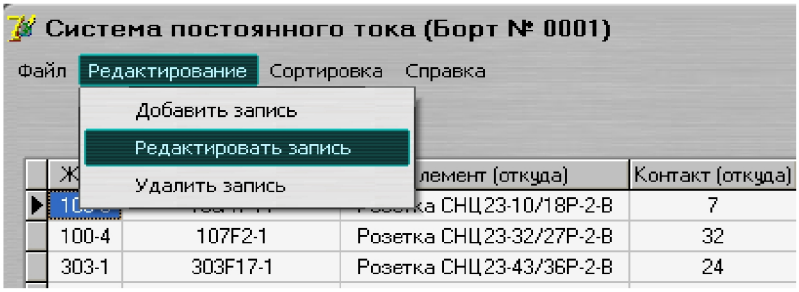


Рисунок 2.3.5 - Меню главной формы

4) Окно редактирования (рисунок 2.3.6), которое служит для внесения изменений и добавления данных в таблицы БД.

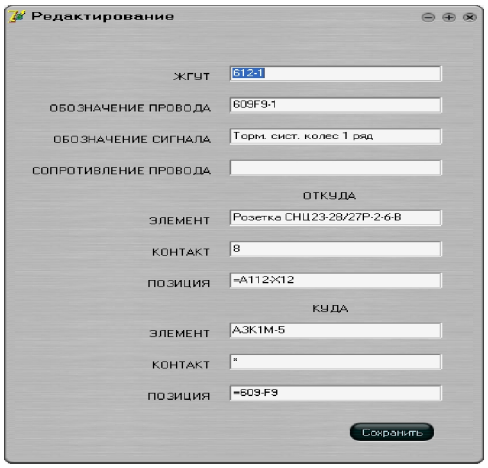


Рисунок 2.3.6 - Окно редактирования

5) Окно формирования рабочего набора для программы контроля

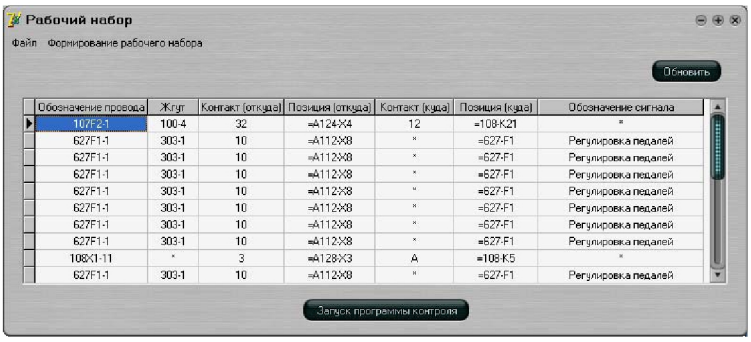


Рисунок 2.3.7 - Окно формирования рабочего набора

формирует таблицу базы данных, содержащую рабочий набор, необходимый для формирования выходных данных программы (рисунок 2.3.7).

6) Форма формирования рабочего набора включает в себя следующий набор компонентов, позволяющих составить рабочий набор по следующим параметрам:

- по обозначению провода (рисунок 2.3.8);

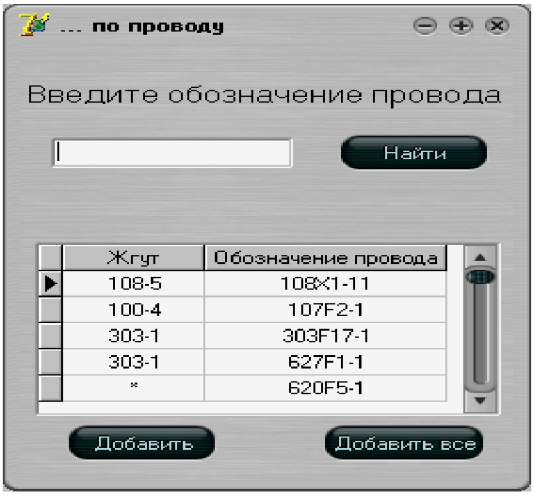


Рисунок 2.3.8 - Формирование рабочего набора по обозначению провода

- по обозначению жгута (рисунок 2.3.9);

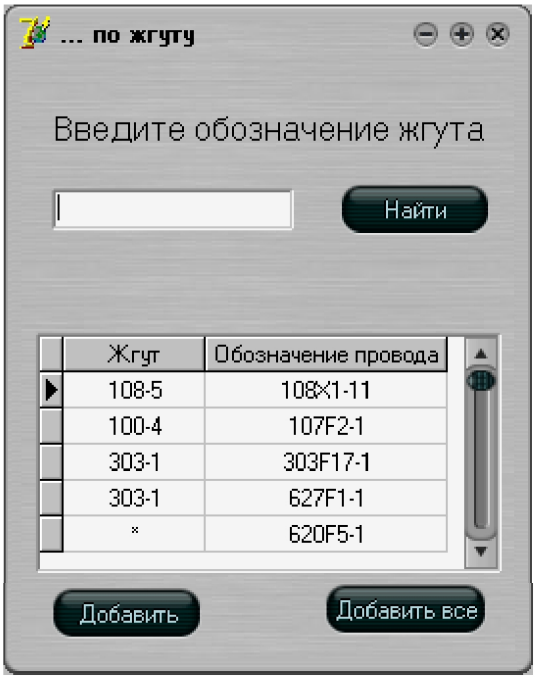


Рисунок 2.3.9 - Формирование рабочего набора по обозначению жгута

- по позиции (рисунок 2.3.10);

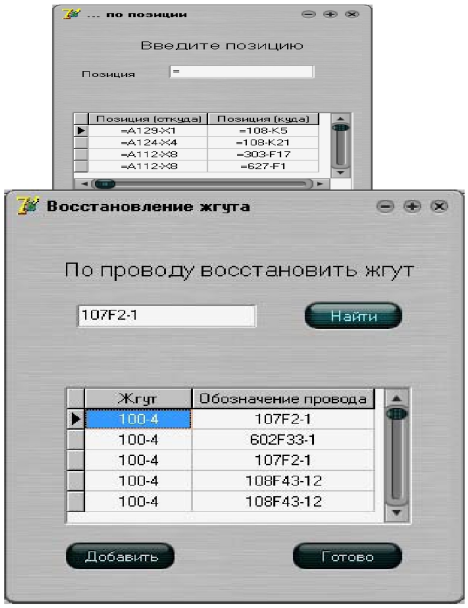


Рисунок 2.3.10 - Формирование рабочего набора по позиции

а также позволяет

восстановить жгут по проводу, входящему в его состав (рисунок 2.3.11).

Рисунок 2.3.11 - Восстановление жгута по проводу

Логическая структура программы.

Программа работает с множеством таблиц базы данных, которые различаются по системам самолёта и принадлежности конкретному борту. Выбор таблицы БД осуществляется на первой форме программы (рисунок 2.3.3). После нажатия на кнопку «Далее» открывается главная форма программы (рисунок 2.3.4), которая позволяет работать с выбранной таблицей базы данных. Форма формирования рабочего набора отображает таблицу БД, которая включает выходной набор данных для контроля выбранной системы самолёта. Таблица очищается при каждом запуске программы. Таблица формируется путём выбора оператором данных по тем или иным критериям (по обозначению провода, по обозначению жгута, по позициям). Предлагается, также, формирование выходного набора данных по номеру чертежа и по названию РК, входящей в состав выбранной системы.

Входные и выходные данные.

Характер, организация и предварительная подготовка входных данных осуществлялась на этапе проектирования БД, который включил в себя изучение исходных документов и комплектов документации на систему распределения электрической энергии постоянного тока самолёта Ан-124, с целью определения

информационных массивов и структуры данных. Была разработана структура и формат данных для задач диагностирования и контроля. Входными данными для программы является таблица table1 базы данных DB (формат Access 2000).

Сформированные выходные данные во время работы программы хранятся в таблице RN базы данных DB.

Вызов и загрузка.

Программа, как и файл базы данных для корректной работы на данный момент должна находиться по адресу D:\DB124\.

Исполняемый файл программы - Project1.exe, файл базы данных - DB.mdb. Таблица исходных данных - table1, таблица выходного набора данных - RN.

Размер программы СУБД – 1,33 мегабайт, размер БД – определяется наличием свободного объема памяти на диске ПК.

Программное обеспечение системы МАСКА предназначено для управления техническими средствами системы МАСКА и процессами управления, преобразования и обработки информационных потоков, обеспечивающих контроль, диагностику и проведение технического обслуживания ВС и включает в себя:

- системное программное обеспечение МАСКА-ПО;
- объектно-ориентированное программное обеспечение;
- прикладное программное обеспечение для контроллеров МКУ и ЛИК;
- сетевое программное обеспечение локальной вычислительной сети;
- тестовое программное обеспечение.

Системное программное обеспечение МАСКА-ПО реализовано в программной графической среде Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (Lab VIEW), с помощью которой можно создавать приложения, используя графическое представление всех элементов алгоритмов контроля функционирования, диагностирования, моделирования и прогнозирования технического состояния ОК.

LabVIEW-программа называется виртуальным прибором (ВП), так как внешний вид и функциональность повторяют традиционный физический прибор,

такой как осциллограф или мультиметр. LabVIEW содержит большой набор инструментов для сбора данных, обработки (анализа), отображения и архивирования. В LabVIEW встроены средства поиска и разбора ошибок, отладки кода. В LabVIEW создается интерфейс пользователя, или лицевая панель ВП, при помощи многочисленных управляющих элементов и индикаторов. К управляющим элементам относятся лимбы, ручки регулировки, тумблеры, кнопки и т.д., к индикаторам – графики, лампочки и другие элементы отображения. После того, как лицевая панель создана, определяется функциональность ВП, задаваемая блок-диаграммой. Для этого на блок-диаграмму помещаются другие ВП и структуры LabVIEW для управления элементами лицевой панели, т.е. программный код, определяющий программу. Таким образом, код программы в LabVIEW – это привычная для инженера блок-схема.

Поскольку LabVIEW не является текстовым языком программирования, его код не может выполняться «строка за строкой». Принцип, который управляет выполнением программы LabVIEW, называется потоком данных: код узла выполняется только тогда, когда данные поступили на все его входы; по окончании выполнения узел передает данные на свои выходы, и данные немедленно поступают на входы следующих приемников. Этот принцип отличается от обычного принципа потока управления, когда команды выполняются в той последовательности, в которой они были написаны.

LabVIEW особенно удобно использовать для связи с такими аппаратными средствами, как встраиваемые в персональный компьютер измерительными платами, платами захвата видеоизображения и управления движением, приборами, подключаемыми к персональному компьютеру через стандартные интерфейсы: GPIB (КОП), PXI, VXI, RS-232/485 и т.д.

Процесс измерения реального сигнала начинается с работы датчиков, которые воспринимают действие физических явлений и преобразуют их в электрические сигналы. Чтобы взаимодействовать с датчиками, LabVIEW управляет платами ввода/вывода для считывания входных аналоговых сигналов и формирования выходных сигналов. Для этого нужна многофункциональная плата ввода/вывода, компьютер с установленной средой LabVIEW и драйверами используемой платы, а также соединение датчика с платой.

Общие требования, предъявляемые к разрабатываемой панели управления:

- обеспечение максимальной управляемости системы;
- наглядное отображение происходящих действий и процессов;
- универсальный алгоритм, позволяющий расширить область применения данной программы;
- эргономичное расположение органов управления и индикаторов для максимально удобной эксплуатации системы.

На практике для различных вариантов систем МАСКА разрабатывается своя панель управления, наиболее в полной мере отвечающая требованиям конкретного варианта системы. На рисунке 2.3.12 представлена панель управления системы МАСКА для контроля электросборок.

Функционально приборная панель системы МАСКА состоит из трех частей, выстроенных по вертикали, каждая часть из которых содержит:

- первая функциональная часть по вертикали панели управления представляет входную информацию и стимулирующие воздействия на объект контроля:

«Вкл/Выкл. МАСКА», «Разработчик», «Программа контроля», «Входной стимулирующий сигнал» и пр.;

- вторая часть панели представляет все элементы управления взаимодействия системы, загрузку системы решаемыми задачами, установку режимов работы, состояние ОК в текущий момент времени контроля и пр. функции по управлению системой и ОК: «Вход в систему», «Контроль», «Режим работы системы МАСКА», «Режим контроля», «Режим имитации контроля», «Выбор объекта контроля», «Выбор объекта имитации», «Тест», «Тестирование», «Режим тестирования», «Режим имитации тестов», «Состояние схемы контролируемого объекта»;

- третья часть панели представляет работу и состояние коммутаторов, наличие стимулирующих воздействий, форму и уровень ответных сигналов, и др. информацию по выходным параметрам ОК: «Состояние коммутатора», «Выходной контролируемый сигнал» и пр.

Таким образом, панель разбита на три информационных составляющих: о взаимодействии входных воздействий на объект контроля в виде программы

контроля и характеристикой стимулирующих сигналов, режимов работы системы МАСКА и состояние схемы контролируемого объекта в текущий момент времени, состояние коммутатора и характеристику контролируемого сигнала.

Но такое функциональное разделение полей панелей управления является рекомендуемым и по согласованию с пользователем системы МАСКА могут быть реализованы различные варианты панелей управления, в зависимости от требований Заказчика.

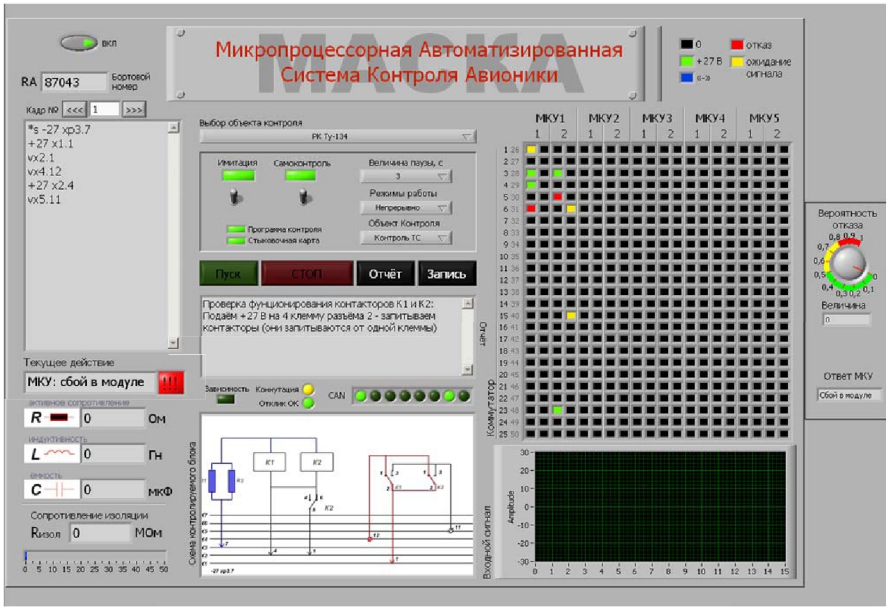


Рисунок 2.3.12 – Унифицированная панель управления системы МАСКА ЭС для контроля электросборок

Объектно-ориентированное программное обеспечение включает перечень программ на каждый объект контроля на объектно-ориентированном языке системы МАСКА и описывает все процессы контроля и тестирования на достаточно доступных для инженеров-электриков алфавите и определениях.

Методика составления программ контроля изложена в руководстве применения (МАСК 10 20 00 000 – 05).

Сетевое программное обеспечение предназначено для организации информационного обмена в распределенной структуре системы контроля токораспределительных сетей и электросборок.

Драйверы системы МАСКА прошиты в ПЗУ каждого модуля системы и обеспечивают физическую, логическую и программную совместимость взаимодействия всех функциональных элементов в общей структуре системы МАСКА. (Описание вычислительной сети рассмотрено в разделе 3.)

Тестовое программное обеспечение выполняет тестирование системы на различных уровнях:

- тестирование точек коммутации;
- тестирование точек коммутации с контрольно - технологическим жгутом;
- тестирование сопротивления изоляции коммутаторов УСК и ЛИК.

3 ВАРИАНТЫ КОМПЛЕКТАЦИИ И ПРИЛОЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ МАСКА

3. 1 Бортовой тестер для контроля качества электрических цепей распределенных сетевых структур

Многофункциональность аппаратно-программных средств, унификация схемотехнических и конструктивных решений и гибкость структуры микропроцессорной автоматизированной системы контроля авионики МАСКА [1], позволяют комплектовать варианты системы для решения различных задач производства, эксплуатации и ремонта аэрокосмической и другой техники. Рассмотрим вариант системы МАСКА в комплектации бортового тестера для контроля качества электрических цепей таких объектов контроля как бортовая токораспределительная сеть воздушных и морских судов, ракетно-космической и др. габаритной техники, имеющей распределенную сетевую структуру в тысячи и десятки тысяч цепей, имеющих выходы на разъемные или клеммные соединители. Бортовой тестер представляет собой вычислительную контрольно-измерительную сеть локальных интеллектуальных коммутаторов (ЛИК) на базе портативного компьютера Note Book (рисунок 3.1.1) и предназначен для организации распределенной структуры системы контроля с целью контроля качества и оценки технического состояния (ТС) электрических цепей кабельно-жгутовых изделий и токораспределительных бортовых сетей и обеспечивает:

- взаимодействие и работу контроллеров ЛИК по радиоканалу или проводной связи в стандарте CAN-протокола в режимах Master (Управлять) и Slave (Подчиняться);

- контроль логической структуры электрических цепей и диагностику неисправностей;

- измерение активного сопротивления электрических цепей, сравнение их с расчетными с учетом переходных сопротивлений и определение качества их проводимости;

- измерение сопротивления изоляции электрических цепей выделенной электрической цепи по отношению к остальным и по отношению к корпусу,

экрану или заземляющему контуру и определение качества сопротивления изоляции;

- формирование контрольно-измерительной информации в цифровой форме и протокола технического состояния электрических цепей контролируемого объекта.

В качестве объектов контроля (ОК) могут быть выделенная структура бортовой токораспределительной сети, фидерная схема, электрожгуты и их компоновки, разъемы, контакты, клеммные, болтовые и другие все возможные электрические соединения.

Модуль ЛИК является универсальным структурным блоком, обладающим большим набором функций для организации контроля распределенных сетевых структур и представляет собой автономный микропроцессорный блок с контрольно-измерительным коммутатором. Объединение всех модулей в сетевую структуру позволяет получить единый контрольно-измерительный комплекс.

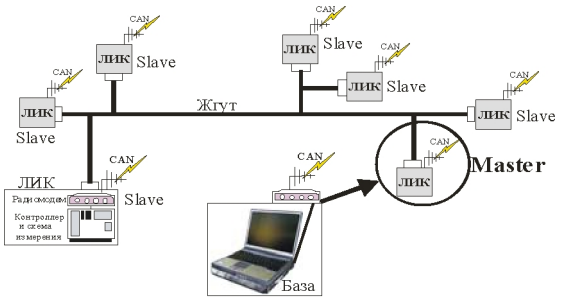


Рисунок 3.1.1 – Бортовой тестер в составе распределенной вычислительной сети локальных интеллектуальных коммутаторов ЛИК

3.1.1 Локальный интеллектуальный коммутатор ЛИК

Каждый ЛИК конструктивно имеет три варианта исполнения: - на 64 (2х32 – разъемы типа РМД), 100 (2х50 – разъемы типа РМ или один 6Р100) или 122 (2х61 – разъемы типа СНЦ) точек коммутации в зависимости от технических требований заказчика и состоит из контроллера, 2-х аккумуляторов, блока питания, схем коммутации, измерения, индикации, приемопередатчика и обеспечивает:

- работу в распределенной вычислительной сети системы контроля;
- коммутацию контрольно-стимулирующих сигналов и поиск ответных сигналов;
- измерение активных сопротивлений электрических цепей;
- контроль сопротивления изоляции электрических цепей;
- передача контрольно-измерительной информации в Note Book;
- самотестирование и контроль работоспособности ЛИК в автономном режиме с подключением эталонного электрожгута или специальной заглушки.

На рисунке 3.1.4 представлена функциональная схема ЛИК, в которой основным функциональным блоком является однокристальный микроконтроллер, в ПЗУ которого записаны драйвер CAN-протокола для сетевого обмена, программы управления, коммутации и оптимального поиска адресов контрольно-измерительного сигнала, программы управления процессом измерения, преобразования и передачи контрольно-измерительной информации, программы тестирования и компенсации внутреннего сопротивления ключей коммутатора. Измерительный контур создается высокостабильными ключами коммутатора с использованием контролируемой цепи и корпуса ОК (заземляющий контур, экран), а измерительный сигнал формируется высокоточным стабилизатором тока с последующим преобразованием в цифровую форму представления измеряемого активного сопротивления цепи с точностью до 0, 01 Ом. При измерении сопротивления изоляции один из адресов контролируемой цепи коммутируется на измеритель $R_{из.}$, а остальные остаются разомкнутыми. Таким образом, между контролируемой цепью, всеми электрическими цепями, и корпусом ОК фиксируются только токи утечки, значение которых преобразовывается в цифровую форму и контролируется по фиксированным значениям: 20 Мом ± 10%, 50 Мом ± 10%, 100 Мом ± 10% при напряжении 250 В.

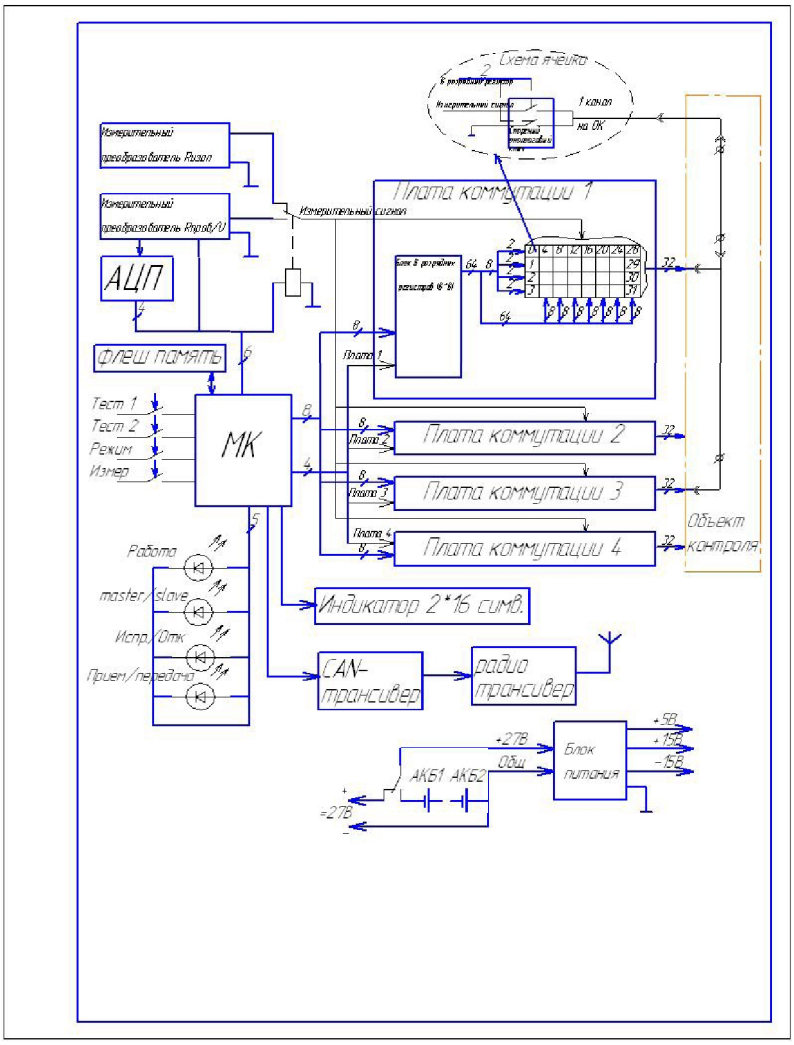


Рисунок 3.1.4 - Функциональная схема ЛИК

В схему ЛИК включены светодиодные индикаторы режимов работы и светодиодная матрица размерностью 2 строки по 16 символов, индицирующая текущее состояние процессов коммутации, измерений, контроля и тестирования. Корпус ЛИК (рисунок 2.4) пылезащитный, выдерживает механические нагрузки, удары, вибрацию, обеспечивает, помехозащищенность и безотказную работу при эксплуатации в условиях авиационных технических баз (АТБ) в различное время года. Прочность конструкции и надежность ЛИК достигается за счет конструктивных и схемотехнических решений, применяемых комплектующих электронных компонент и материалов, технологий изготовления и элементов амортизации.

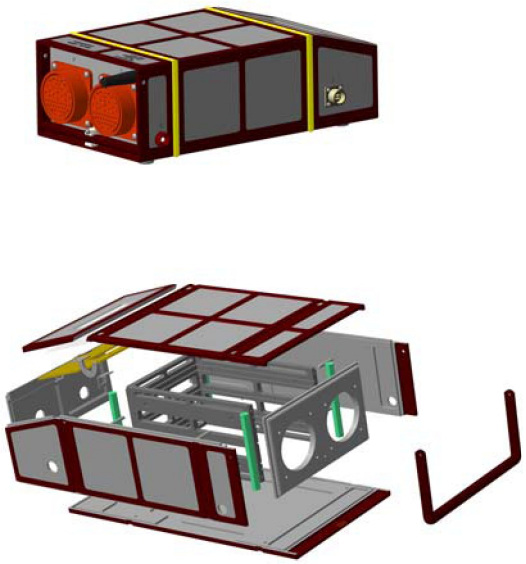


Рисунок 3.1.1.2 – Внешний вид и конструктивное исполнение локального интеллектуального коммутатора ЛИК

Автономность модуля ЛИК обеспечивается радиоканалом и питанием от 2-х аккумуляторных батарей Li-ионного типа емкостью 3 А/ч. Ток потребления

каждым модулем ЛИК в активных режимах Master и Slave составляет не более 300 мА, а в пассивных режимах “Прослушивание” ток потребления не превышает 70 мА

В каждый момент времени при контроле работают только два ЛИК, а остальные находятся в режиме “Прослушивание”. Каждый ЛИК имеет разъём на передней панели для подзарядки аккумуляторной батареи во время хранения по типу переносной телефонной трубки.

При использовании только радиоканала разъемы типа РС-4 на боковых панелях ЛИК, предназначенные для информационного канала “витая пара” и внешнего питания, не устанавливаются.

Сетевое программное обеспечение согласовывает работу всех узлов CAN-сети с портативным компьютером Note Book и выполняет следующие задачи:

- с портативного компьютера Note Book или ПЭВМ загружает в режиме последовательного обмена по радиоканалу модули ЛИК текущими задачами и необходимой информацией;

- согласовывает взаимодействие и работу модулей ЛИК в процессе контроля;

- обеспечивает передачу с любого узла сети и в любой последовательности контрольно-измерительной информации и прием её в Note Book или в ПЭВМ.

Прикладные программы обеспечивают работу модулей ЛИК в различных режимах работы, как в автономном режиме, так и в структуре вычислительной сети.

Тестовые программы обеспечивают контроль работоспособности функциональных узлов и модуля ЛИК в целом, а также измерение внутренних сопротивлений ключей коммутатора при температуре окружающей среды для их компенсации при контроле активных сопротивлений электрических цепей.

3.1.2 Вычислительная сеть локальных интеллектуальных коммутаторов ЛИК

Описание протокола обмена CAN-интерфейса.

CAN (Control Area Network) - последовательная магистраль, обеспечивающая увязку в сеть "интеллектуальных" устройств ввода/вывода, датчиков и исполнительных устройств некоторого механизма или даже предприятия. Характеризуется протоколом, обеспечивающим возможность нахождения на магистрали нескольких ведущих устройств, обеспечивающим передачу данных в реальном масштабе времени и коррекцию ошибок, высокой помехоустойчивостью. Система CAN обеспечена большим количеством микросхем, обеспечивающих работу подключенных к магистрали устройств, разработку которых начинала фирма BOSH для использования в автомобилях, и в настоящее время широко используемых в автоматизации промышленности. Цоколевка разъема приведена на рисунке 3.1.2.1

Стандарт	ISO 11898
Скорость передачи	1 Мбит/с (максимум)
Расстояние передачи	1000 м (максимум)
Характер сигнала, линия передачи	дифференциальное напряжение, скрученная пара
Количество драйверов	64
Количество приемников	64
Схема соединения	полудуплекс, многоточечная

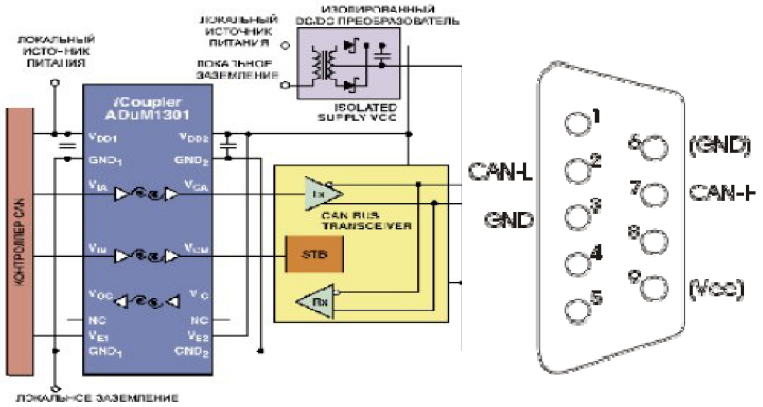
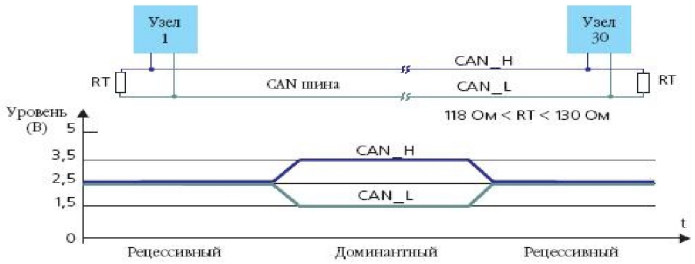


Схема включения и битовые уровни по ISO 11898



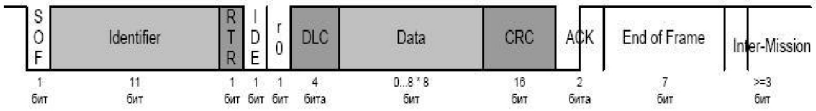


Рисунок 3.1.2.1 – Аппаратные средства, цоколевка разъема, схема включения и формат сообщения протокола CAN

• Предназначен для организации высоконадежных недорогих каналов связи в распределенных системах управления. Интерфейс широко применяется в промышленности, энергетике и на транспорте. Позволяет строить как дешевые мультиплексные каналы, так и высокоскоростные сети.

• Скорость передачи задается программно и может быть до 1 Мбит/с. Пользователь выбирает скорость, исходя из расстояний, числа абонентов и емкости линий передачи.

Расстояние, м	5	0	00	50	00	000	500	000
Скорость, Кбит/с	000	00	00	50	25	0	0	0

• Максимальное число абонентов, подключенных к данному интерфейсу фактически определяется нагрузочной способностью примененных приемопередатчиков. Например, при использовании трансивера фирмы PHILIPS PCA82C250 она равна 110.

• Протокол CAN использует оригинальную систему адресации сообщений. Каждое сообщение снабжается идентификатором, который определяет назначение передаваемых данных, но не адрес приемника. Любой приемник может реагировать как на один идентификатор, так и на несколько. На один идентификатор могут реагировать несколько приемников.

• Протокол CAN обладает развитой системой обнаружения и сигнализации ошибок. Для этих целей используется поразрядный контроль, прямое заполнение битового потока, проверка пакета сообщения CRC-полиномом, контроль формы пакета сообщений, подтверждение правильного приема пакета данных. Хемминговый интервал d=6. Общая вероятность необнаруженной ошибки $4.7x10^{-11}$.

• Система арбитража протокола CAN исключает потерю информации и времени при "столкновениях" на шине.

• Интерфейс с применением протокола CAN легко адаптируется к физической среде передачи информации. Это может быть дифференциальный сигнал, оптоволокно, просто открытый коллектор и т.п. Несложно делается гальваническая развязка.

• Элементная база, поддерживающая CAN, широко выпускается в индустриальном исполнении.

.

Протокол обмена CAN 2B - последовательный протокол связи, который эффективно поддерживает распределенное управление в реальном масштабе времени с высоким уровнем безопасности.

Область применения - от высокоскоростных сетей до дешевых мультиплексных шин. В автоматике, устройствах управления, датчиках используется CAN со скоростью до 1 Mbit/s.

Задача данной спецификации состоит в том, чтобы достигнуть совместимости между любыми двумя реализациями CAN - систем. Однако, совместимость имеет различные аспекты относительно, например электрических элементов и интерпретации данных, которые будут передаваться. Для достижения прозрачности проекта и гибкости реализации, CAN был подразделен на различные уровни согласно модели ISO/OSI:

- Уровень передачи данных (Data Link Layer);
- Подуровень логического управления линией (LLC);
- Подуровень управления доступом к среде передачи (MAC);
- Физический Уровень (Physical Layer).

Обратите внимание, что в предыдущих версиях спецификации CAN функции LLC и MAC подуровней, уровня передачи данных, были описаны в уровнях, обозначенных как 'объектный уровень ' и 'канальный уровень'.

Область LLC подуровня:

- обеспечение сервиса для передачи данных и для удалённого запроса данных.
- решение, какие сообщения, полученные LLC подуровнем, должны быть фактически приняты.
- обеспечение средствами для управления восстановлением и уведомления о перегрузке.

Область MAC подуровня главным образом - протокол передачи, то есть: арбитраж, проверка на ошибки, сигнализация и типизация ошибок. Внутри MAC

подуровня решается, является ли шина свободной для начала новой передачи или возможен только приём данных. В MAC подуровень также включены некоторые элементы битовой синхронизации. Всё это находится внутри MAC подуровня и не имеет никакой возможности к модификации.

Область физического уровня - фактическая передача битов между различными узлами с соблюдением всех электрических правил. Внутри одной сети, физический уровень одинаков для всех узлов. Однако существует свобода в выборе физического уровня. Цель этой спецификации - определить MAC подуровень и небольшую часть LLC подуровня уровня передачи данных и описать действие протокола CAN на окружающие уровни

Основные характеристики:
- приоритетность сообщений;
- гарантированное время отклика;
- гибкость конфигурации;
- групповой прием с синхронизацией времени;
- система непротиворечивости данных;
- мультимастер;
- обнаружение ошибок и их сигнализация;
- автоматическая ретрансляция испорченных сообщений, как только шина снова станет свободной;
- различие между нерегулярными ошибками и постоянными отказами узлов и автономное выключения дефектных узлов;

Послойная архитектура CAN - сети согласно модели OSI.

- Физический уровень определяет, как сигналы фактически передаются и, следовательно, имеет дело с описанием битовой синхронизации и кодирования битов. Внутри этой спецификации характеристики передатчика / приемника физического уровня не определены, чтобы позволить среде передачи и реализации уровня сигнала быть оптимизированными для конкретных систем.

- MAC подуровень представляет собой ядро протокола CAN. Он передает сообщения, полученные от LLC подуровня, и принимает сообщения, которые будут переданы к LLC подуровню. MAC подуровень ответственен за арбитраж, подтверждение, обнаружение ошибок и их сигнализацию.

- LLC подуровень - имеет отношение к фильтрации сообщений, уведомлению о перегрузке и управлению восстановлением.

Информация на шине представлена в виде фиксированных сообщений различной, но ограниченной длины. Когда шина свободна, любой подключённый узел может начать передавать новое сообщение.

Информационная маршрутизация. В системах CAN, нет никакой информации относительно конфигурации системы (например, адрес узла). Это имеет несколько важных следствий:

Гибкость системы. Узлы могут быть добавлены к CAN - сети без изменения программного обеспечения и аппаратных средствах любого узла или прикладного уровня.

Маршрутизация сообщения. Содержание сообщения определяется идентификатором. Идентификатор не указывает адресата сообщения, но описывает значение данных, так, чтобы все узлы в сети были способны решить фильтрацией, должны ли они воздействовать на данное сообщение или нет.

Групповая обработка. Любое число узлов может получать и одновременно воздействовать на одно и то же сообщение.

Непротиворечивость данных. Внутри CAN-сети гарантируется, что сообщение одновременно принято или всеми узлами или ни одним узлом.

Скорость передачи информации в битах. Скорость CAN может быть отлична в различных системах. Однако в конкретной сети скорость передачи информации должна быть фиксированная.

Приоритеты. Идентификатор определяет статический приоритет сообщения в течение доступа к шине.

Удаленный запрос данных. Посылая кадр удалённого запроса данных, узел может запрашивать данные у другого узла, которые тот должен послать в виде соответствующего кадра данных. Кадр данных и кадр удаленного запроса данных имеют один и тот же идентификатор.

Мултимастер. Когда шина свободна, любой узел, может начинать передавать сообщение. Узлу с сообщением более высокого приоритета, будет передано право на доступ к шине.

Арбитраж. Всякий раз, когда шина свободна, любой узел может начинать передавать сообщение. Если два или большее количество узлов начинают передавать сообщения в одно и то же время, конфликт доступа к шине решается поразрядным арбитражем, с использованием идентификатора. Механизм арбитража гарантирует, что ни информация, ни время не будут потеряны. Если кадр данных и кадр удаленного запроса данных с одинаковым идентификатором начинают передаваться одновременно, то кадр данных преобладает над кадром удаленного запроса данных. В течение арбитража каждый передатчик сравнивает уровень переданного бита с уровнем, который наблюдается на шине. Если эти уровни одинаковы, узел может продолжать передачу. Когда послан единичный уровень, а наблюдается нулевой уровень (см. значения на шине), это означает, что узел потерял право арбитража и не должен посылать больше ни одного бита.

Безопасность. Для достижения безопасности передачи данных, в каждом узле CAN имеются мощные средства самоконтроля, обнаружения и сообщения об ошибках.

Обнаружение ошибок. Для обнаружения ошибок применяются следующие меры:

Текущий контроль (передатчики сравнивают уровни передающихся битов с уровнями, обнаруженными на шине). Циклический контроль по избыточности. Контроль кадра сообщения.

Эффективность обнаружения ошибок. Механизмы обнаружения ошибок позволяют обнаруживать:
- все ошибки глобального характера;
- все локальные ошибки передатчика;
- до 5 случайных ошибок в сообщении;
- последовательную группу ошибок длиной до 15;
- любые ошибки нечетности.

Общая остаточная вероятность ошибки для необнаруженных искаженных сообщений меньше чем: частота ошибки сообщения * 4.7* 10 E-11

Сигнализация ошибки и время восстановления. Искаженные кадры помечаются любым узлом, обнаружившим ошибку. Такие кадры прерываются и должны быть автоматически переданы заново. Время восстановления от

обнаружения ошибки до начала следующего кадра - в большинстве случаев равно 31 интервалу передачи бита, если не будет последующей ошибки.

Типизация ошибок. Узлы CAN способны отличить короткие неполадки от постоянных отказов. Дефектные узлы отключаются.

Подключение. Последовательная линия связи CAN является шиной, к которой теоретически может быть подключено любое количество узлов. Фактически общее число узлов будет ограничено временной задержкой и (или) электрической нагрузкой на линии шины.

Канал обмена. Шина состоит из канала обмена, который передаёт биты. Из этих данных может быть получена информация о пересинхронизации. Способ, по которому этот реализуется канал обмена, в этой спецификации не устанавливается. Например, это может быть одно-проволочный провод (плюс земля), два дифференциальных провода, оптическое стекловолокно.

Уровни сигналов. Шина может иметь одно из двух логических значений: 'dominant' или 'recessive'. При одновременной передаче 'dominant' и 'recessive' битов, возникающая в результате величина на шине будет 'dominant'. Физические состояния (например, электрическое напряжение, свет), которые представляют логические уровни, не даны в этой спецификации. (прим. переводчика: далее считается, что "dominant" уровень эквивалентен нулевому уровню, а "recessive" уровень эквивалентен единичному уровню).

Подтверждение. Все приемники проверяют непротиворечивость получаемого сообщения, подтверждают непротиворечивость сообщения и помечают противоречивые сообщения.

Режим "сна" / пробуждения. Для уменьшения потребляемой мощности системы, CAN - узел может быть переведен в режим "сна" без внутренней активности и с отключенными формирователями шины. Выход из этого режима происходит при проявлении какой-либо активности на шине или внутреннем состоянии системы. При пробуждении, осуществляется внутренний перезапуск, MAC подуровень будет ждать стабилизации генератора системы, и затем будет ожидать самосинхронизации с сигналами на шине (проверяя, одиннадцать последовательных единичных бит), пока выходные формирователи снова не установятся в состояние "подключен к шине".

Генератор. Требования к синхронизации позволяют использовать керамические резонаторы в системах со скоростями передачи до 125kbit/s. Для более высокой скорости шины CAN, требуется кварцевый резонатор.

Передача сообщений и форматы кадров. Имеются два формата, которые отличаются по длине поля идентификатора:

- Кадры с 11-разрядным идентификатором - называются стандартными кадрами.
- Кадры, содержащие 29 разрядные идентификаторы, называются расширенными кадрами.

Типы кадров. Кадр данных передает данные от передатчика приемнику. Кадр удаленного запроса данных передается узлом, чтобы запросить передачу кадра данных с тем же самым идентификатором. Кадр ошибки передается любым узлом при обнаружении ошибки на шине. Кадр перегрузки используется, чтобы обеспечить дополнительную задержку между предшествующим и последующим кадром данных или кадром удаленного запроса данных. Кадры данных и кадры удаленного запроса данных могут использоваться и в стандартном и в расширенном формате; они отделяются от предшествующих кадров межкадровым пространством.

Кадр данных (Data frame). Кадр данных состоит из семи различных полей:

"Начало кадра" (start of frame), "поле арбитража" (arbitration field), "поле управления" (control field), "поле данных" (data field), "поле CRC" (CRC field), "поле подтверждения" (ACK field), "конец кадра" (end of frame). Поле данных может иметь нулевую длину.

Начало кадра (стандартный или расширенный формат) (Start of frame). Начало кадра отмечает начало кадра данных или кадра удаленного запроса данных. Это поле состоит из одиночного нулевого бита. Узлу разрешено начать передачу, когда шина свободна (см. 'межкадровый интервал'). Все узлы должны синхронизироваться по фронту, вызванному передачей поля "начало кадра" (см. 'аппаратная синхронизация') узла, начавшего передачу первым.

Поле арбитража (Arbitration field). Формат поля арбитража отличается для стандартного и расширенного форматов.

- в стандартном формате поле арбитража, состоит из 11 разрядного идентификатора и RTR-бита. Биты идентификатора обозначены ID-28 ... ID-18.

- в расширенном формате поле арбитража состоит из 29 разрядного идентификатора, SRR-бита, IDE-бита, и RTR-бита. Биты идентификатора обозначены ID-28 ... ID-0. Чтобы отличать стандартный формат и расширенный формат, зарезервированный в предыдущих спецификациях CAN (версия 1.0-1.2) бит r0 теперь обозначен как IDE бит.

Идентификатор. Идентификатор - стандартный формат. Длина идентификатора - 11 бит и соответствует BASE ID в расширенном формате. Эти биты передаются в порядке ID-28 … ID-18. Самый младший бит - ID-18. 7 старших битов (ID-28 - ID-22) не должны быть все единичными битами.

Идентификатор - расширенный формат. В отличие от стандартного идентификатора, расширенный идентификатор состоит из 29 бит. Его формат содержит две секции:
1. Base ID - 11 бит;
2. Extended ID - 18 бит

Base ID состоит из 11 бит. Эта секция передается в порядке от ID-28 до ID-18. Это эквивалентно формату стандартного идентификатора. Base ID определяет базовый приоритет расширенного кадра.

Extended ID состоит из 18 бит. Эта секция передается в порядке от ID-17 до ID-0. В стандартном кадре идентификатор сопровождается RTR битом.

Бит RTR (стандартный и расширенный формат). Бит запроса удаленной передачи. В кадрах данных RTR бит должен быть передан нулевым уровнем. Внутри кадра удаленного запроса данных RTR бит должен быть единичным. В расширенном кадре сначала передается Base ID , с последующими битами IDE и SRR. Extended ID передается после SRR бита.

Бит SRR (расширенный формат). Заменитель бита удаленного запроса. SRR - единичный бит. Он передается в расширенных кадрах в позиции RTR бита. Таким образом, он заменяет RTR - бит стандартного кадра. Следовательно, при одновременной передаче стандартного кадра и расширенного кадра, Base ID которого совпадает с идентификатором стандартного кадра, стандартный кадр преобладает над расширенным кадром.

Бит IDE (расширенный формат). Бит расширения идентификатора IDE Бит принадлежит:
- полю арбитража для расширенного формата;
- полю управления для стандартного формата IDE бит в стандартном формате передается нулевым уровнем, в то время как в расширенном формате IDE бит - единичный уровень.

Поле управления (стандартный формат и расширенный формат) (Control field). Поле управления состоит из шести бит. Формат поля управления отличается для стандартного и расширенного формата. Кадры в стандартном формате включают: код длины данных (DLC), бит IDE, который передается нулевым уровнем (см. выше), и зарезервированный бит r0. Кадры в расширенном формате включают код длины данных и два зарезервированных бита r1 и r0. Зарезервированные биты должны быть посланы нулевым уровнем, но приемники принимают единичные и нулевые уровни биты во всех комбинациях.

Код длины данных (стандартный и расширенный форматы) (Data length code). Число байт в поле данных обозначается кодом длины данных. Этот код длины данных, размером 4 бита, передается внутри поля управления.

Допустимое число байт данных: {0,1, ..., 7,8}. Другие величины использоваться не могут.

Поле данных (стандартный и расширенный форматы) (Data field). Поле данных состоит из данных, которые будут переданы внутри кадра данных. Оно может содержать от 0 до 8 байт, каждый содержит 8 бит, которые передаются, начиная с MSB.

Поле CRC (стандартный и расширенный форматы) (CRC field) Содержит последовательность CRC и CRC - разделитель.

Последовательность CRC (стандартный и расширенный форматы) (CRC Sequence). Последовательность контроля кадра, получаемая из избыточного циклического кода, лучше всего подходит для кадров с числом битом меньше чем 127 бит.
При вычислении CRC, полином разделяется и определяется как полином, коэффициенты которого заданы последовательностью бит, состоящей из полей: "начало кадра", "поле арбитража", "управляющее поле", "поле данных" (если есть) и, для 15 самых младших коэффициентов, 0. Этот полином разделен на полином:

X ^15 + X ^14 + X ^10 + X ^8 + X^ 7 + X^4 + X^3 + 1. Остаток от этого полиномиального деления и есть последовательность CRC, передаваемая по шине.

Разделитель CRC (стандартный формат, а также расширенный формат) (CRC Delimiter). Последовательность CRC сопровождается разделителем CRC, который состоит из одного единичного бита.

Поле подтверждения (стандартный формат и расширенный формат) (ACK field). Поле подтверждения имеет длину два бита и содержит: "область подтверждения" и разделитель подтверждения. В поле подтверждения передающий узел посылает два бита с единичным уровнем. Приемник, который получил сообщение правильно, сообщает об этом передатчику, посылая бит с нулевым уровнем в течение приема поля "область подтверждения".

Область подтверждения (ACK slot). Все узлы, получившие соответствующую последовательность CRC, сообщают об этом во время приема поля "область подтверждения" путем замены бита с единичным уровнем на бит с нулевым уровнем.

Разделитель подтверждения (ACK delimiter). Разделитель подтверждения - второй бит поля подтверждения, и он должен быть представлен единичным уровнем.

Конец кадра (стандартный формат и расширенный формат)(End of frame). Каждый кадр данных и кадр удаленного запроса данных ограничен последовательностью флагов, состоящей, из семи единичных бит.

Кадр удаленного запроса данных (Remote frame). Узел, действующий как приемник некоторых данных, может инициировать передачу соответственных данных исходными узлами, посылая кадр удаленного запроса данных. Кадр удаленного запроса данных существует и в стандартном формате и расширенном формате. В обоих случаях он состоит из шести битовых полей: "начало кадра" (Start of frame), "поле арбитража" (Arbitration field), "управляющее поле" (Control field), "поле CRC" (CRC - field), "поле подтверждения" (ACK field), "конец кадра" (End of frame). В отличие от кадра данных, RTR бит кадра удаленного запроса данных - единичный. В этом кадре отсутствует поле данных. При этом значение кода длины данных может принимать любое значение в пределах допустимого диапазона [0,8]. Значение кода длины данных

соответствует коду длины данных кадра данных. RTR бит указывает, является ли переданный кадр кадром данных.

Кадр ошибки (Error frame). Кадр ошибки состоит из двух различных полей. Первое поле получается суперпозицией флагов ошибки, полученных от различных узлов. Следующее поле - разделитель ошибки (Error Delimiter).

Для правильного завершения кадра ошибки, узел в состоянии "пассивной ошибки" может нуждаться в доступе к шине, по крайней мере, на 3 битовых интервала (если имеет место локальная ошибка приемника, находящегося в состоянии "пассивной ошибки"). Следовательно, шина не должна быть загружена на 100 %.

Флаг ошибки (Error flag). Имеются два вида флага ошибки:

1. Флаг активной ошибки, состоящий из шести последовательных нулевых бит.
2. Флаг пассивной ошибки, состоящий из шести последовательных единичных бит, если они не перезаписаны нулевыми битами других узлов. Узел в состоянии "активной ошибки", обнаружив условие ошибки, сообщает об этом передачей флага активной ошибки. Форма флага ошибки нарушает закон заполнения бита (см. кодирование) применяемый ко всем полям от поля "начало кадра" до разделителя CRC или разрушает фиксированную форму поля подтверждения или поля "конец кадра". Как следствие, все другие узлы обнаруживают условие ошибки и в свою очередь начинают передачу флага ошибки. Таким образом, последовательность "dominant" битов, которая фактически может появиться на шине, получается суперпозицией различных флагов ошибки, переданных отдельными узлами. Суммарная длина этой последовательности изменяется от шести до двенадцати бит. Узел, в состоянии "пассивной ошибки", обнаружив условие ошибки, пробует сообщить об этом передачей флага пассивной ошибки, он ожидает появления шести последовательных одинаковых бит, начинающих флаг пассивной ошибки. Флаг пассивной ошибки завершен, когда после обнаружения этих 6 бит.

Разделитель ошибки. Разделитель ошибки состоит из восьми "recessive" битов. После передачи флага ошибки каждый узел посылает "recessive" биты и проверяет шину, пока не обнаруживает "recessive" бит. Далее он начинает передачу еще семи "recessive" битов.

Кадр перегрузки. Кадр перегрузки содержит два битовых поля: флаг перегрузки и разделитель перегрузки. Имеются два вида перегрузки, оба которых

приводят к передаче флага перегрузки:

1. Внутреннее состояние приемника, требует задержки следующего кадра данных или кадра удаленного запроса данных.

2. Обнаружение "dominant" бита при передаче первого и второго битов перерыва.

3. Если узел обнаруживает "dominant" бит на восьмом бите (последнем бите) разделителя ошибки или разделителя перегрузки, это повлечет передачу кадра перегрузки (а не кадра ошибки). Счетчики ошибок не будут увеличены. Передачу кадра перегрузки, обусловленного 1-м видом перегрузки, разрешено начинать в первом битовом интервале предусмотренного перерыва, в то время как кадр перегрузки, обусловленный 2-м и 3-м видами перегрузки, начинает передаваться на один бит позже обнаружения "dominant" бита. Не больше двух кадров перегрузки может быть сгенерировано, чтобы задержать следующий кадр данных или кадр удаленного запроса данных.

Флаг перегрузки. Состоит из шести "dominant" битов. Полная форма соответствует флагу активной ошибки.
Форма флага перегрузки нарушает фиксированную форму поля перерыва. Все другие узлы также обнаруживают условие перегрузки и в свою очередь начинают передачу флага перегрузки. В случае если обнаружен "dominant" бит, во время 3-го бита перерыва, то этот бит интерпретируется как начало кадра.

Замечание. Контроллеры, базирующиеся на CAN 1.0 и 1.1, по-другому интерпретируют 3-й бит перерыва. Если в это время будет обнаружен "dominant" бит, то эти узлы интерпретируют его как поле "начало кадра"; шестой "dominant" бит нарушает правило заполнения бит и вызовет ошибку.

Разделитель перегрузки. Состоит из восьми "recessive" бит. Разделитель перегрузки имеет такую же форму, как и разделитель ошибки. После передачи флага перегрузки узел контролирует шину, пока не обнаружит переход от "dominant" бита к "recessive" биту. В этот момент времени каждый узел заканчивает передачу флага перегрузки, и все узлы начинают передачу еще 7 "recessive" битов.

Межкадровое пространство. Кадры данных и кадры удаленного запроса данных отделяются от предшествующих кадров любого типа (кадр данных, кадр удаленного запроса данных, кадр ошибки, кадр перегрузки) битовым полем, называемым межкадровым пространством. В отличие от них, кадрам перегрузки и

кадрам ошибки не предшествует межкадровое пространство (кратные кадры перегрузки также не отделяются интервалами).

Межкадровое пространство: содержит битовые поля: перерыв и простой шины.
Рисунок "а" приведен для узла, который был источником предыдущего сообщения.
Рисунок "в" приведен для узла в состоянии "пассивной ошибки", который был источником предыдущего сообщения.

Перерыв. Состоит из трех "recessive" бит. В течение перерыва единственное действие, которое можно предпринять - сообщение об условии перегрузки и никакой узел не может начать передачу кадра данных или кадра удаленного запроса данных.

Замечание. Если узел имеет сообщение, которое нужно передать, и он выявляет "dominant" бит в третьем бите перерыва, это интерпретируется, как бит "начало кадра", и, со следующего бита, он начинает передавать сообщение, с первым битом его идентификатора, не передавая предварительно, бита "начало кадра".

Простой шины. Период простоя шины может иметь произвольную длину. Шина свободна и любой узел, которому нужно что-либо передать, может обращаться к шине. Сообщение, которое ждет передачи во время передачи другого сообщения, начинает передаваться в первом бите после перерыва. Обнаружение "dominant" бита на шине интерпретируется как "начало кадра".

Приостановка передачи. После того, как узел в состоянии "пассивной ошибки" передал сообщение, он посылает восемь "recessive" бит после которых идет перерыв, перед передачей следующего сообщение или распознавания простоя шины. Если тем временем начинается передача, вызванная другим узлом, узел становиться приемником этого сообщения.

Стандартный и расширенный формат кадра. Стандартный формат эквивалентен формату кадра данных / формату кадра удаленного запроса данных, как это описано в CAN спецификации 1.2.
В отличие от него, в расширенном формате - новой версии CAN протокола для проектировки относительно простых контроллеров, не требуется полная реализация расширенного формата (передача или прием данных из сообщения в

расширенном формате), в то время как стандартный формат должен быть реализован без ограничений.
Новые контроллеры, в соответствии с CAN спецификацией, должны удовлетворять, по крайней мере, следующим требованиям:

- Каждый новый контроллер поддерживает стандартный формат;
- Каждый новый контроллер может получать сообщения расширенного формата.

Это значит, что расширенные кадры не должны быть разрушены только из-за их формата. Однако не требуется, чтобы расширенный формат поддерживался новыми контроллерами.

Определение передатчика / приемника.
Передатчик: Узел, инициирующий сообщение называется передатчиком этого сообщения. Узел остается передатчиком до освобождения шины или потери арбитража.
Приемник: Узел называется приемником сообщения, если он не является передатчиком этого сообщения и шина не простаивает.

Фильтрация сообщений. Фильтрация сообщения основана на идентификации. Существуют специальные регистры масок, которые разрешают установку любого бита идентификатора, могут использоваться для выбора группы идентификаторов, которые будут отображены в буферах.

Если регистры масок есть, то каждый бит регистров маски должен быть программируемым, то есть его можно использовать для фильтрации сообщения. Длина регистра маски может составлять целый идентификатор или только его часть.

Проверка допустимости сообщения. Момент времени, при котором сообщение является допустимым, различен для передатчика и приемников сообщения.
Передатчик. Сообщение допустимо для передатчика, если нет никакой ошибки до конца сообщения. Если сообщение разрушено, повторная передача будет следовать автоматически и согласно приоритетам. Чтобы, конкурировать за доступ к шине с другими сообщениями, повторная передача должна начаться, как только, шина станет свободна.

Приемник. Сообщение допустимо для приемников, если нет никакой ошибки до предпоследнего бита "конец кадра". Значение последнего бита "конец кадра" рассматривается как безразличное, "dominant" значение не ведет к ошибке формы.

Кодирование последовательности битов. Сегменты: "начало кадра", "поле арбитража", "поле управления", "поле данных" и "последовательность CRC" кодируются методом разрядного заполнения. Всякий раз, когда передатчик обнаруживает в разрядном потоке, пять последовательных одинаковых бит, он автоматически вставляет дополнительный бит в фактический переданный разрядный поток. Оставшиеся битовые поля кадра данных или кадра удаленного запроса данных ("разделитель CRC", "поле подтверждения", и "конец кадра") имеют фиксированную форму. Кадр ошибки и кадр перегрузки имеют фиксированную форму также и не кодируются методом разрядного заполнения. Разрядный поток сообщения кодируется согласно NRZ методу (без возврата к нулю). Это означает, что в течение всего времени передачи битов сгенерированный разрядный уровень является или "dominant" или "recessive".

Обработка ошибок. Существует 5 различных типов ошибки (не взаимоисключающихся):

- Ошибка бита. Узел, который передает данные на шину, осуществляет контроль шины. Ошибка бита имеет место, если значение бита на шине отличается от переданного значения.

Исключение - посылка "recessive" бита в течение заполненного битового потока поля арбитража или в течение поля подтверждения. Передатчик, посылающий флаг пассивной ошибки и обнаруживший "dominant" бит не интерпретирует это как ошибку бита.

- Ошибка заполнения. Ошибка заполнения должна быть обнаружена во время передачи 6-ого бита из последовательности 6-ти одинаковых бит в поле сообщения, которое должно быть кодировано методом разрядного заполнения.

- Ошибка CRC. Последовательность CRC состоит из результата вычисления CRC передатчиком. Приемники вычисляют CRC таким же образом, как и передатчик. Ошибка CRC имеет место, если расчетный результат не совпадает с результатом, вычисленным из принятых данных.

- Ошибка формы. Ошибка формы обнаруживается, если битовое поле фиксированного формата содержит одни или более запрещенных битов.

(Примечание: для приемника "dominant" бит в течение последнего бита "конец кадра" не интерпретируется как ошибка формы).

- Ошибка подтверждения. Ошибка подтверждения обнаруживается передатчиком всякий раз, когда он не обнаруживает "dominant" бит в "области подтверждения".

Передача сигналов ошибки. Узел, обнаруживший ошибку сообщает об этом, передавая флаг ошибки. Для узла в состоянии "активной ошибки" - это флаг активной ошибки, для узла в состоянии "пассивной ошибки" - это флаг пассивной ошибки.

Всякий раз, когда каким-либо узлом обнаружена ошибка бита, ошибка заполнения, ошибка формы или ошибка подтверждения, со следующего бита начинается передача флага ошибки соответствующим узлом.

Всякий раз, когда обнаружена ошибка CRC, передача флага ошибки начинается с бита, следующего после разделителя подтверждения, если не передается флаг ошибки для другого условия

Типизация неисправностей. Неисправный узел может быть в одном из трех состояний:
- активной ошибки;
- пассивной ошибки;
-отключения от шины;

Узел в состоянии "активной ошибки" нормально присоединен к шине и посылает флаг активной ошибки при обнаружении ошибок. Узел в состоянии "пассивной ошибки" не должен посылать флаг активной ошибки. Он подключен к шине, но при обнаружении ошибок, посылает флаг пассивной ошибки. После передачи, узел в состоянии "пассивной ошибки" будет ждать инициализации дальнейшей передачи (см. приостановка передачи). Узел в состоянии "отключения от шины" не может работать с шиной.

Для типизации неисправностей в каждом узле есть два счетчика:

1) Счетчик ошибок передачи;

2) Счетчик ошибок приема.

Замечание:
Значение счетчика ошибок больше чем 96 указывает на то, что шина сильно повреждена.

Замечание:
Если в CAN - сети подключен только один узел, и если этот узел передает некоторое сообщение, он не получит подтверждения, обнаружит ошибку и повторит сообщение. Из-за этого он может перейти в состояние "пассивной ошибки", но не в состояние "отключен от шины".

Генератор

Для реализации полного диапазона скоростей шины CAN, требуется кварцевый генератор. Микросхемы в CAN сети с самым высоким требованием по точности генератора определяют точность генератора, которая требуется от всех других узлов.

Замечание:
CAN контроллеры соответствующие данной CAN спецификации и контроллеры, соответствующие предыдущим версиям 1.0 и 1.1, используемые в одной и той же сети, должны все иметь кварцевый генератор. Это означает, что керамические резонаторы могут использоваться только в сети, все узлы которой соответствуют CAN Спецификации 1.2.

Битовая синхронизация

Номинальная битовая скорость

Номинальная скорость передачи информации в битах - число битов в секунду переданное в отсутствие пересинхронизации идеальным передатчиком. Номинальное время передачи бита = 1/ номинальную скорость передачи информации в битах.

Номинальное время передачи бита можно разделились на несколько не перекрывающихся участков:
- сегмент синхронизации (SYNC_SEG);
- сегмент времени распространения (PROP_SEG);

- сегмент TSEG1 (PHASE_SEG1);
- сегмент TSEG2 (PHASE_SEG2).

Сегмент синхронизации. Используется для синхронизации различных узлов на шине. Предполагается, что фронт сигнала должен находиться в пределах этого сегмента.

Сегмент времени распространения. Используется, чтобы компенсировать физические время запаздывания в пределах сети. Это удвоенная сумма времени распространения сигнала на линии шины, входной задержки компаратора, и задержки выходного формирователя.

Сегменты TSEG1, TSEG2. Эти сегменты используются, чтобы компенсировать ошибки фазы. Эти сегменты могут быть удлинены или укорочены пересинхронизацией.

Точка считывания (Sample point). Момент времени, при котором уровень шины читается и интерпретируется, как значение соответственного бита. Она расположена в конце TSEG1.

Время обработки информации. Время обработки информации - сегмент времени, начинающийся с точки считывания.

Шаг квантования времени. Шаг квантования времени - фиксированная единица времени, полученная из периода генератора. Существует программируемый делитель, со значениями, от 1 до 32.
При старте с минимальным шагом квантования времени, шаг квантования времени может иметь длину:

шаг квантования = м * минимальный шагом квантования времени где м- значение делителя.

Длительность сегментов:
- SYNC_SEG - 1 шаг квантования времени;
- PROP_SEG - программируется, может быть 1,2, ..., 8 квантов времени;
- TSEG1 - программируется, может быть 1,2... 8 квантов времени;
- TSEG2 - максимум из PHASE_SEG1 и времени обработки информации;
- время обработки информации - меньше или равно 2 квантам времени.

Общее число квантов времени в битовом интервале должно быть программируемым, по крайней мере, от 8 до 25.

Аппаратная синхронизация. После аппаратной синхронизации внутреннее битовое время каждого узла перезапускается с SYNC_SEG.

Переход пересинхронизации. В результате пересинхронизации TSEG1 может быть удлинен, или TSEG2 может быть укорочен. Размер удлинения или укорачивания сегментов TSEG имеет предел, определяемый переходом пересинхронизации

Перехода пересинхронизации должен быть программируем от 1 до минимума из (4, PHASE_SEG1).

Ошибка фазы границы. Ошибка фазы границы определяется положением фронта сигнала относительно SYNC_SEG, измеряется в квантах времени. Знак ошибки фазы определен следующим образом:

- e = 0, если фронт сигнала находится в пределах SYNC_SEG;
- e> 0, если фронт сигнала находится перед точкой считывания;
- e < 0, если фронт сигнала находится после точки считывания предыдущего бита.

Пересинхронизация. Эффект от пересинхронизации - такой же как в случае аппаратной синхронизации, когда величина ошибки фазы границы, которая вызывает пересинхронизацию - меньше или равна программируемому значению перехода пересинхронизации. Когда величина ошибки фазы большая, чем ширина перехода пересинхронизации и:

- если ошибка фазы положительна, то TSEG1 удлиняется на ширину перехода пересинхронизации.
- если ошибка фазы отрицательна, то TSEG2 укорачивается на ширину перехода пересинхронизации.

Правила синхронизации. Аппаратная синхронизация и пересинхронизация - две формы синхронизации. Они удовлетворяют следующим правилам:

1. Допускается только одна синхронизация в пределах битового интервала.
2. Фронт сигнала будет использоваться для синхронизации только, если значение, обнаруженное при предыдущей точке считывания (предыдущее значение на шине) отличается из значения на шине сразу после фронта.
3. Аппаратная синхронизация происходит всякий раз, когда есть переход от "recessive" бита к "dominant" в течение простоя шины.

Аппаратная реализация базового алгоритма CAN-интерфейса.

На самом нижнем уровне CAN шины находится двухпроводная линия с терминальными резисторами. Далее для повышения помехоустойчивости расположен дифференциальный приемопередатчик - трансивер. На следующем уровне идет контроллер со встроенным модулем или автономный модуль CAN, подключенный к главному контроллеру. CAN - контроллеры осуществляют процедуру приема-передачи данных и соединяются с шиной двумя сигналами: RxD для приема и TxD для передачи.

В результате объединения модуля с ядром микроконтроллера AVR появился 8-разрядный МК AT90CAN128 с интегрированным CAN. У данного микроконтроллера встроенный модуль соответствует спецификации CAN V2.0, содержит память на 15 сообщений для приема/передачи. В данном проекте CAN-шина реализуется при подключении CAN-контроллера через приемопередатчик (трансивер) к однопроводной линии. Внутренняя структура такого приемопередатчика позволяет соединять несколько таких устройств по схеме “монтажное И”.

Трансивер CAN-шины осуществляет преобразование сигналов RxD и TxD в шинные сигналы CAN. При использовании трансиверов улучшаются показатели электромагнитной совместимости, и уменьшается энергопотребление. Благодаря встроенной обработке ошибок в модуле CAN и тщательному проектированию CAN-шины может быть достигнута безошибочная связь между ее узлами и тем самым повышена помехоустойчивость системы.

Аппаратный контроллер CAN-интерфейса, имеет встроенные режимы разделения приема и передачи, многоуровневое буферирование, систему масок и фильтров, систему генерации сигналов прерывания.

Для данного микроконтроллера была разработана программа, реализующая CAN-протокол. Данная программа содержит три основных модуля:

- модуль инициализации интерфейса;
- модуль приёма данных;
- модуль передачи данных.

Модуль инициализации интерфейса. Данный модуль запускается на исполнение только один раз перед началом запуска основной программы. Данный модуль производит настройку CAN-интерфейса, конфигурирование памяти

сообщений на сообщения для приёма и для передачи, запись интерфейсного номера устройства, настройка маски обработки сообщений, настройка скорости передачи, настройка прерываний модуля интерфейса.

Модуль приёма данных. Данный модуль вызывается по прерыванию, настроенного на приём сообщения CAN-интерфейса. Здесь производится декодирование принятого сообщения и протокольный анализ сообщения (от какого устройства пришло сообщение, кому направлено, характер сообщения).

Модуль передачи данных. Данный модуль активизируется по готовности или по необходимости ответа. Протоколирует необходимую информацию для передачи, учитывая приоритет передаваемого сообщения. Производит передачу сообщения в эфир.

Встроенный модуль CAN-интерфейса микроконтроллера AT90CAN128 позволяет на физическом уровне передавать или принимать информацию параллельно с выполнением основной программы, и не требует дополнительных временных затрат, что обеспечивает высокую эффективность работы микроконтроллера.

В приложении приведен текст тестовой программы, содержащей выше описанные модули.

3.1.3 Протокол обмена CAN в сети локальных интеллектуальных коммутаторов ЛИК

1) Типы кадров

В CAN-сети использованы два типа кадров: Кадр данных (Data frame) и Кадр удаленного запроса данных (Remote frame).

В Кадре данных (Data frame) передаются данные от передатчика приемнику.

Кадр удаленного запроса данных (Remote frame) посылается от передатчика приемнику для сигнализации окончания передачи массива данных.

В отличие от кадра данных, RTR бит кадра удаленного запроса данных - единичный. В этом кадре отсутствует поле данных. При этом значение кода длины данных может принимать любое значение в пределах допустимого диапазона [0,8].

При передаче массива данных в сеть CAN формируются кадры Data frame с 8-ми байтовым полем данных. После передачи данных массива в сеть CAN посылается кадр Remote frame (окончание передачи массива данных.) Скорость передачи данных в сети CAN - 100 kbps.

2) Тип команд протокола обмена приборов в сети CAN

Команда COM1 – "Назначение Мастером". Команду от ПЭВМ примет Slave-модуль с определенным адресом. После переконфигурации данный модуль продолжит работу в качестве Master – модуля.

Команда COM2 "Измерение". Команду от Мастера примет Slave-модуль с определенным адресом. После получения команды Slave-модуль проводит измерения и посылает ответ в сеть CAN .

Команда COM3 "Передача ответа от Slave". В сеть CAN команду посылает Slave-модуль после завершения измерений в данном модуле.

Команда COM4 "Передача ответа от Master". В сеть CAN команду посылает Master-модуль после завершения измерений в данном модуле.

Команда COM5 "CAN Reset". Эту широковещательную команду в сеть CAN посылает ПЭВМ. После получения этой команды модули производят повторную инициализацию регистров CAN и сброс необходимых буферов данных.

3) Алгоритм работы приборов в сети CAN

Организована адресуемая сеть в соответствии с алгоритмом, в которой участвует один Master-прибор и несколько Slave-приборов. Каждый модуль имеет свой номер в сети CAN.

После инициалиализации все приборы - Slave. ПЭВМ посылает модулю с определенным адресом команду COM1 – "Назначение Мастером". Поле данных

команды содержит информацию об адресах Slave-модулей, которых должен опросить Master, а также номер канала, который Master должен скоммутировать. После завершения передачи команды, ПЭВМ ожидает ответ от модулей.

После получения команды COM1 – “Назначение Мастером” Slave-модуль производит переконфигурацию и продолжает работу с качестве Master – модуля. Кроме того, Master коммутирует канал, указанный в команде, и посылает в сеть CAN команду COM2 “Измерение" для Slave-модуля с адресом из массива адресов Slave-модулей команды COM1. После завершения передачи команды, Master ожидает ответ от Slave-модуля.

После приема от Мастера команды COM=2 “Измерение", Slave-модуль проводит необходимые измерения в данном модуле и посылает в сеть CAN команду COM3 “Передача ответа от Slave".

ПЭВМ принимает данные измерения Slave-модуля в команде COM3 “Передача ответа от Slave".

После приема Master-модулем от Slave-модуля последнего кадра команды COM3 “Передача ответа от Slave", Master-модуль посылает в сеть CAN команду COM2 “Измерение" для следующего Slave-модуля с адресом из массива адресов Slave-модулей команды COM1. После завершения передачи команды, Master ожидает ответ от Slave-модуля.

После опроса всех Slave-модулей, Master производит самотестирование (измерение в данном блоке) и посылает в сеть CAN команду COM4 “Передача ответа от Master" для ПЭВМ. После завершения передачи команды, Master производит переконфигурацию и снова становится Slave-модулем.

После завершения приема команды COM4 “Передача ответа от Master" ПЭВМ может начать новый цикл измерения с посылки команды COM1 – “Назначение Мастером”.

4) Формат полей сети CAN

Формат поля идентификатора и RTR-бит

Идентификатор имеет длину 11 бит. Эти биты должны быть переданы в порядке от ID10 до ID0. Самый старший бит ID0. Семь старших битов не должны

быть все битами с лог '1'. Идентификатор содержит ID, адрес модуля и тип команды (COM1…COM5).

Прием сообщений в режиме Slave

После инициалиализации - все модули Slave

1. Прием Команды COM=1 от ПК "FrameData - Назначение Мастера" - прием данных. Команду примет только Slave-модуль с указанным в идентификаторе Адресом.

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Slave-модуля

- yyy = 001 команда COM1

- бит RTR = 0

2. Прием Команды COM=1 от ПК "FrameRemote - Назначение Мастера" - сообщение об окончании посылки. В кадре отсутствует поле данных. Команду примет только Slave-модуль с указанным в идентификаторе Адресом.

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Slave-модуля

- yyy = 001 команда COM1

- бит RTR = 1

3. Прием Команды COM=2 от Мастера к Slave "FrameRemote - Измерение" – команда проведения измерения. В кадре отсутствует поле данных. Команду примет только Slave-модуль с указанным в идентификаторе Адресом.

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Slave-модуля

- yyy = 010 команда COM2

- бит RTR = 1

4. Прием Команды COM=5 от ПК всеми устройствами "FrameRemote CAN_RESET". В кадре отсутствует поле данных. Команду примут все модули, в том числе и Master

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Slave-модуля

- yyy = 101 команда COM5

- бит RTR = 1

5) Передача сообщений в режиме Slave

1. Передача Команды COM=3 от Slave "Data Frame –Передача ответа от Slave" – посылка содержит данные о результатах измерения в Slave-модуле. ПЭВМ примет эту Команду от любого Slave-модуля

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес данного Slave-модуля

- yyy = 011 команда COM3

- бит RTR = 0

2. Передача Команды COM=3 от Slave "FrameRemote - Результат Измерения" - сообщение об окончании измерения в Slave-модуле. В кадре отсутствует поле данных. Master примет эту Команду от любого Slave-модуля

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес данного Slave-модуля

- yyy = 011 команда COM3

- бит RTR = 1

Прием сообщений в режиме Master

1. Прием Команды COM=3 от Slave "FrameRemote - Результат Измерения" - сообщение об окончании измерения в Slave-модуле. В кадре отсутствует поле данных. Master примет эту Команду от любого Slave-модуля

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Slave-модуля, от которого пришел ответ

- yyy = 011 команда COM3

- бит RTR = 1

2. Прием Команды COM=5 от ПК всеми устройствами "FrameRemote CAN_RESET". В кадре отсутствует поле данных. Команду примут все модули, в том числе и Master.

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Slave-модуля

- yyy = 101 команда COM5

- бит RTR = 1

Передача сообщений в режиме Master

1. Передача Команды COM=4 от Master "Data Frame –Передача ответа от Master" – посылка содержит данные о результатах измерения в Master-модуле. Эту Команду примет ПЭВМ.

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Master -модуля

- yyy = 100 команда COM4

- бит RTR = 0

2. Передача Команды COM=4 от Master "FrameRemote - Результат Измерения" - сообщение об окончании измерения в Master -модуле. В кадре отсутствует поле данных. ПЭВМ примет эту Команду от любого Master -модуля

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес данного Master -модуля

- yyy = 100 команда COM4

- бит RTR = 1

3. Передача Команды COM=2 от Мастера к Slave "FrameRemote - Измерение" – команда проведения измерения. В кадре отсутствует поле данных. Команду примет только Slave-модуль с указанным в идентификаторе Адресом.

- ID = xxxxxxxx yyy (bin) - xxxxxxxx - Адрес Slave-модуля

- yyy = 010 команда COM2

- бит RTR = 1

Формат полей данных кадра данных Data Frame

Включает данные, передаваемые внутри кадра данных. Содержит 8 байт, каждый из которых содержит 8 бит.

Прием данных в режиме Slave

Прием Команды COM=1 от ПК "FrameData - Назначение Мастера" - прием данных. После окончания приема данных массив имеет следующий формат:

Байт1	*Байт2*	*Байт3*		*БайтN+1*	*Байт N+2*
Кол. Адресов Slave **N**	Адрес Slave1 **S1**	Адрес Slave2 **S2**		Адрес SlaveN **SN**	Номер коммут. в Мастере канала **NumK**

Передача данных в режиме Slave

Передача Команды COM=3 от Slave "Data Frame –Передача ответа от Slave" – посылка содержит данные о результатах измерения в Slave-модуле. ПЭВМ примет эту Команду от любого Slave-модуля.

Байт1	*Байт2*	*Байт 3*	*Байт4*	*Байт5*		*Байт_x*	*Байт_ x*	*Байт_ x*
Кол. Байт в посылке **K_млад**	Кол. байт в посылке **K_старш**	Номер канала **Ni**	Данные канала **D1i**	Данные канала **D2i**		Ном.канала **Ni**	Данные канала **D1**	Данные канала **D2**

Передача данных в режиме Master

1. Передача Команды COM=4 от Master "Data Frame –Передача ответа от Master" – посылка содержит данные о результатах измерения в Master-модуле. Эту Команду примет ПЭВМ.

Байт1	*Байт2*	*Байт3*	*Байт4*	*Байт 5*		*Байт _x*	*Байт _x*	*Байт _x*
Кол. байт в посылке **K_млад**	Кол. байт в посылке **K_старш**	Номер канала **N1**	Данные канала **D1_1**	Данные канала **D2_1**		Номер канала **Ni**	Данные канала **D1_i**	Данные канала **D2_i**

3.2 МАСКА для контроля электросборок в цехе электромонтажной сборки.

Предназначена для тестового и функционального контроля, диагностики неисправностей и обеспечения приемо-сдаточных испытаний сложных контактно-релейных и электронных устройств в цехе электромонтажной, агрегатной и окончательной сборки ВС. Структурная схема варианта МАСКА-ЭС представлена на рисунке 3.2.1.

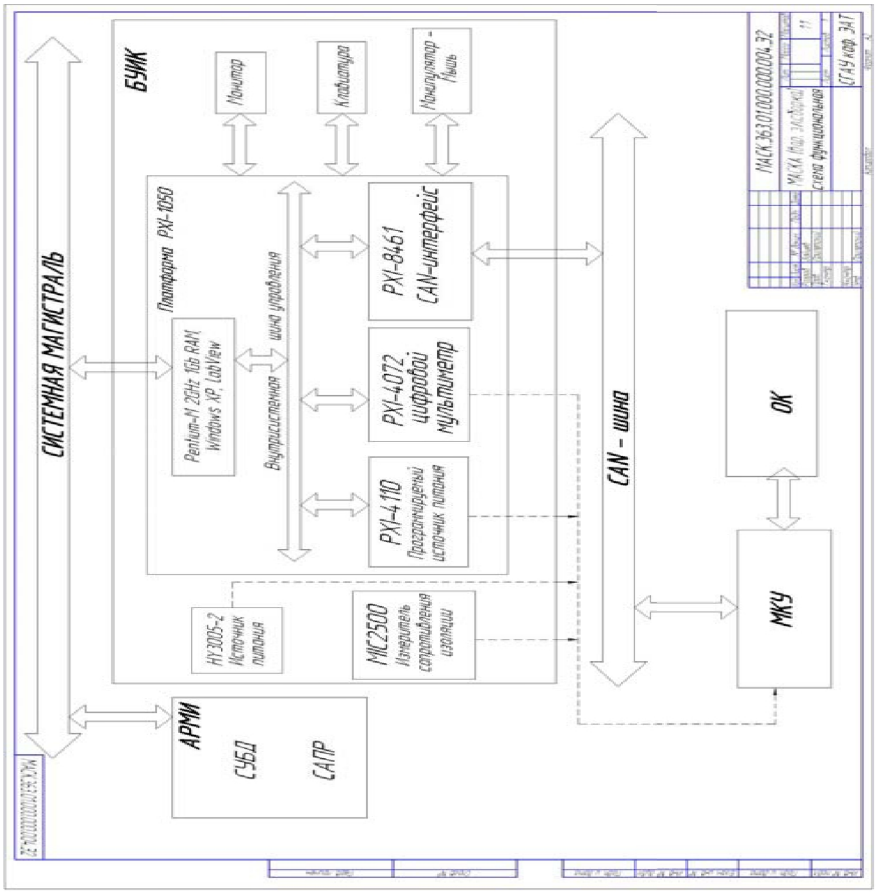


Рисунок 3.2.1 – Структурная схема варианта МАСКА-ЭС для контроля электросборок

Автоматизированное рабочее место для приемо-сдаточных испытаний сложных электросборок и блоков бортового электрооборудования воздушных судов на базе микропроцессорной автоматизированной системы контроля авионики МАСКА представлено на рисунке 3.2.2. Количество контролируемых точек в представленной комплектации – 1000;

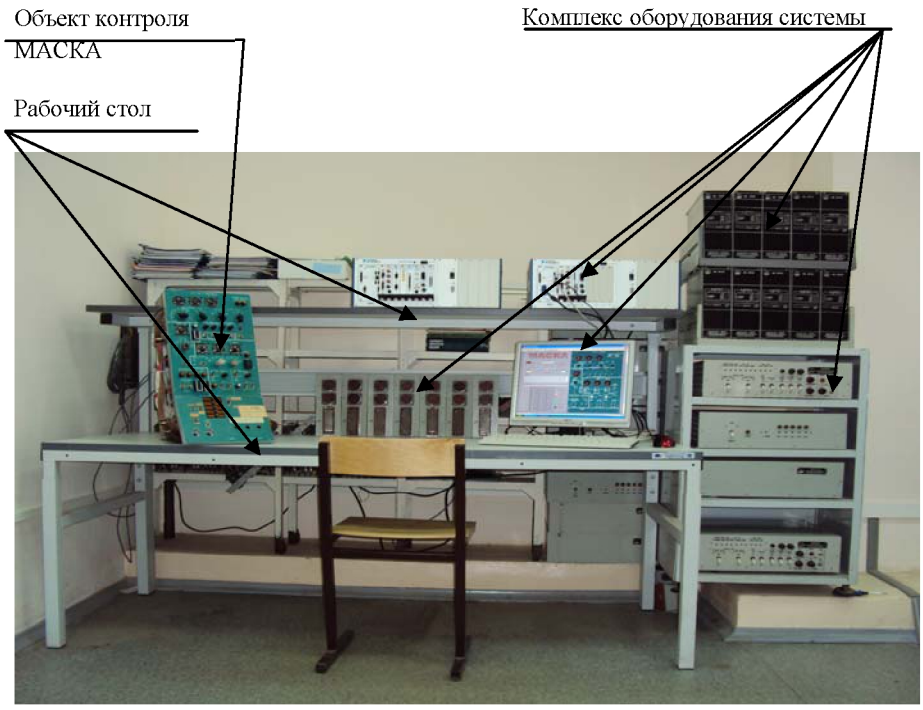


Рисунок 3.2.2 - Автоматизированное рабочее место для приемо-сдаточных испытаний сложных электросборок электрооборудования ВС

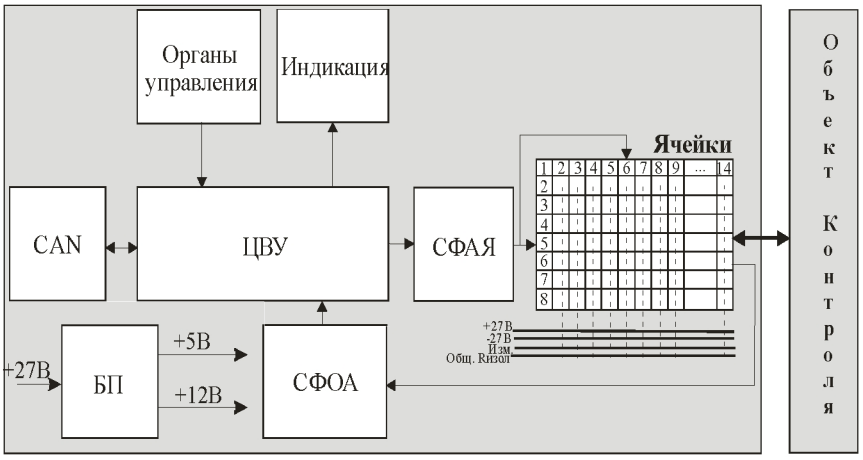


Рисунок 3.2.3 - Функциональная схема модуля МКУ

Модуль коммутации и управления (МКУ) предназначен для: управления воздействием на объект контроля стимулирующим напряжением +27В(ОК) или «ОБЩ»(ОК) путем непосредственной его коммутации на определенные точки ОК, приема ответных сигналов из объекта контроля с сохранением результата в памяти микроконтроллера, дистанционного подключения к объекту контроля внешних средств измерения и выдачи результатов тестирования в управляющую ЭВМ по локальной сети.

МКУ обеспечивает проведение следующих проверок:

контроль схемы соединений на соответствие заданной с автонумерацией проводников;

контроль сопротивления изоляции разобщенных цепей;

контроль сопротивления проводника (совместно с ЛИК);

контроль наличия диода в цепи;

контроль электрических параметров системы (R, L, C, U~, U=) при наличии соответствующих внешних измерителей.

Основные функциональные блоки модуля МКУ:

а) Центральное вычислительное устройство (ЦВУ) является ядром модуля. Предназначено для обмена данными с ЭВМ и управления работой схемы коммутации и индикации.

б) Блок сопряжения с локальной сетью МАСКА – позволяет реализовывать двунаправленный обмен данными между ЦВУ, ЭВМ и другими модулями системы по последовательному каналу.

в) Коммутационное поле обеспечивает подключение каждой (из 100 возможных) точек объекта контроля к шинам +27В, Общ.(ОК) или шинам измерительных средств.

г) Схема формирования адреса ячейки (СФАЯ) организована по матричному принципу (8 строк * 14 столбцов) и выполняет функцию преобразования семиразрядного параллельного двоичного кода, соответствующего номеру ячейки коммутационного поля, непосредственно в адрес выбранной ячейки для коммутации к одной из указанных шин.

д) Схема контроля ответного адреса (СКОА) реализует как функции самоконтроля, т.е. проверки срабатывания ячеек, так и формирование адреса ячеек на которые пришел ответный сигнал.

е) Схема индикации обеспечивает визуализацию оператору результатов самоконтроля (исправен/отказ), текущих режимов работы (работа приемопередатчика/ожидание, отработка принятого кадра) на трехцветных светодиодах.

ж) Органы управления представляют собой клавиши, позволяющие осуществлять такие функции как принудительный сброс программы, запуск одного из тестов самоконтроля модуля.

з) Блок питания обеспечивает элементы схемы модуля МКУ необходимыми стабилизированными напряжениями постоянного тока.

Панель управления системы «МАСКА» для контроля панели энергоузла самолета Ту-154

Лицевая панель «МАСКА-ПЭ» является виртуальным комплексом, состоящим из 2-х подпанелей:

- панель управления «МАСКА»;

- панель имитации объекта контроля.

Общее включение/выключение виртуальной панели «МАСК-ПЭ» осуществляется кнопкой «ВКЛ/ВЫКЛ», расположенной в верхней левой части панели управления.

Панель управления «МАСКА» (рисунок 3.2.4) предназначена для обеспечения выполнения всего комплекса операционных функций, необходимых для:

- работы системы с реальным объектом контроля;

- имитации проверки объекта контроля;

- тест-контроля модулей коммутации и управления.

С этой цель на панели «МАСКА» расположены органы управления:

- ниспадающее меню выбора режима «РЕЖИМ»;

- ниспадающее меню выбора способа выдачи информации (покадрово или непрерывно) в процессе проверки или имитации проверки ОК,

а также центральные кнопки управления процессом покадрового выполнения программы контроля:

- «ДАЛЕЕ>»; - «<НАЗАД»; - «СТОП»; - «ЗАНОВО»,

функциональное назначение которых соответствует названию.

Кроме того, слева и справа от центральных кнопок находятся терминалы ввода номеров начального и конечного кадра соответственно. Номер начального

кадра по умолчанию равен единице, а номер последнего кадра автоматически вычисляется при первом запуске программы контроля и в дальнейшем сохраняется как константа. Расположенные рядом с терминалами вспомогательные кнопки «#» служат для мгновенного сброса показаний соответствующего терминала к начальному значению.

Необходимо также отметить, что панель управления «МАСКА» позволяет регулировать скорость выдачи и обработки контрольных кадров с помощью ниспадающего меню «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПАУЗЫ».

Органы индикации панели управления «МАСКА» включают в себя, в первую очередь, окно отображения текущего контрольного кадра, снабжённое дополнительным автоматическим счётчиком кадров. Счётчик кадров выдаёт номер кадра, заранее присвоенный программой, а не прочитанный в виде комментария, тем самым исключая возможные последствия от наличия ошибки нумерации кадров, допущенной при составлении ПК электросборки в ПС «МАСКА».

К каждому кадру при включении режима имитации доступен комментарий (в окне «Комментарий»), указывающий оператору на тип действия, которое он должен совершить (включить тумблер, проверить лампочку и пр.) в процессе текущей элементарной проверки, либо описывающий действие, которое выполняет программа автоматически.

В нижней части панели управления «МАСКА» расположен блок имитации МКУ, который введён для дополнительной визуализации процесса контроля и состоит в общем виде из 300 цветовых индикаторов-клемм (по 100 – на каждый из 3-х МКУ, по 50 – на каждый штепсельный разъём одного МКУ), разбитых на 6 двухмерных массивов. Каждый индикатор-клемма способен светиться 5-ю различными цветами в зависимости от типа подаваемого на него сигнала.

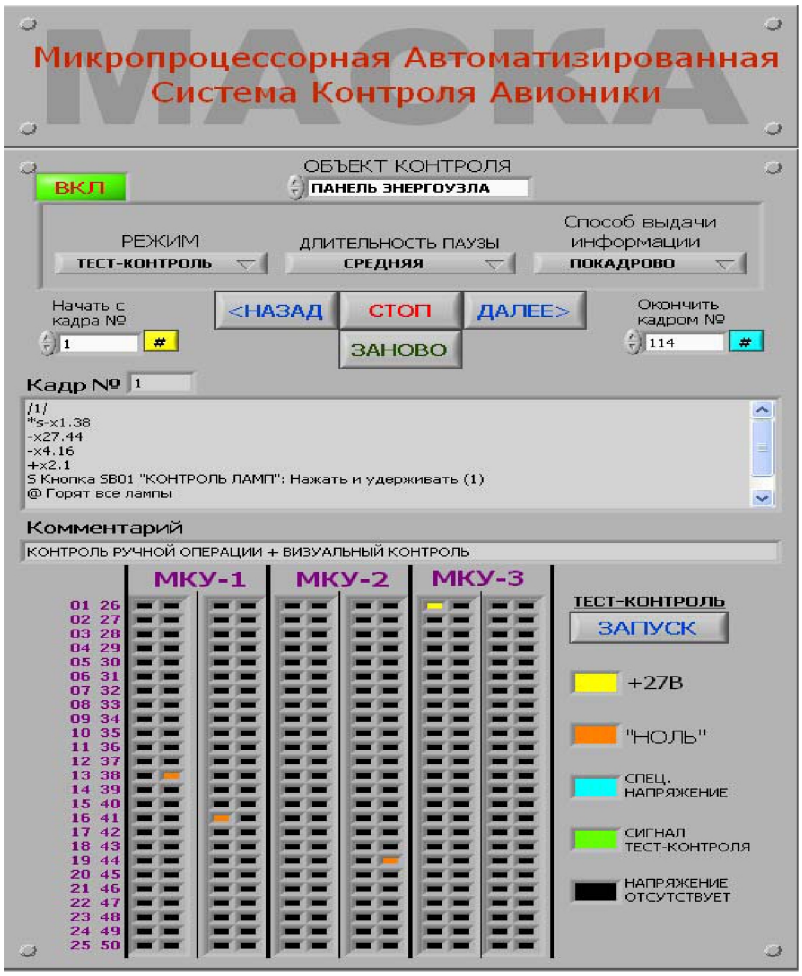


Рисунок 3.2.4 – Панель управления системой «МАСКА»

Таблица соответствия типа сигнала и цвета клеммы представлена там же (на блоке имитации МКУ) правее индикаторов.

Кнопка «ТЕСТ-КОНТРОЛЬ», расположенная в правой верхней части блока имитации МКУ предназначена для непосредственного запуска тест-контроля и обнуления полученных результатов. Кнопка работоспособна только в режиме «ТЕСТ-КОНТРОЛЬ», выбираемом через ниспадающее меню «РЕЖИМ».

Панель имитации ОК (рисунок 3.2.5) носит вспомогательный характер и в общем виде в зависимости от типа электросборки может быть как представлена, так и нет. Критерием является наличие ручных операций и (или) операций визуального контроля при проверке данной электросборки. Число операций определяет сложность и трудоёмкость выполнения имитационной панели.

В рассматриваемой системе «МАСК-ПЭ» объектом контроля является панель энергоузла (ПЭ) самолёта Ту-154. Панель имитации ПЭ выполнена с максимальной точностью отображения внешнего вида настоящей ПЭ. Все элементы управления ЭУ (тумблеры, переключатели) и элементы индикации ЭИ (вольтметры, амперметры, частотомеры, сигнальные лампы) на ней работоспособны и допускают возможность воздействия на них в процессе имитации.

Кнопка «КОНТРОЛЬ ЛАМП» конструктивно расположена на панели запуска ВСУ, объединённой на самолёте Ту-154 в один блок с панелью энергоузла. Однако, функционально данная кнопка является общей для обеих панелей, и поэтому её модель вынесена на панель имитации ОК в дополнение к указанным выше элементам и располагается в её нижней части в том месте, где реальная панель энергоузла и панель запуска ВСУ стыкуются между собой.

По краям панели имитации ОК расположены визуальные модели винтовых элементов крепления.

Дополнительными индикаторными элементами, отсутствующими на реальной ПЭ, но введёнными в виртуальную панель для визуальной подсказки, являются сигнализаторы положения элементов управления, которые работают следующим образом.Если в контрольном кадре есть ссылка на одну или несколько ручных операций, то соответствующий указанному в кадре ЭУ сигнализатор положения включается в работу и начинает мигать розовым цветом, если положение ЭУ не соответствует указанному в кадре. Если же положение ЭУ является верным, то сигнализатор продолжает гореть не мигая.

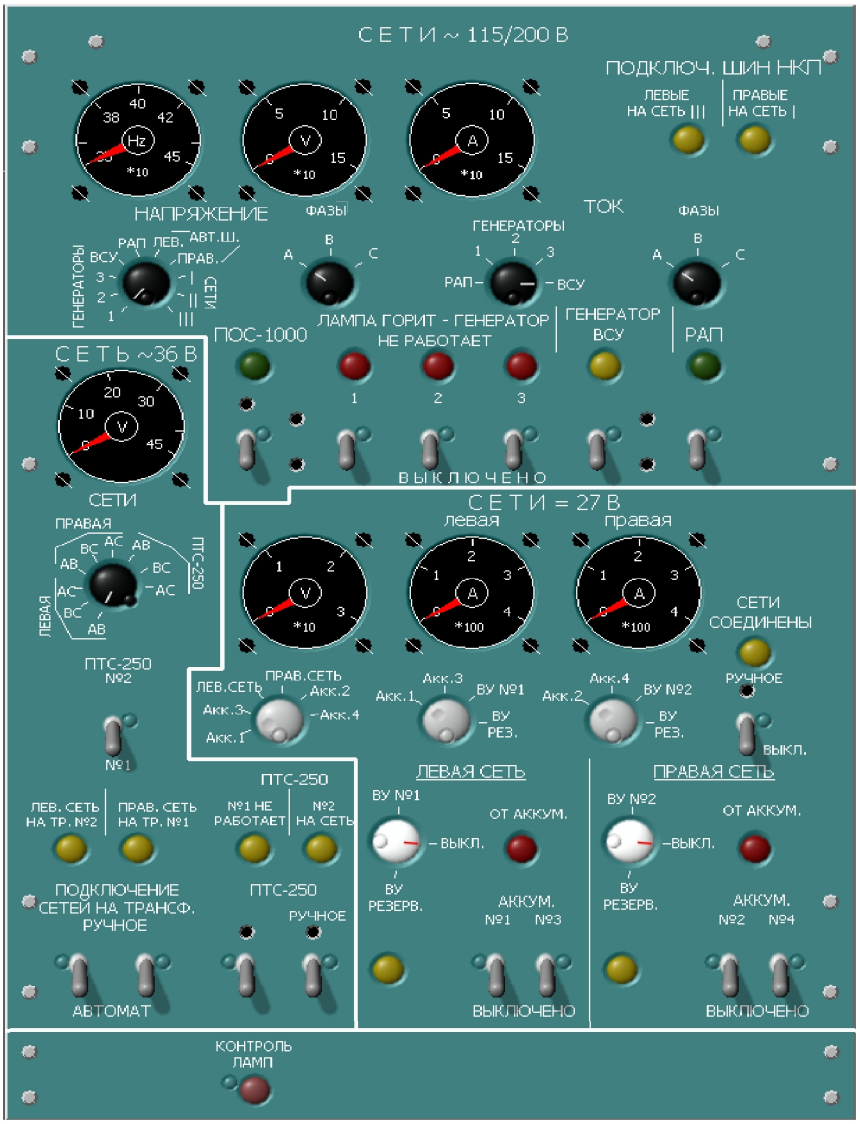


Рисунок 3.2.5 – Панель имитации объекта контроля

3.3 Методика повышения качества технического обслуживания информационных комплексов высотно-скоростных параметров с применением системы МАСКА

В составе современного комплекса бортового авиационного оборудования особое место занимает информационный комплекс высотно-скоростных параметров ИКВСП, предназначенный для измерения, вычисления и выдачи экипажу и бортовым автоматическим системам информации о высотно-скоростных параметрах, температуре, угле атаки и вертикальной перегрузке самолета, который применяется на разных типах воздушных судов (ВС) как гражданской, так и военной авиации.

Проверка встроенным контролем обеспечивает только интегральную оценку функциональной работоспособности комплекса ИКВСП, а с помощью контрольно-поверочной аппаратуры дает лишь абсолютную величину измеряемого параметра и не имеет возможности оценить метрологические характеристики измерительных каналов, а также эволюцию их поведения при эксплуатации во времени. Нет возможности проверить функционирование отдельных элементов, произвести контроль технического состояния электромонтажа, измерить параметры отдельных цепей. В настоящее время данный метод обслуживания не обеспечивает безотказность системы в течение установленного ресурса. Одним из перспективных методов упреждающего обслуживания является метод проверки технического состояния бортовых комплексов с использованием Микропроцессорной Автоматизированной Системы Контроля Авионики (МАСКА). Система МАСКА является унифицированным автоматическим комплексом средств контроля, диагностики и прогностики состояния сложных систем бортового оборудования ВС с использованием унифицированного системного комплекса коммутаторов, уникальных программно-аппаратных стимуляторов, анализаторов и модульных контрольно-измерительных приборов стандарта Pci eXtention for Instrumentation (PXI), а также распределенной сети контрольно-измерительных локальных интеллектуальных коммутаторов.

Также универсальность и гибкость структуры позволяют компоновать различные варианты системы, оптимизируя состав комплекса программно-технических средств для решения различных задач, одним из которых является вариант системы «МАСКА» для технического обслуживания и снятия метрологических характеристик информационных комплексов высотно-

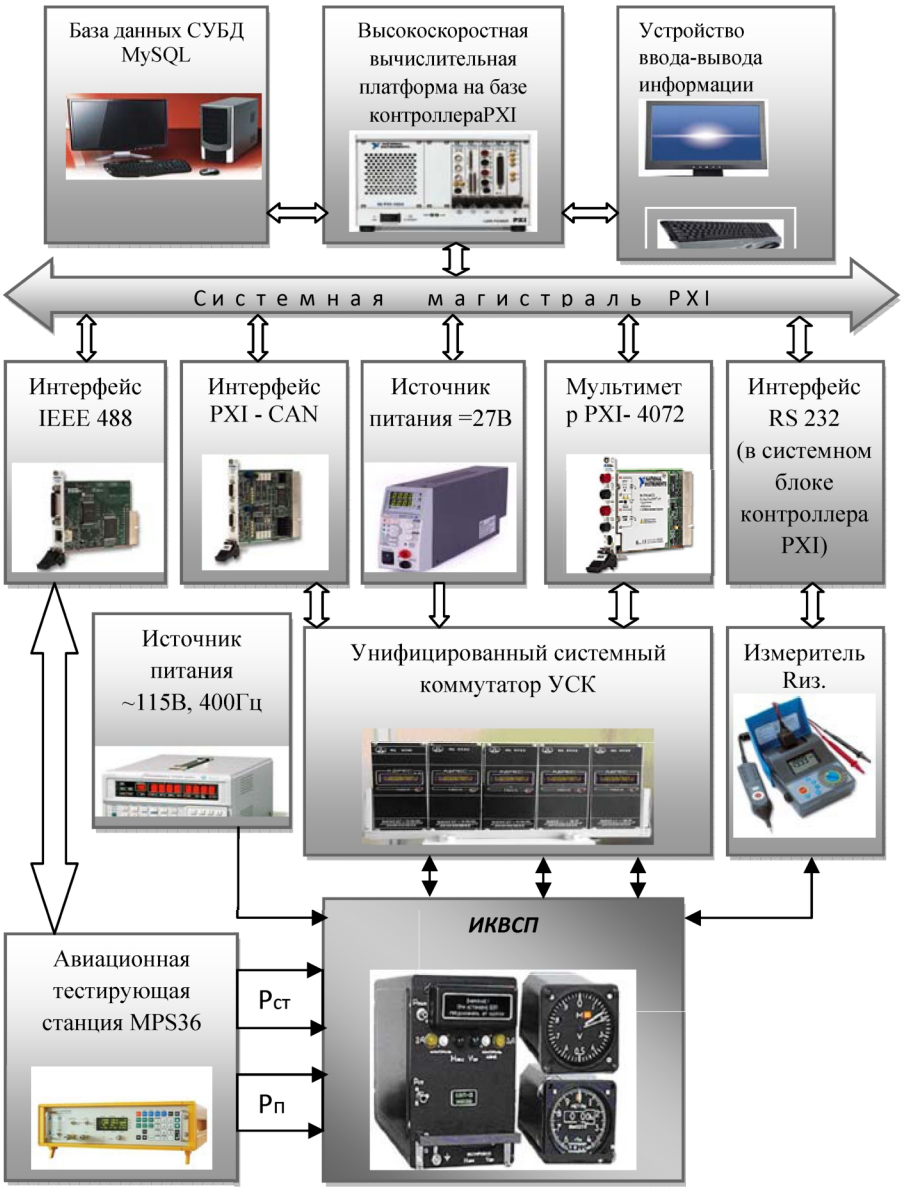


Рисунок 3.3.1 - Структурная схема варианта системы МАСКА

скоростных параметров. Реализация этого варианта МАСКА производится в двух исполнениях:

1 Вариант МАСКА на базе контрольно-измерительных приборов стандарта PXI для входного контроля и снятия метрологических характеристик ИКВСП перед монтажом комплекса на борт самолета в лабораторных условиях;

2 Вариант МАСКА на базе NOTE BOOK для технического обслуживания, снятия метрологических характеристик и качественных параметров ИКВСП на борту самолета в эксплуатации.

Первое исполнение представлено на структурной схеме МАСКА (рисунок 3.3.1). Взаимодействие всех составных частей комплекса обеспечивает высокоскоростная вычислительная платформа и контроллер PXI. Коммутация контрольно-стимулирующих сигналов и контрольно-измерительных электрических цепей осуществляется унифицированным системным коммутатором (УСК), управление которым производится через CAN-интерфейс модуля PXI. Для измерения активного сопротивления, емкости и индуктивности используется мультиметр PXI, а для измерения сопротивления изоляции используется измеритель MI 2123, который передает данные через интерфейс RS-232. Для создания условий имитирующих полет в состав комплекса входит авиационная тестирующая станция MPS31C, управляемая через интерфейс IEEE 488.

Программные средства системы МАСКА реализованы в среде графического программирования «LabVIEW» (среда разработки лабораторных виртуальных приборов), которая широко используется в промышленности, образовании и научно-исследовательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для сбора данных и управления приборами. «LabVIEW» – мощная и гибкая программная среда, применяемая для проведения измерений и анализа полученных данных, которую можно использовать на компьютерах с различными типами современных операционных систем.

Лицевая панель содержит:

- элементы управления (controls), которые являются средствами ввода-вывода данных со стороны пользователя и управления режимами процессов контроля, диагностики и анализа данных;

- элементы индикации (indicators) – индикация входных и выходных данных, состояния активных точек коммутатора и электрических цепей контролируемых объектов в процессе контроля;

- приборную панель контролируемого объекта;

- вспомогательные элементы управления, индикации и настройки, улучшающие сервисные опции и визуализацию процесса (по ТЗ Заказчика).

Концепция «LabVIEW» сильно отличается от последовательной природы традиционных языков программирования, предоставляя разработчику лёгкую в использовании графическую оболочку, которая включает в себя весь набор необходимых инструментов, где алгоритм создаётся в графической иконной форме (pictorial form), образующей, так называемую блок-диаграмму (block-diagram), что позволяет исключить множество синтаксических деталей. Таким образом, с помощью «LabVIEW» можно программировать решаемую задачу в виде графической блок-диаграммы, которая компилирует алгоритм в машинный код, тем самым затрачивая значительно меньше времени и усилий по сравнению с написанием традиционной программы.

Виртуальный прибор состоит из двух компонентов – лицевая панель и блок-диаграмма. Лицевая панель прибора в процессе контроля технического состояния электрических цепей (контроль логики функционирования отдельных элементов и электрических цепей, сопротивления проводников и их изоляции) представлена на рисунке 3.3.2.

Работа программы возможна в одном из трех режимов – тест, имитация и работа. Режим “Тест” предназначен для подачи тестовых сигналов в УСК и оценки получаемых сигналов. Режим “Имитация” предназначен для ознакомления и демонстрации принципа работы и особенностей процесса контроля. В этом режиме используется вкладка “Имитация”, которая формирует различные сигналы, имитирующие сигналы, получаемые с реального объекта контроля. Режим “Работа” является основным и предназначен для применения программы по назначению.

Работа программы возможна в одном из трех режимов – тест, имитация и работа. Режим “Тест” предназначен для подачи тестовых сигналов в УСК и оценки получаемых сигналов. Режим “Имитация” предназначен для ознакомления

и демонстрации принципа работы и особенностей процесса контроля. В этом режиме используется вкладка “Имитация”, которая формирует различные сигналы, имитирующие сигналы, получаемые с реального объекта контроля. Режим “Работа” является основным и предназначен для применения программы по назначению.

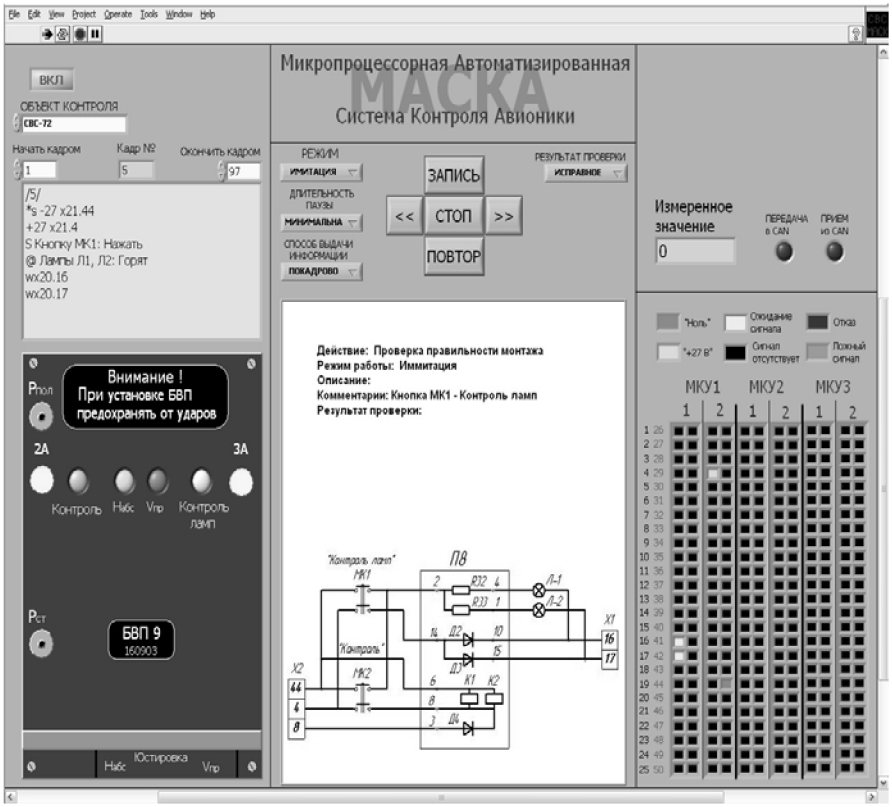


Рисунок 3.2.2 – Лицевая панель виртуального прибора варианта системы МАСКА для контроля блока БВП из состава ИКВСП

На основе анализа принципов взаимодействия элементов принципиальных схем, составляется программа контроля для каждой из них. Алгоритм составляется таким образом, чтобы охватить по возможности все элементы проверяемых цепей и осуществить контроль или диагностирование объекта контроля с минимальными временными затратами и максимальной объективностью. Основные этапы контроля включают в себя:

- контроль технического состояния электрических цепей (контроль логики функционирования отдельных элементов и электрических цепей, сопротивления проводников и их изоляции);

- измерение параметров электрических цепей и контроль метрологических характеристик выходных элементов каналов измерения;

- контроль функционирования по заданным входным параметрам воздушных давлений и электрических сигналов и снятие метрологических характеристик каналов измерения.

На рисунке 3.3.3 представлена таблица реальных параметров канала измерения приборной скорости V пр. при различных фиксированных значениях статического и динамического давлений, заданных программно, и расчетные, относительно которых получены метрологические характеристики изображенные на рисунке 3.3.4. На рисунке 3.3.5 представлены метрологические характеристики выходного потенциометра канала приборной скорости.

При проведении данной проверки на вход динамического давления подается давление 122 мм рт. ст., при котором контрольное значение приборной скорости равно 570 км/ч. и при достижении заданного давления прибор отработает показание. Допустимая погрешность равна ±5 км/ч.

Затем по программе отрабатывается весь ряд значений динамического давления Рд. Результаты проверки записываются в таблицах: V пр. (реал), Vпр., ΔV, а также в виде графиков ΔV(Рд) и ΔR(Рд).

Из таблицы и графиков следует, что погрешность канала измерения приборной скорости V пр. находится в пределах нормы, но погрешность выходного потенциометра R находиться на граничных значениях, при этом

погрешность всего канала измерения приборной скорости V пр. не в значительной степени зависит от погрешности выходного потенциометра.

$P_д$	$V_{пр}$ (реал)	$V_{пр}$ (расч)	ΔV
2,27	76,81	80,00	3,19
3,55	104,82	100,00	- 4,82
8,01	146,43	150,00	3,57
14,27	200,87	200,00	- 0,87
22,39	250,87	250,00	0,17
32,29	298,54	300,00	1,46
44,32	353,47	350, 00	- 3,47
58,25	397, 97	400,00	2,03
92,38	504,98	500,00	- 4,98
135.46	594,57	600,00	5,43
188,35	598,94	700.00	1,06
252,1	807,62	800,00	- 7,62

Рисунок 3.3.3 – Табличные таблица реальных параметров канала измерения приборной скорости V пр. (погрешность в пределах нормы)

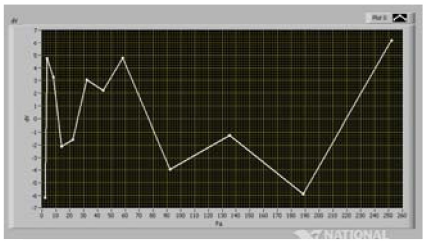


Рисунок 3.3.4 – Метрологические характеристики проверки канала измерения приборной скорости V пр.(погрешность в пределах нормы)

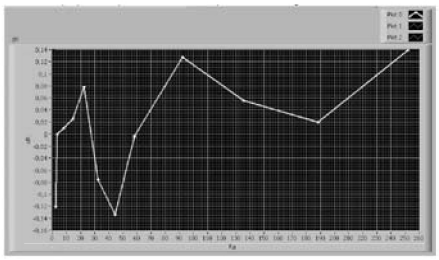


Рисунок характерис потенциом скорости нормы)

Это видно из графиков, где погрешности в контрольных точках выходного потенциометра компенсируются погрешностями всего измерительного канала. Однако следует обратить внимание на метрологические характеристики выходного потенциометра, который следует заменить или провести промывку щеток, так как погрешности выходного потенциометра и всего канала измерения

приборной скорости на конечных контрольных значениях совпадают и при дальнейшей эксплуатации погрешность измерения превысит норму.

Таблица и графики заносятся в базу данных, т. е. в карточку технического состояния блока БВП информационно-измерительного комплекса высотно-скоростных параметров ИКВСП. Табличные значения параметров в контрольных точках при каждой последующей проверки и снятии метрологических характеристик анализируются, и определяется градиент изменения выходных параметров и срок службы блока до его замены или ремонта, упреждая, таким образом, отказ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гренандер У.Лекции по теории образов в 3-х томах. 1 Синтез образов. Изд-во “Мир”, Москва, 1979 г. 382 с.

2. Гренандер У.Лекции по теории образов в 3-х томах. 2 Анализ образов. Изд-во “Мир”, Москва, 1979 г. 447 с.

3. Гренандер У.Лекции по теории образов в 3-х томах 3 Регулярные структуры. Изд-во “Мир”, Москва, 1979 г. 432 с.

4. Крон Г. Тензорный анализ сетей. М.: Сов. Радио, 1978 г.574 с.

5. Микропроцессорная автоматизированная система контроля авионики МАСКА: отчет о НИР (заключ.): № гос. регистрации 01200701841; рук. А. А. Коптев; исполн. В. А. Прилепский и др.. - Самара. 2009. – 72с.

6. Пат. 2377585 Российская Федерация, МПК G01R31/02. Автоматизированная система контроля монтажа, параметров электрических цепей и диагностики неисправностей сложных устройств электроаппаратуры и токораспределительных сетей/Прилепский В. А., Коптев А. Н., Прилепский И. В.; Заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью “2ПР”. - №2008114722/28; заявл. 14.04. 08; опубл. 20.10.09.