

## **Организация процесса анализа контролепригодности авиационных систем**

**Спиридонов И.Б.**

*Корпорация «Иркут», Ленинградский проспект, 68, Москва, 125315, Россия*

*e-mail: igori.spiridonov@irkut.com*

### **Аннотация**

Описана функциональная модель производственной системы для решения задачи «анализ контролепригодности самолета». Для построения производственной модели применена методология IDEF (ICAM Definition). Методология позволяет проектировать производственно - технологические и организационные системы для решения различных задач, определять способы обмена информацией между специалистами и требования к необходимым ресурсам, в частности к специализированному программному обеспечению для выполнения анализа контролепригодности.

**Ключевые слова:** авиационная техника, авиационные системы, отказобезопасность, контролепригодность, техническое обслуживание, встроенные средства контроля, модель производственной системы, диаграмма, дерево узлов.

### **1. Введение**

Вопросы обеспечения контролепригодности, т. е. приспособленность конструкции объекта к техническому диагностированию, должны рассматриваться как органическая часть процесса проектирования, это обусловлено тем, что процедура восстановления систем характеризуется высоким временем поиска неисправностей (отказов) [1]. Низкий уровень контролепригодности увеличивает это время. Разработка встроенных средств контроля, назначение точек контроля для снятия диагностических параметров в процессе функционирования авиационной системы позволяет значительно повысить показатели надежности, качества функционирования, сократить затраты на обслуживание и ремонт при эксплуатации.

Решение задачи анализа контролепригодности с целью оптимизации алгоритмов автоматического выявления отказов для сокращения затрат, связанных с проектированием «избыточного контроля» и усложнением процедур по устранения неоднозначностей причин отказов делает данную задачу одной из ключевых фаз процесса проектирования авиационных систем.

## **2. Контролепригодность авиационных систем**

Эксплуатация авиационной техники и в частности авиационных систем сопровождается сравнительно высокими затратами на поддержание необходимого уровня отказобезопасности, вероятности вылета по расписанию и работоспособного состояния в течение всего срока эксплуатации. Сохранение работоспособности авиационных систем (поддержание летной годности самолета) обеспечивается плановым техническим обслуживанием (ТО) и ремонтом, а также внеплановым техническим обслуживанием, для устранения неисправностей возникающих в межпрофилактические периоды. При этом, сохранение высокого уровня

отказобезопасности в полёте должно обеспечиваться сто процентной выявляемостью отказов, представляющих угрозу безопасному завершению полёта и достоверной индикацией этих отказов экипажу для принятия соответствующих корректирующих действий (парирования ситуации).

Повышение степени автоматизации управления объектами с возможными опасными последствиями при возникновении отказов в системах, как правило, влечет снижение надежности функционирования объекта (без принятия специальных мер) и тем самым увеличивает частоту опасных последствий. Высокая степень отказобезопасности обеспечивается, в том числе, реализацией в системах такого свойства, как контролепригодность.

Проектирование с учетом задач контролепригодности позволяет повысить коэффициент готовности и вероятность безотказной работы авиационной техники, снизить трудоемкость и стоимость эксплуатации, повысить их ремонтпригодность [4].

Обеспечение приспособленности конструкций к проведению проверок методами и средствами контроля связано с дополнительными затратами. Однако в процессе эксплуатации эти затраты окупаются за счет повышения безопасности и надежности, эффективного планирования технического обслуживания (определение периодов проведения планового ТО) и сокращения расходов на его проведение .

Для достижения требуемых показателей надежности и безопасности в ходе проектирования необходимо проведение тщательного «надежностного» анализа систем и объекта в целом с учетом многих факторов, одним из которых являются характеристики встроенных средств контроля и выбранные процедуры по

поддержанию летной годности [2]. Встроенные средства контроля систем представляют собой аппаратно-программные средства контроля, которые в современных системах интегрированы в устройства управления.

С учетом факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики авиационных систем и самолета в целом становится актуальным проведение анализа контролепригодности конструкции систем при проектировании и определение в процессе анализа степени влияния контролепригодности выбранной конструкции на безопасность и эксплуатационные затраты [5].

На основании изложенного можно определить перечень основных задач по обеспечению контролепригодности в процессе проектирования:

1. Обоснование и разработка требований к функциональным системам воздушного судна по контролепригодности, формирование облика средств контроля. (Эскизное проектирование).

2. Разработка концепции эксплуатационного контроля воздушного судна, требований по контролепригодности к функциональным системам (Техническое проектирование).

3. Разработка встроенных средств контроля, как составной части системы. Анализ контролепригодности типовой конструкции системы. Оценка проектных показателей контролепригодности функциональных систем (Рабочее проектирование-разработка РКД).

4. Подтверждение требований по контролепригодности по результатам испытаний функциональных систем. (Испытания – Сертификация типа).

5. Оценка эффективности встроенных средств контроля для целей технического обслуживания.

6. Проведение мероприятий по устранению недостатков (замечаний и несоответствий), выявленных на всех этапах разработки и испытаний систем.

### **3. Функциональная модель производственной системы для решения задачи «Анализ контролепригодности самолета»**

В настоящее время в процесс проектирования внедряются компьютерные технологии, позволяющие повысить эффективность работ, снизить затраты за счет эффективного планирования и использования ресурсов, в том числе вычислительных, возникла необходимость создания программ по компьютеризации процессов разработки и производства. Программа интегрированной компьютеризации производства ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing), впервые была реализована в конце 70-х годов в США. Реализация этой программы потребовала создания адекватных методов анализа и проектирования производственно - технологических и организационных систем (далее производственных систем) и способов обмена информацией между специалистами.

В рамках программы ICAM была разработана методология IDEF (ICAM Definition), основанная на методе структурного анализа и проектирования SADT (Structured Analysis & Design Technique), разработанного Дугласом Т. Россом, позволяющем моделировать производственную систему для решения конкретных задач по разработке и производству технических объектов [3].

Функциональная модель производственной системы по реализации задачи «Анализ контролепригодности самолета» построена с использованием методологии

IDEF, отображающей структуру и функции производственной системы, а так же потоки информации и материальные объекты, связывающие функции этой модели.

Модель производственной системы представлена в графическом виде и представляет собой совокупность взаимодействующих частей, обеспечивающих решение основной задачи модели: анализ контролепригодности самолета.

Частями этой модели являются комбинации разнообразных сущностей: специалисты, информация, программное обеспечение, нормативы, требования, результат и др. Модель описывает процессы производственной системы, как она управляется, какие сущности она преобразует, какие средства использует для решения задачи анализа контролепригодности при проектировании самолета и разработке авиационных систем.

Модель производственной системы представлена набором диаграмм различного уровня детализации и деревьями узлов, которые представляют отношения между родительскими и дочерними узлами модели в форме древовидного графа.

Связи и воздействия на диаграммах в соответствии с методологией IDEF могут сопровождаться пояснениями в виде текстов, обозначений, формул, символов и др., которые являются справочной информацией характеризующей процесс. Методология не определяет требований к форме и объему справочной информации, ее достаточность и форма представления в модели определяется ее разработчиком. Обозначения потоков принятые на диаграммах регламентируются и имеют следующие обозначения на диаграммах: I (Input) – вход, C (Control) – управление, O (Output) – выход, M (Mechanism) – механизм.

Родительская диаграмма «Постановка основной задачи» (узел А-О) - это контекстная диаграмма верхнего (высшего) уровня, описывающая функцию верхнего уровня, ее входы, выходы, управление и механизмы вместе с формулировкой цели производственной модели: определение показателей контролепригодности. При создании моделей производственных систем постановка задачи и определение цели может осуществляться одним или несколькими участниками процесса, при этом производственная модель будет отражать различные подходы к решению задачи. В рассматриваемом случае производственная модель отражает подходы специалистов по контролепригодности для решения основной задачи «Анализ контролепригодности самолета. Постановка основной задачи» (рис. 1).

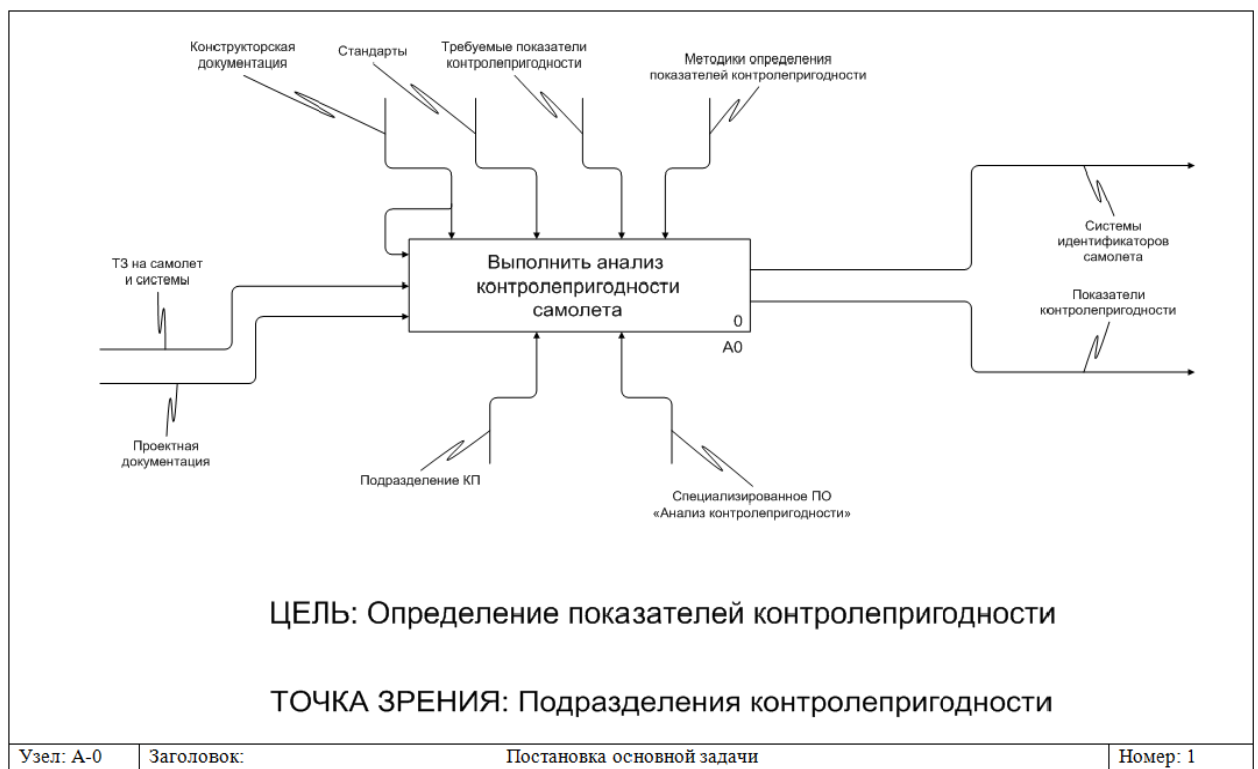


Рис. 1 Постановка основной задачи

Данная диаграмма характеризуется следующими необходимыми условиями:

1. В качестве входной информации для запуска процесса является техническое задание на самолет и технические задания на разработку систем, в которых сформулированы требования в части обеспечения контролепригодности, а также проектная и конструкторская документация, содержащая технические характеристики и основные параметры, которые должны быть реализованы в проекте.
2. В качестве средств и методов контроля процесса применимы конструкторская документация, стандарты по тематике, численные значения требуемых показателей контролепригодности, методики определения показателей контролепригодности и др.
3. В качестве механизмов реализации основной задачи представлены основные ресурсы для ее решения специалисты по контролепригодности (подразделение контролепригодности) и смежным дисциплинам, специализированное программное обеспечение по анализу контролепригодности, разработанное и представленное в данной работе.
4. Поток выходной информации по результатам решения основной задачи: системы идентификаторов самолета и расчетные значения показателей контролепригодности.

Диаграмма так же определяется «Целью» и «Точкой зрения». В качестве «Цели» дается формулировка причины создания модели, а «Точка зрения» - это



структура (подразделение) с позиции которой разрабатывается модель производственной системы.

Детализация «родительской диаграммы» представлена в виде дочерней (порожденной) диаграммы, создаваемая при разделении задачи узла А-0 на задачи-компоненты, это позволяет конкретизировать требуемые ресурсы и механизмы решения основной задачи с высоким уровнем точности, оценить достаточность и достоверность входных и выходных потоков информации, связи блоков данных и их взаимовлияния.

Дочерняя диаграмма «анализа контролепригодности самолета» (узел А0) - диаграмма первого уровня, диаграмма охватывает ту же область, что и узел А-0, с более подробной детализацией задачи (Рис. 2).

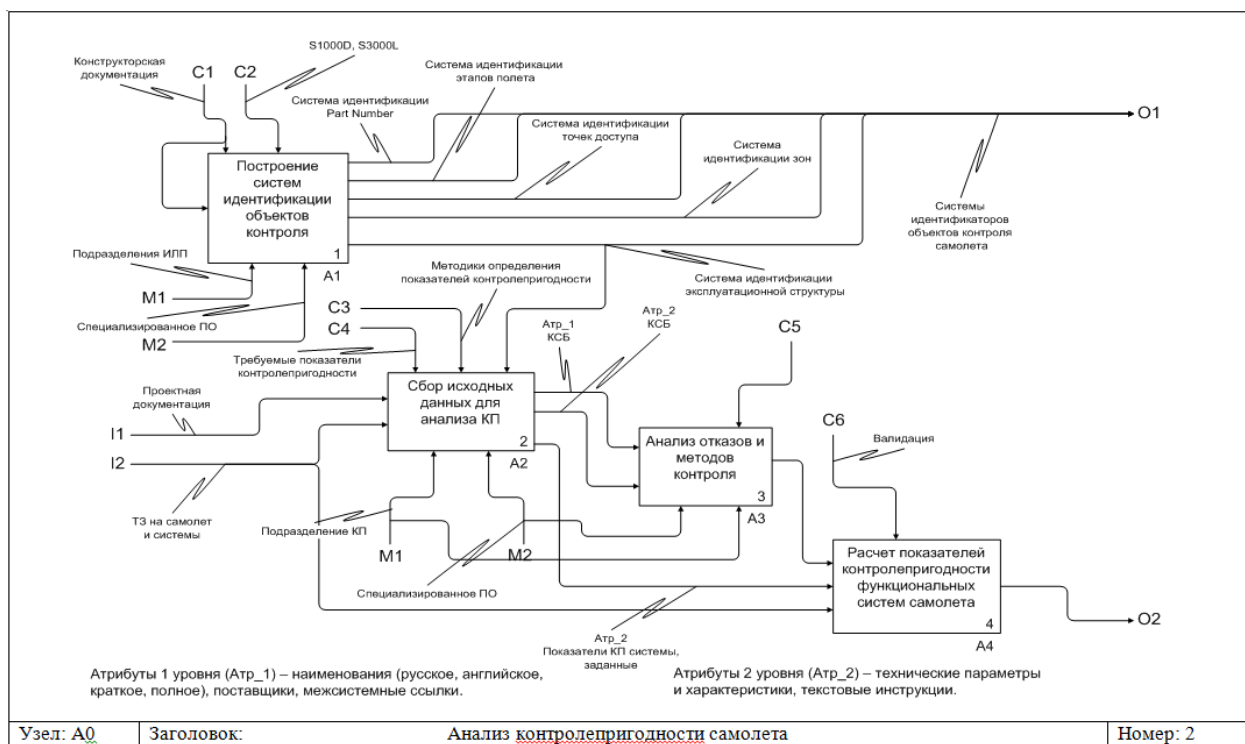


Рис.2 Анализ контролепригодности самолета

Узел А0 представлен четырьмя блоками, представляющими детализацию задачи анализа, внутренними связями, входными и выходными потоками

информации, управлением и механизмами ее реализации. Из диаграммы следует, что для анализа контролепригодности необходимо:

1. Построить системы идентификации объектов контроля. Отсутствие или несовершенство системы идентификации не позволит реализовать базу данных различных характеристик объектов контроля для построения моделей и проведения автоматического анализа (Узел А1).
2. Произвести сбор исходных данных для анализа КП (Узел А2).
3. Произвести анализ отказов и методов контроля (Узел А3).
4. Произвести расчет показателей контролепригодности функциональных систем самолета (Узел А4).

При создании диаграммы А0 произведена детализация процесса по выполнению основной задачи, детализация требуемых входных и выходных потоков информации, контроля и механизмов реализации, в частности в качестве механизма реализации процесса возникла необходимость привлечения специалистов информационно-логистической поддержки (М1), в качестве контроля дополнительно привлекается разработанная система идентификации эксплуатационной структуры (С5) и процедура утверждения результатов анализа (С6). Диаграмма имеет два входа, два выхода, шесть инструментов контроля и два механизма реализации процесса.

В статье предлагается подробно рассмотреть характеристики узла А4. Дочерняя диаграмма узел А4 «Расчет показателей контролепригодности функциональных систем самолета» - диаграмма второго уровня, создаваемая при

декомпозиции узла А0 (Рис. 3). Данная диаграмма является ядром производственной модели для реализации основной задачи «Анализ контролепригодности».

Следует немного подробнее остановиться на структуре данной диаграммы, которая определяет процедуру анализа контролепригодности функциональных систем и самолета.

Входной поток информации узла А4 является выходом узлов А1, А2, А3 и представляет собой исходные данные для проведения анализа контролепригодности, которые включают в себя данные об эксплуатационной структуре самолета, характеристики объектов контроля, их идентификаторы разного рода, виды отказов их характеристики и признаки, характеристики надежности и другую дополнительную информацию, которая позволяет создать модель самолета и его основных функций с максимальным приближением к физической реализации.

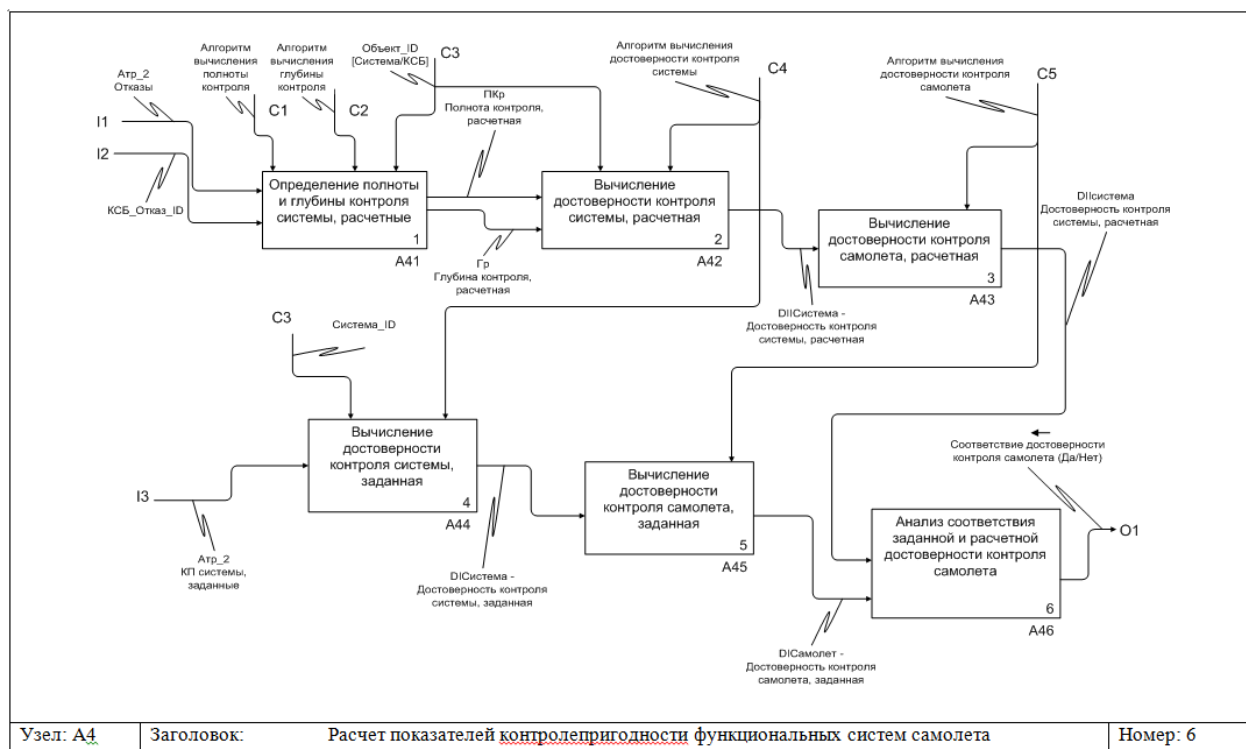


Рис. 3 Расчет показателей контролепригодности функциональных систем

Выход узла представляет результат анализа, который позволяет принять решение о степени соответствия разработки заданным требованиям.

Узел А4 представляет собой процедуру вычислений показателей контролепригодности, которая должна управляется (контролироваться) специализированным программным обеспечением.

Диаграмма «Расчет показателей контролепригодности функциональных систем самолета» включает блоки:

1. Определениеполноты и глубины контроля системы, расчетные (узел А41).
2. Вычисление достоверности контроля системы, расчетная (узел А42).
3. Вычисление достоверности контроля самолета, расчетная (узел А43).
4. Вычисление достоверности контроля системы, заданная (узел А44).
5. Вычисление достоверности контроля самолета, заданная (узел А45).
6. Анализ соответствия заданной и расчетной достоверности контроля самолета (узел А46).

Методология IDEF не регламентирует степень детализации (уровень декомпозиции) диаграмм описывающих производственную модель, в основном это субъективный взгляд на процесс и его понимание разработчика модели. Следует отметить, что детализация процессов может повлиять на инструменты управления и механизмы реализации процессов.

В нашем случае при разработке Узла А4 была определена номенклатура параметров контролепригодности, подлежащих вычислению, определены критерии оценки, необходимые для проведения объективного и достаточного анализа. И как следствие этого, узел А4 определяет номенклатуру алгоритмов, которые должны

быть реализованы в специальном программном обеспечении для проведения расчетов. При отсутствии коммерческих версий программного обеспечения, позволяющего решать задачи определенные данной моделью, возникает необходимость разработки специального программного обеспечения, реализующего требования модели. Перечень алгоритмов, определенных в диаграмме (Узел 4), является обоснованием и заданием на их разработку и реализацию в специальном программном обеспечении.

Диаграммы могут быть дополнены деревьями узлов, которые являются графическим представлением связей диаграмм разного уровня.

Деревья узлов позволяют определить вертикальные (межуровневые) и горизонтальные связи узлов производственной модели. На рис. 4 представлено дерево узла А.

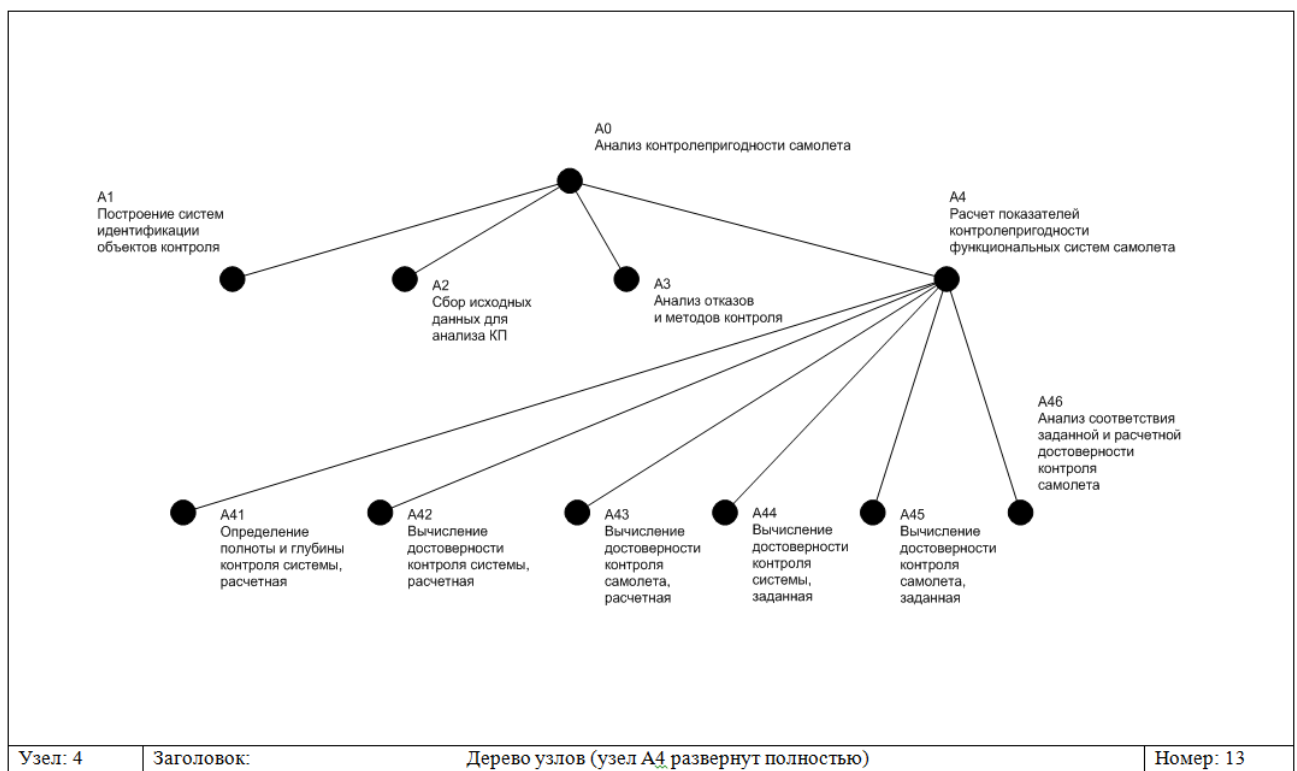


Рис.4 Дерево узлов (узел А4)

#### 4. Выводы

Предложенный подход к организации процесса проектирования позволяет:

1. Разрабатывать сетевые графики разработки с учетом задач всех участников процесса проектирования
2. Планировать ресурсы, трудоемкости и риски
3. Разрабатывать требования к средствам обеспечения, в частности к специализированному программному обеспечению анализа контролепригодности самолета.

На основании разработанных требований к программному обеспечению для решения задачи анализа контролепригодности самолета было разработано специализированное программное обеспечение с учетом факторов, влияющих на безопасность и эксплуатационную технологичность самолета, и обеспечивающее реализацию функций:

- расчет основных показателей контролепригодности агрегатов и функциональных систем самолета;
- ранжирование показателей контролепригодности агрегатов. функциональных систем, самолета в целом по уровням критичности;
- выявление скрытых отказов компонентов систем;
- сравнение расчетных и заданных по ТЗ значений показателей контролепригодности;

- выдача рекомендаций по корректировке проектных решений для оптимизации встроенных средств контроля.

### **Список литературы**

1. Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования. ГОСТ 26656-85. –М.: Изд-во стандартов, 1985. – 15 с.
2. S3000L International procedure specification for Logistics Support Analysis. LSA/ Issue 0.1 2009-06-08.
3. INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183 ,1993 December 21.
4. MIL-HDBK-2165 «Testability handbook for systems and equipment».
5. Spiridonov I., Stepanyants A., Victorova V. Design testability analysis of avionic systems. Reliability: Theory and Applications (RT@A)#03(26) 9 Vol.7) 2012. September. P. 66-73.