

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На современном этапе развития гражданской авиации обязательным условием при разработке новых воздушных судов (ВС) является создание для них системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Кроме того, в связи с меняющимися экономическими условиями, требуется постоянное совершенствование системы ТОиР для ВС, находящихся в эксплуатации в настоящее время. Поэтому разработка эффективной системы ТОиР для вновь создаваемых и модернизация системы для находящихся в эксплуатации ВС является актуальной задачей [1, 3].

Структура системы ТОиР представляет собой совокупность взаимодействующих объектов ТОиР, средств ТОиР, исполнителей и устанавливающей их правила взаимодействия документации (рис. 1). Поэтому ей присущи все признаки классической производственной системы.



Рис. 1. Структура системы технического обслуживания и ремонта

Следовательно, система ТОиР является типичной организационной производственной системой с протекающим и специфичными для неё производственными процессами. Как создание, так и реорганизация таких систем предполагает проведение анализа системы с использованием моделей, специально разработанных для этой цели.

Эти модели должны позволять решить следующие задачи:

- оптимизация, оценка и распределение затрат как внутри самой системы, так и при взаимодействии с другими элементами;
- оценка функциональной производительности, загрузки и сбалансированности составных частей системы;
- получение детального описания выполняемых процессов;

– возможность хранения, оперативного использования и корректировки информации об изделии.

В настоящее время в работах [2, 3] разработана модель ТОиР на основе ориентированных графов. Эта модель отражает последовательность изменения технического состояния ВС между полетами. Узлы графов представляют плановые и внеплановые состояния ВС в системе ТОиР, а дуги – переход из одного состояния в другое. В то же время эта модель не описывает собственно систему ТОиР и процессы, протекающие в ней, не позволяет вести анализ структурно-функционального взаимодействия между составными частями системы ТОиР (ВС, средствами ТОиР, исполнителями) и не дает детального описания конкретных производственных процессов. Она так же не дает представления о месте человека (исполнителя) в этой системе и не определяет значимость документации, которая определяет принцип взаимодействия в этой системе. Перечисленные недостатки моделей ТОиР на основе ориентированных графов не позволяют решать перечисленные выше задачи.

Всесторонний анализ деятельности производственной системы требует системного подхода, который предполагает построение комплекса моделей (структурных, функциональных, информационных и др.). При этом важно использовать современные информационные технологии, позволяющие проводить моделирование систем в автоматическом режиме.

На современном этапе для создания моделей, позволяющих решить указанные выше задачи, используют CALS-методологию [4]. Базовой идеей CALS (ИПИ) является идея информационной интеграции всех стадий жизненного цикла (ЖЦ) изделия, которая состоит в том, что все системы обеспечения ЖЦ оперируют с формализованными моделями, описывающими само изделие, технологии его производства и использования по назначению.

Для разработки моделей производственных процессов используются два подхода – графический и формальный (рис. 2).

К графическому подходу относятся методы на основе DFD, IDEF-SADT, UML, EPC, которые основываются на использовании диаграмм для описания модели системы.

Эти методы также можно разделить по подходу к тому, что представляет собой моделируемая система. Методы делятся на структурные (функциональные) и объектные.



Рис. 2. Методы синтеза структуры систем

С точки зрения моделирования систем каждый из представленных подходов обладает своими преимуществами. Объектный подход позволяет построить более устойчивую к изменениям систему и лучше соответствует существующим структурам организации. Функциональное моделирование хорошо показывает себя в тех случаях, когда организационная структура находится в процессе изменения или вообще слабо оформлена.

При выборе метода моделирования предметной области обычно в качестве критерия выступает степень её динамичности. Для более регламентированных задач больше подходят функциональные, а для более адаптивных систем – объектно-ориентированные модели.

К функциональным методикам относятся DFD, IDEF-SADT и EPC, к объектно-ориентированным – UML.

Помимо графического подхода, среди методов моделирования программных систем можно выделить формальный подход, который основан на использовании математических абстракций. Методы формального подхода строго определены, имеют четкий синтаксис и семантику. Это позволяет проводить доказательства и вывод различных свойств системы на основе математических свойств используемых абстракций

Наилучшим видится комплексное решение, объединяющее графический и формальный подходы в единой методике.

Рассмотрим возможности комплексного подхода для моделирования производственных процессов, протекающих в системе ТОНР

Структурирование и определение связей между объектами в системе ТОНР целесообразно проводить с использованием CASE-средств, например, системы BPwin.

Данный подход позволяет отразить состояния и переходы объекта внутри производственной системы, а так же позволяет более наглядно отобразить процесс взаимодействия составных частей системы ТОиР. Анализ последовательностей процессов, происходящих в производственной системе (в системе ТОиР), механизмов, посредством которых эти процессы реализуются, начинается с построения функциональной модели IDEF0 (рис. 3).

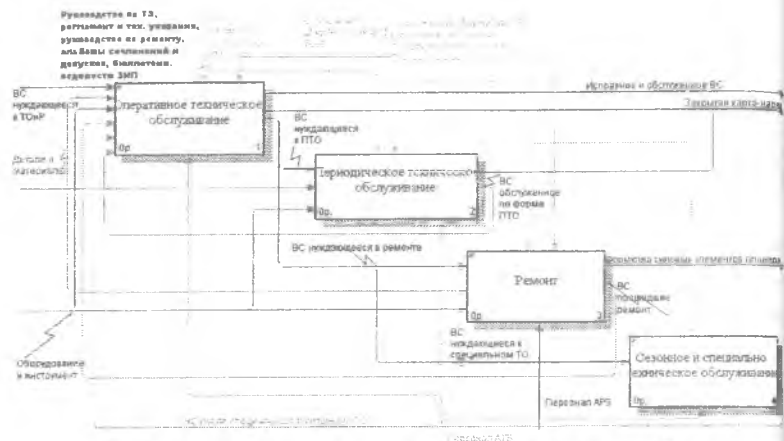


Рис. 3. Процесс взаимодействия составных частей в системе ТОиР

Процесс, протекающий в системе ТОиР, является управляющим воздействием на техническое состояние ВС с целью сохранения его лётной годности. Реализация этого процесса осуществляется через работы, выполняемые инженерно-техническим персоналом в ходе установленных эксплуатационной документацией видов и форм технического обслуживания и ремонтов. В качестве исходной информации для осуществления данного процесса выступают заявки (которые содержат перечень работ и могут содержать описание отказа или дефекта), требования (на оказания услуг), запросы (на разработку технической документации или для продления ресурса ВС), документы в условиях эксплуатации. В результате обработки заявок и требований решается, какие виды работ должны быть проведены на ВС. При выполнении заявок и требований определяются ответственные за их исполнение и документация, используемая при выполнении задач.

В случае необходимости более детального анализа одного из видов работ (конкретного вида технического обслуживания или ремонта), они также могут быть представлены в виде функциональной модели на более низшем уровне иерархической

структуры. Например, на рис. 4 представлена модель IDEF0 для технического обслуживания силовой установки.

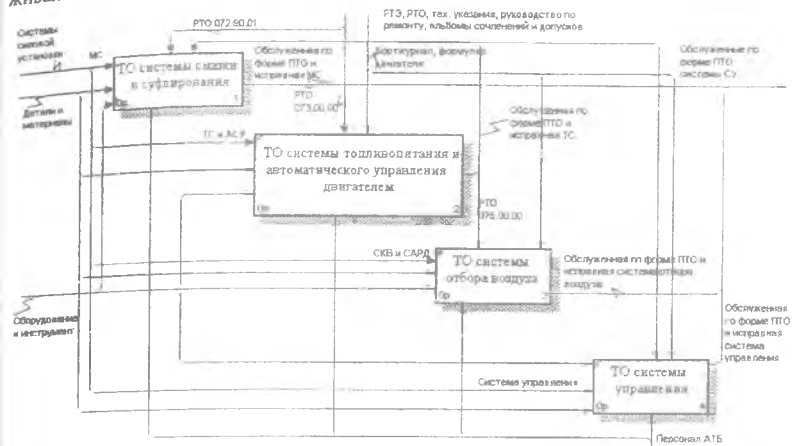


Рис. 4. Пример среза функциональной модели «Техническое обслуживание силовой установки»

При выполнении периодического технического обслуживания определяются входные требования и заявки, определяются необходимые средства и документация.

После создания функциональной модели системы ТОиР следует провести проверку её правильности и адекватности с использованием формальных подходов. Одним из наиболее оптимальных подходов является использование сетей Петри, так как он позволяет предоставить возможность математически строгого описания системы с разделением состояний и процессов (переходов).

Для проверки функциональной модели, созданной с помощью нотации IDEF0, необходимо её преобразовать в сеть Петри. Анализ системы сводится к выявлению свойств сети. При анализе модели системы выявляются три свойства:

- ограниченность сети Петри;
- в сети Петри не должны образовываться неконечные тупиковые состояния;
- в сети Петри не должно возникать циклов без выхода.

Анализ сети Петри основывается на построении дерева достижимости.

Функциональная модель системы дополняется моделями потоков работ IDEF3 и моделями потоков данных DFD. По диаграммам DFD можно определить требуемые ресурсы для выполнения операций, определить движение информационных и ресурсных потоков. Использование DFD диаграмм совместно с IDEF3 и дальнейшее преобразова-

ние функциональной модели в имитационную позволяет определить параметры производственного процесса, найти «узкие» места, зависящие как от наличия свободных ресурсов, так от квалификации исполнителей (рис. 5).

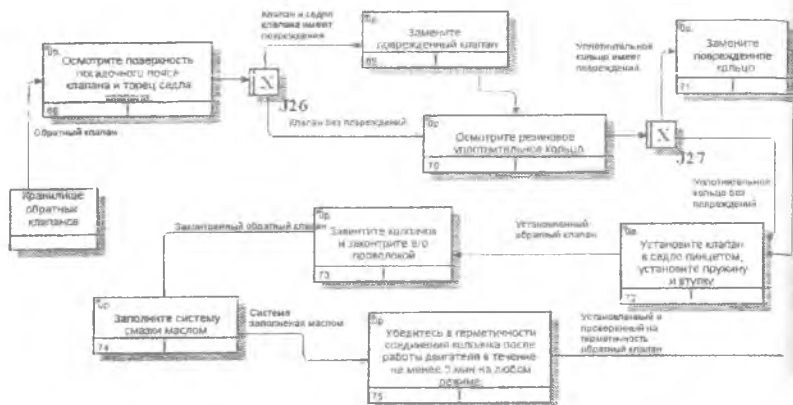


Рис. 5. IDEF3 диаграмма конкретного технологического процесса (монтаж обратного клапана маслоагрегата МА-18)

На рис 5 представлен сценарий выполнения работы по техническому обслуживанию обратного клапана маслоагрегата. Сценарий представляет собой последовательность работ в зависимости от конкретной ситуации.

При подробном описании конкретных технологических процессов функциональное моделирование является недостаточным. Для этих целей целесообразно использовать имитационное моделирование, дополнив функциональную модель системными имитационными моделями конкретных технологических процессов ТОиР.

Создавать имитационные модели без предварительного анализа бизнес-процессов не всегда представляется возможным. Действительно, не поняв сути бизнес-процессов предприятия, нельзя оптимизировать конкретные технологические процессы. Поэтому функциональные модели и имитационные модели не заменяют, а дополняют друг друга, и при этом они могут быть тесно взаимосвязаны.

Имитационное моделирование – это метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного, конкретного технологического процесса, так и их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По полученным данным можно получить достаточно устойчивую статистику.

В дальнейшем возможно преобразование IDEF3 модели в имитационную модель и определение характеристик процессов (рис. 6). Имитационное моделирование состоит из двух этапов: создание модели и анализ построенной модели с целью принятия решения. Далее по имитационной модели определяются параметры эффективности процесса технического обслуживания. После определения алгоритма функционирования системы путём имитационного моделирования оценивают характеристики процесса: длительность цикла, загруженность оборудования, определение величин простоя и занятости различных ресурсов и т. д.

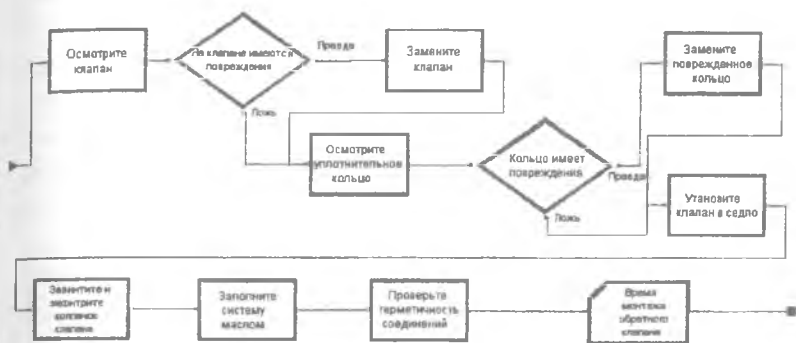


Рис. 6. Имитационная модель процесса технического обслуживания обратного клапана маслонасоса

На рис. 7 представлен результат расчета времени затрат на ТО одного изделия. Для получения устойчивой статистики проведены расчёты временных затрат для 1000 изделий (рис. 8).

### Время выполнения операций

Общее время на каждый объект	Средняя величина	Минимальное значение	Максимальное значение
	Демонтаж и монтаж МА-18	1.3595	1.2912
Демонтаж и монтаж обратного клапана МА-18	0.6955	0.6546	0.7423
Демонтаж МА-18	0.6336	0.6002	0.6626
Демонтаж обратного клапана	0.3088	0.2843	0.3325
Монтаж МА-18	0.7260	0.6627	0.7965
Монтаж обратного клапана	0.3867	0.3547	0.4226
Регулировка перепада давления на входе в двигатель	0.2142	0.2038	0.2240
ТО маслоагрегата МА-18	2.2855	2.1494	2.4216

Рис. 7. Временные затраты на каждую операцию при обслуживании одного изделия

## ТО маслоагрегата

Повторение 1 Единица времени. Часы

### Процесс

#### Суммарное время

	Величина
Демонтаж и монтаж МА-18	1358.14
Демонтаж и монтаж обратного клапана МА-18	695.46
Демонтаж МА-18	633.55
Демонтаж обратного клапана	308.79
Монтаж МА-18	725.23
Монтаж обратного клапана	386.67
Регулировка перепада давления на входе в двигатель	214.23
ТО маслоагрегата МА-18	2265.74

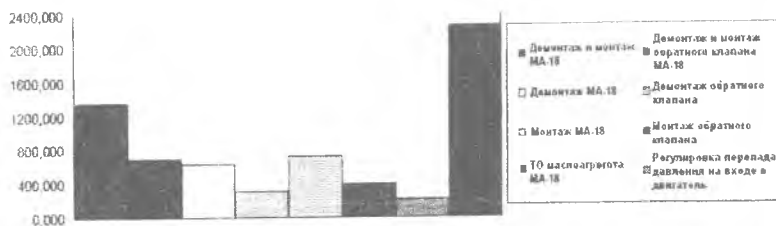


Рис. 8. Расчет временных характеристик по имитационной модели

Из рисунков 7 и 8 можно определить, на какую операцию по ТО маслоагрегата затрачивается наибольшее количество времени. Затем можно предложить мероприятия по сокращению продолжительности этой операции с учётом сохранения требований по обеспечению безопасности полётов.

Создание функциональных моделей для анализа процессов ТОиР с целью их дальнейшей корректировки является актуальной задачей. Для анализа правильности и адекватности построенной функциональной модели целесообразно использовать один из формальных методов построения систем. Дальнейшее использование функциональной модели вместе с использованием имитационного моделирования позволяет анализировать процессы ТОиР с учётом различных вариантов. Имитационная модель позволяет получать больше информации о процессе, что и может привести к корректировке как функциональной модели, так и процесса ТОиР.



### Библиографический список

1. Смирнова, Н.Н. Техническая эксплуатация летательных аппаратов [Текст]/ Н.Н. Смирнова – М.: Транспорт, 1990 – 423 с.
2. Далецкий, С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации [Текст]/ С.В. Далецкий – М.: Воздушный транспорт, 2005. – 416 с.
3. Киселев, Д.Ю. Современные принципы организации взаимодействия в системе технической эксплуатации воздушных судов [Текст]/ Д.Ю. Киселев, Ю.В. Киселев, А.Н. Коптев // Совершенствование технологических процессов технического обслуживания: сб. статей семинара по неразрушающим методам контроля – Самарский гос. аэрокос. ун-т. – Самара, 2007. – С. 96-104.
4. Бочкарев, С.К. Информационная поддержка этапа технической эксплуатации в жизненном цикле изделий авиационной техники [Текст]/ С.К. Бочкарев, В.А. Зрелов, Д.Ю. Киселев, Ю.В. Киселев, М.Е. Проданов // Вестник Самарского гос. аэрокос. ун-та – 2007. – № 1. – С. 236-246