





## 1. Общие положения

1.1. Целью проведения практического занятия является овладение навыками и знаниями по функциональному моделированию IDEF0 в пакете AllFusion Process Modeler, известного под именем BPwin, а так же построение функциональных моделей IDEF0 (INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING) [4], предназначенных для описания систем и процессов эксплуатации (СиПЭ) авиационной техники (АТ), отражающих их организационно-техническую структуру и качественные характеристики.

1.2. Пособие по практическим занятиям содержат название темы и цель работы, необходимые теоретические сведения по теме, методические указания по выполнению практического занятия. В пособии предусмотрены варианты исходных данных, полученные в результате эксплуатационных наблюдений в авиапредприятиях гражданской авиации.

Выбор варианта исходных данных осуществляется студентом по последней цифре его зачетной книжки, кроме того преподаватель может выдать студентам дополнительные варианты заданий.

1.3. По результатам выполнения практического занятия студент составляет отчёт. Отчёт должен содержать тему и цель работы, исходные данные выполненного варианта, построенную модель, выводы. Отчёт подписывается студентом.

## 2. Характеристика практического занятия

Тема: Построение функциональных моделей IDEF0, предназначенных для описания существующих СиПЭ АТ, отражающих их организационно-техническую структуру и качественные характеристики.

Цель: Овладение навыками и знаниями по созданию функциональных моделей IDEF0, отражающих организационно-техническую структуру и качественные характеристики СиПЭ АТ.

### 2.1. Объект практического занятия

Объектом практического занятия являются функциональные модели СиПЭ АТ.

### 2.2. Техническое задание

1) изучение основных теоретических сведений (п. 2.3), в том числе основных понятий, терминов и определений (п. 2.3.1), методологии функционального моделирования IDEF0 (п. 2.3.2);

2) выбор варианта исходных данных в виде технологического графика наземного обслуживания воздушного судна (ВС) по последней цифре шифра студента (Приложение);

3) разработка функциональной модели IDEF0 с помощью программного продукта BPwin (п. 3):

- построение иерархической структуры модели в форме перечня узлов;
- построение дерева узлов;
- разработка контекстной диаграммы;

– декомпозиции контекстной диаграммы и дочерних работ.

Работа выполняется в соответствии с методическими рекомендациями, приведенными в п. 3.

### 2.3. Основные теоретические сведения

#### 1. Основные понятия, термины и определения [2]

В теории технических систем различают *системы типа “объект”*, элементами которого являются предметы (например, система эксплуатации, система технической эксплуатации, система технического обслуживания и ремонта), и *системы типа “процесс”*, элементами которого являются операции (например, процессы эксплуатации, процессы технической эксплуатации, процессы технического обслуживания и ремонта). При этом *системой называется совокупность, образованная (и упорядоченная) по определенным правилам на конечном множестве элементов, между которыми существуют определенные отношения.*

*Процесс* означает, что что-то происходит, совершается, т.е. изменяется с течением времени. Различают *естественные процессы* (старение, изнашивание, возникновение коррозионных и усталостных повреждений) и *искусственные процессы*, организуемые человеком с целью осуществления желательных изменений.

*Техническим процессом* названы такие преобразования, в которых роль операторов выполняют, наряду с людьми, технические системы.

*Процессы эксплуатации* включают: процессы летной эксплуатации, процессы коммерческой эксплуатации, процессы технической эксплуатации (ПТЭ) АТ, процессы аэродромной эксплуатации и процессы управления воздушным движением. ПТЭ АТ подразделяются на процессы технического обслуживания и ремонта (ТОиР), процессы инженерно-авиационного обеспечения.

ПТЭ АТ рассматривается, как последовательная во времени смена состояний в соответствии с принятой стратегией. К состояниям эксплуатации относятся: использование по назначению, различные виды ТОиР, диагностирование, транспортирование, хранение, ожидание перехода в каждое из этих состояний и др.

*Стратегия технической эксплуатации* является совокупностью правил, обеспечивающих заданное управление ПТЭ АТ путем поддержания эффективных режимов использования АТ и назначения профилактических и ремонтных работ в соответствии с техническим состоянием АТ. Объектом управления является ПТЭ АТ парка ВС соответствующего уровня: отрасли, региона, предприятия, условия управления реализуются через установление входных управляющих воздействий и выходных параметров, назначение методов управления с учетом влияния внешних и внутренних факторов.

*Управляемым ПТЭ АТ* называется любая деятельность по технической эксплуатации (ТЭ), использующая ресурсы и управляемая для обеспечения способности превращать входящие элементы в выходящие. Часто выходящие элементы одного процесса напрямую образуют входящие элементы следующе-

го процесса, а деятельность по ТЭ охватывает комплекс мер, посредством которых обеспечивается соответствие всей АТ действующим требованиям лётной годности и их поддержание в состоянии, необходимом для безопасной эксплуатации на протяжении эксплуатационного срока службы. [1; 2; 5].

*Совокупность взаимосвязанных управляемых ПТЭ АТ* образует последовательную во времени смену состояний эксплуатации в соответствии с принятой стратегией.

*Главной целью системы технической эксплуатации АТ* является полное и своевременное удовлетворение потребностей авиационно-транспортной системы в исправных ВС, обеспечение безопасности и регулярности полетов, интенсивности использования по назначению при минимальных затратах времени, труда и средств на ТОиР АТ.

## 2. Методология функционального моделирования IDEF0 [3; 4]

В ходе реализации программы интегрированной компьютеризации производства (ICAM) аэрокосмической промышленности США для анализа взаимодействия процессов в производственных системах была разработана методология IDEF0, которая является федеральным стандартом США.

Опыт применения методологии IDEF0 в различных отраслях для анализа, проектирования и представления деловых процессов свидетельствует о её эффективности. В дальнейшем методология IDEF0 нашла широкое применение во всём мире. В России методология IDEF0 также нашла применение в различных видах деятельности и оформлена документом системы государственной стандартизации [3, 4].

Применительно к задаче моделирования ПТЭ АТ методология IDEF0 основана на следующих концептуальных положениях:

- ПТЭ АТ включают совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих частей представляющих собой сочетание разнообразных компонентов включающих людей, информацию, программное обеспечение, оборудование;
- моделирование ПТЭ АТ отражает: управляющие воздействия, входные компоненты, преобразуемые в выходные средства, используемые для выполнения функций;
- основной принцип методологии IDEF – представление ПТЭ АТ в виде совокупности взаимосвязанных и взаимодействующих блоков. Эти блоки отображают происходящие в ПТЭ АТ подпроцессы, операции, действия, которые принято называть *функциями*. Каждой функции ставится в соответствие *блок*. Интерфейсы, обеспечивающие взаимодействие блока с другими блоками или с внешней средой, обозначают *стрелками*, входящими в блок или выходящими из него. Входящие стрелки означают условия, выполнение которых необходимо для осуществления функции, описываемой блоком;
- документация, описывающая ПТЭ АТ, должна однозначно и точно показывать все элементы (блоки) системы, все отношения и связи между ними, исключать возможность появления лишних или дублирующих связей;

- средства IDEF0 облегчают передачу информации между разработками модели;
- при разработке модели IDEF0 необходимо соблюдать формальные правила, обеспечивающие точность и целостность сложных многоуровневых моделей.

### 3. Методические рекомендации по разработке функциональной модели IDEF0 с помощью программного продукта VPwin [1; 3; 4]

3.1. Алгоритм функционального моделирования ПТЭ АТ (рис. 3.1) содержит следующие задачи [1]:

- 1) построение иерархической структуры модели в форме перечня узлов;
- 2) построение дерева узлов;
- 3) разработка контекстной диаграммы;
- 4) декомпозиции контекстной диаграммы и дочерних работ.

3.2. Задача 1. Построение иерархической структуры модели в форме перечня узлов

Построение иерархической структуры модели в форме *перечня узлов* представим на примере оперативного ТО самолета В-747 при транзитной стоянке в течение 30 ... 45 мин в конечном аэропорту.

Перечень узлов оперативного ТО самолета В-747 при транзитной стоянке включает:

- А0 – Оперативное ТО В-747;
- А1 – Встреча и обеспечение стоянки воздушного судна;
- А11 – Выключение двигателей;
- А12 – Установка трапов;
- А2 – Высадка пассажиров и выгрузка багажа;
- А3 – Осмотр и обслуживание;
- А31 – Уборка кабин;
- А32 – Заправка топливом;
- А33 – Загрузка бортового питания и воды;
- А34 – Обслуживание туалетов;
- А35 – ТО (Общий осмотр планера, СУ на предмет повреждений);
- А4 – Обеспечение вылета;
- А41 – Загрузка багажа;
- А42 – Посадка пассажиров;
- А43 – Уборка трапов;
- А44 – Буксировка и запуск двигателей.

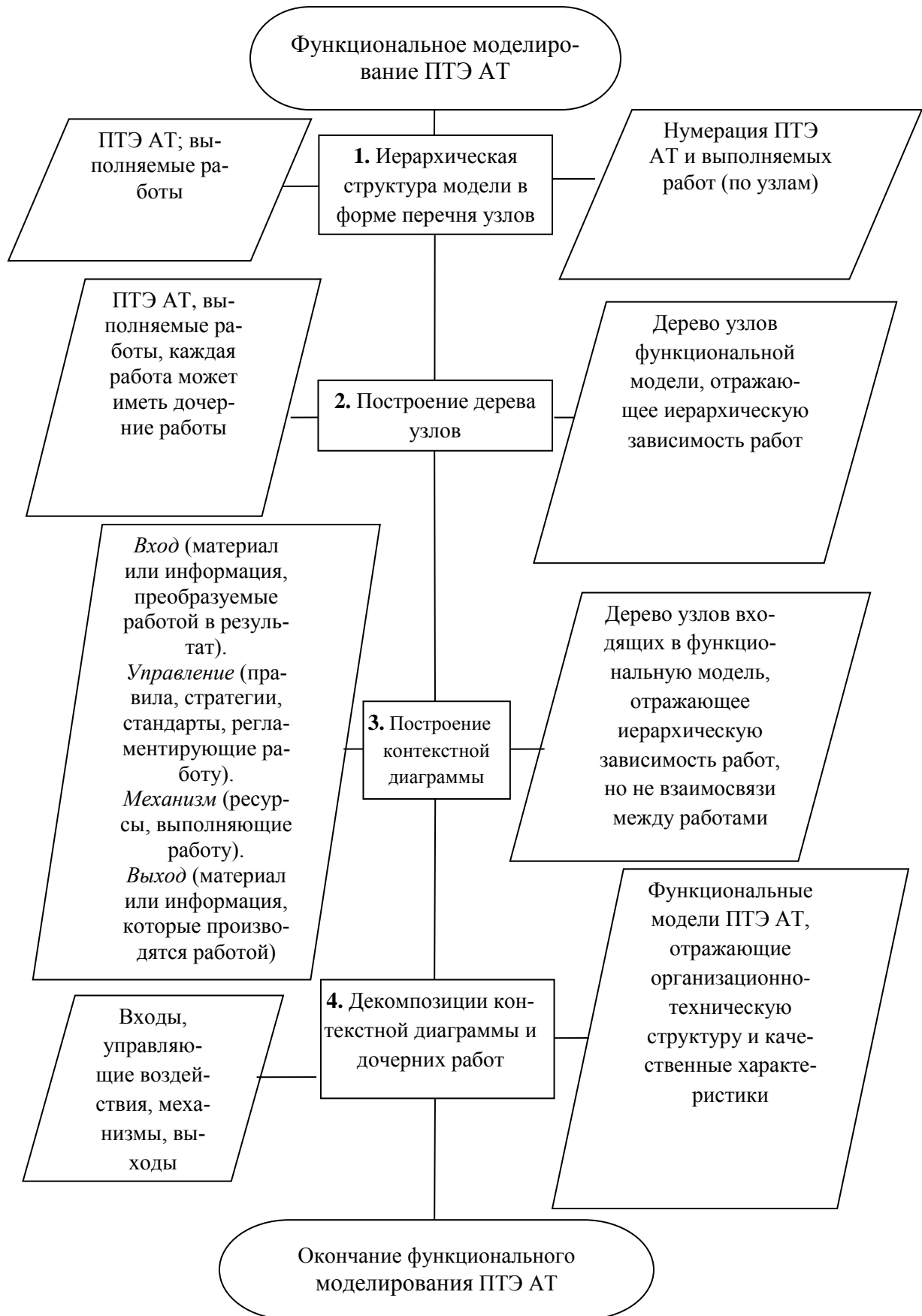


Рис. 3.1. Алгоритм функционального моделирования ПТЭ АТ

### 3.3. Задача 2. Построение дерева узлов

Дополнением к перечню узлов является диаграмма в виде дерева узлов, которая представлена на рис. 3.2.

### 3.4. Задача 3. Разработка контекстной диаграммы и составление отчёта по функциональной модели

Для того, чтобы создать новую модель, необходимо открыть VPwin через «Пуск».

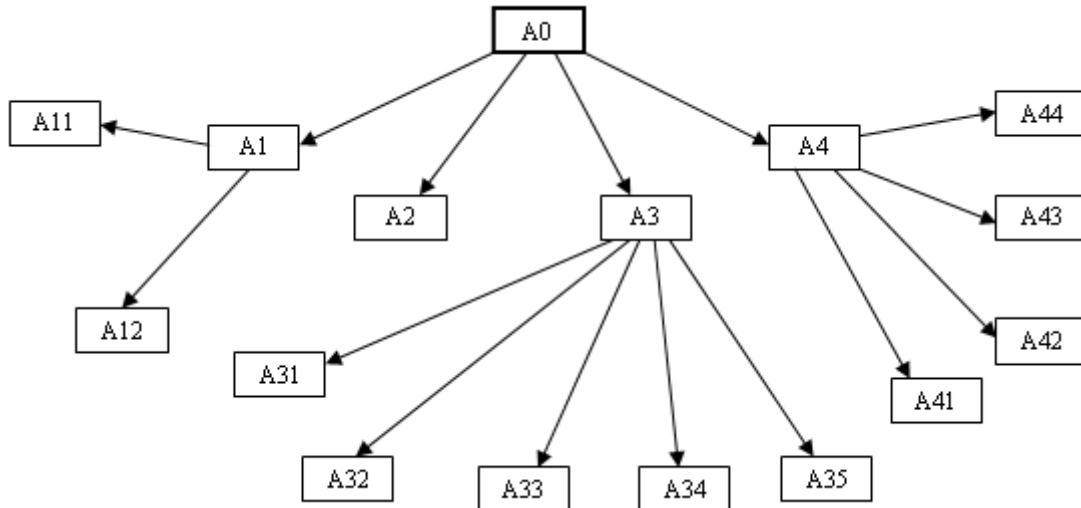


Рис. 3.2. Дерево узлов функциональной модели оперативного ТО самолета B-747

При запуске VPwin по умолчанию появляется основная панель инструментов, палитра инструментов (вид которой зависит от выбранной нотации) и, в левой части, навигатор модели – Model Explorer (рис. 3.3).

Функциональность панели инструментов доступна из основного меню VPwin (табл. 3.1).

При создании новой модели возникает диалог, в котором следует указать, будет ли создана модель заново, или она будет открыта из файла либо из хранилища ModelMart, внести имя модели и выбрать методологию IDEF0, в которой и будет построена модель (рис. 3.4).

После щелчка по кнопке ОК появляется диалог Properties for New Models (рис. 3.5), в котором следует внести свойства модели.

В IDEF0 всё, что происходит в системе и её элементах, принято называть функцией (работой). Каждой функции (работе) ставится в соответствие блок. Функциональный блок графически изображается в виде прямоугольника (рис. 3.3) и олицетворяет собой некоторую конкретную функцию. Каждая из четырёх сторон функционального блока имеет своё определённое значение (роль):

- верхняя сторона имеет значение «Управление»;
- левая сторона имеет значение «Вход»;
- правая сторона имеет значение «Выход»;
- нижняя сторона имеет значение «Механизм».



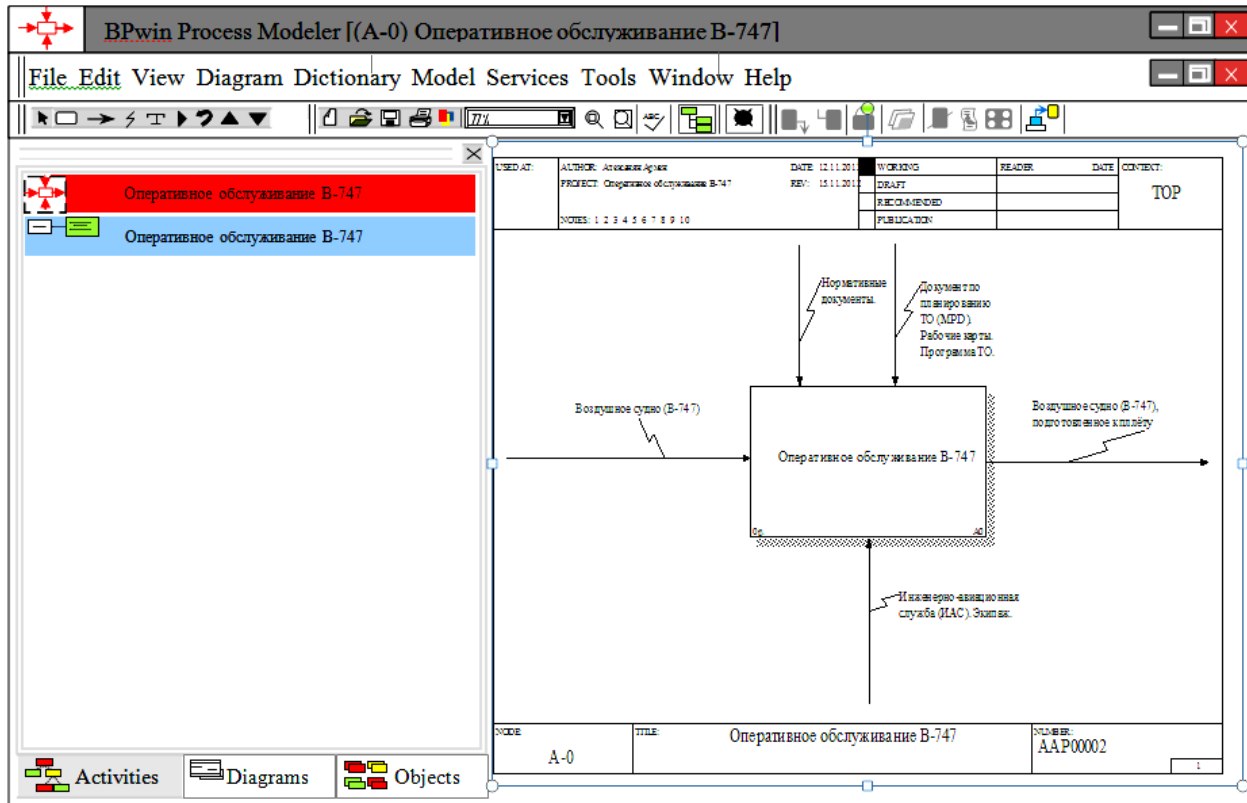











Рис. 3.3. Функциональная модель оперативного ТО В-747

Таблица 3.1

Описание элементов управления основной панели BPwin

Элемент управления	Описание	Соответствующий пункт меню
	Создать новую модель	File/New
	Открыть модель	File/Open
	Сохранить модель	File/Save
	Напечатать модель	File/Print
	Выбор масштаба	View/Zoom
	Масштабирование	View/Zoom
	Проверка правописания	Tools/Spelling
	Включение и выключение навигатора модели Model Explorer	View/Model Explorer
	Выключение и включение дополнительной панели инструментов работы	ModelMart

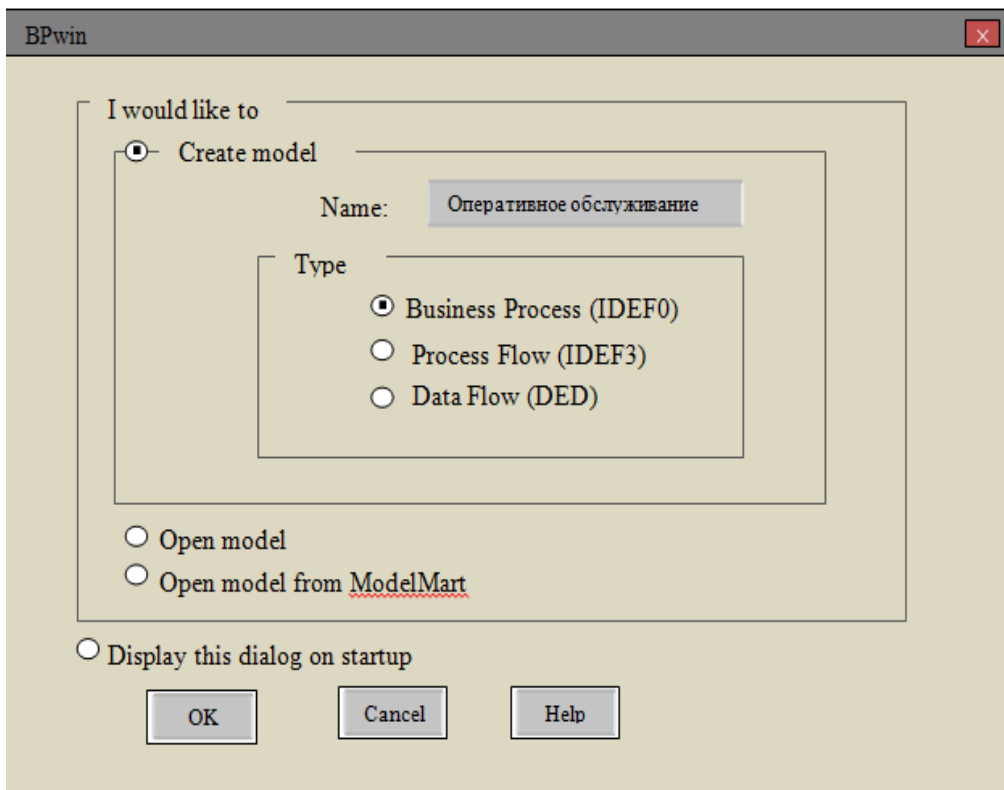


Рис. 3.4. Диалог создания модели

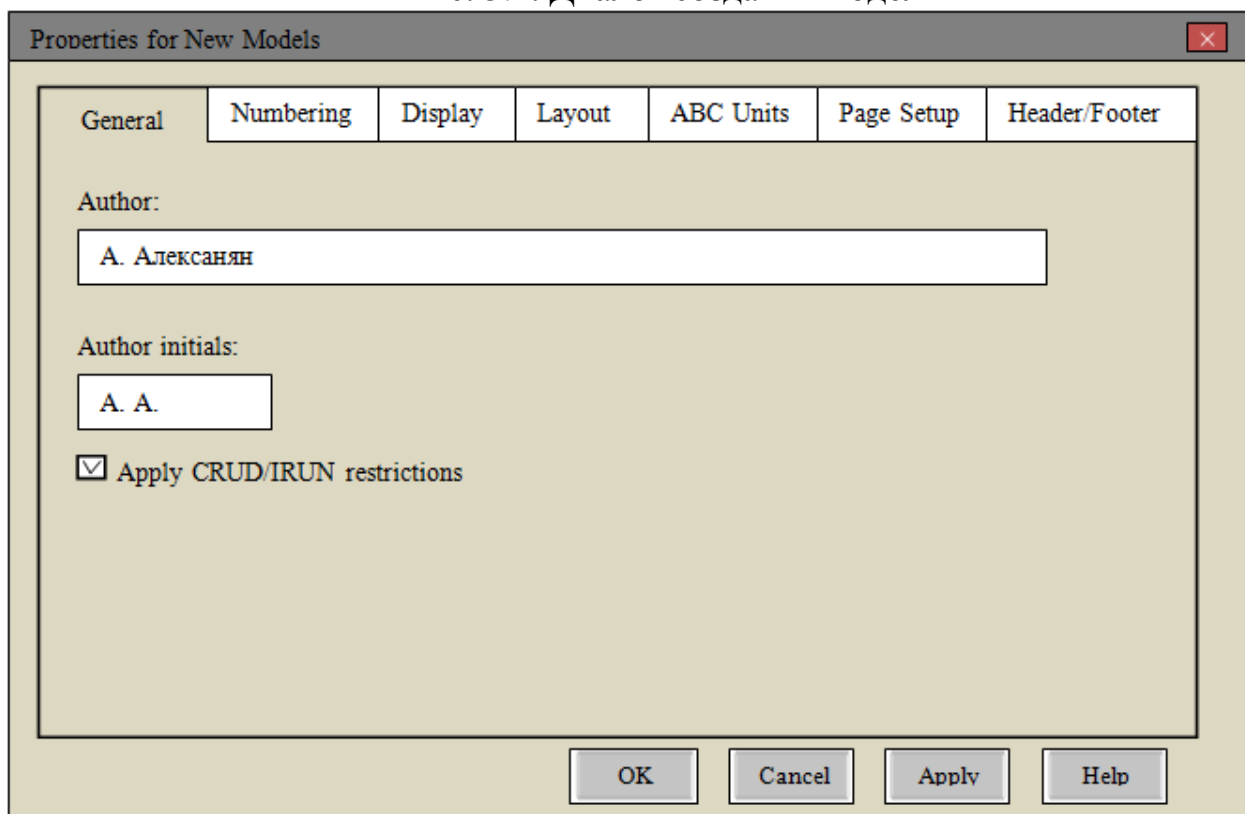


Рис. 3.5. Диалог Properties for New Models

Если щёлкнуть по любому объекту модели левой кнопкой мыши, появляется всплывающее контекстное меню, каждый пункт которого соответствует редактору какого-либо свойства объекта.

Пункты контекстного меню Font и Color вызывают диалог Arrow Properties или Activity Properties для установки шрифта (в том числе его размера и стиля) и цвета объекта. В нижней части вкладки Font находятся группа опций Apply setting to, позволяющих изменить шрифт для всех работ или стрелок на текущей диаграмме, в модели, и группа Global, позволяющая изменить шрифт одновременно для всех объектов модели (рис. 3.6).

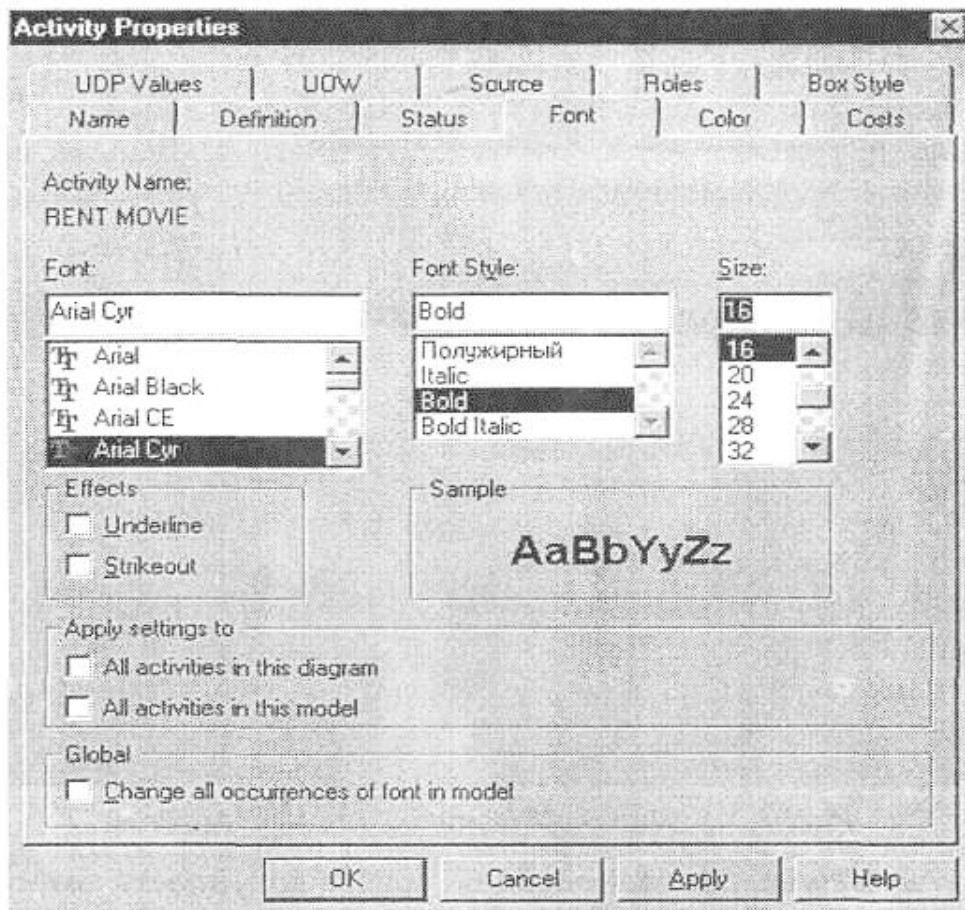


Рис. 3.6. Диалог Activity Properties

Модель не может быть построена без чётко сформулированной цели. Цель (Purpose) должна отвечать на следующие вопросы:

- почему этот процесс должен быть сформулирован?
- что должна показывать модель?
- что может получить читатель?

Точку зрения (Viewpoint) можно представить как взгляд человека, который видит систему в нужном для моделирования аспекте. Точка зрения должна соответствовать цели модели.

Для внесения области, цели и точки зрения в модели IDEF0 в VPwin следует выбрать пункт меню Model/Model Properties, вызывающий диалог Model

Properties. Во вкладку Purpose следует внести цель и точку зрения, а во вкладку Definition – определение модели и описание области. Во вкладке Status описывается статус модели (черновой вариант, рабочий, окончательный и т.д.). Во вкладке Source описываются источники информации для построения модели.

Результат описания модели можно получить в отчёте Model Report. Диалог настройки отчёта по модели вызывается из пункта меню Tools/Reports/Model Report. В диалоге настройки следует выбрать необходимые поля, при этом автоматически отображается очередность вывода информации в отчёте.

*Контекстная диаграмма* является вершиной древовидной структуры диаграмм и представляет собой самое общее описание системы и её взаимодействия с внешней средой (рис. 3.3). При создании новой модели (меню File/New) автоматически создаётся контекстная диаграмма с единственной работой, изображающей систему в целом (рис. 3.7).

Для внесения имени работы следует щёлкнуть по работе правой кнопкой мыши, как говорилось выше, выбрать в меню Name и в появившемся диалоге внести имя работы (рис. 3.7).

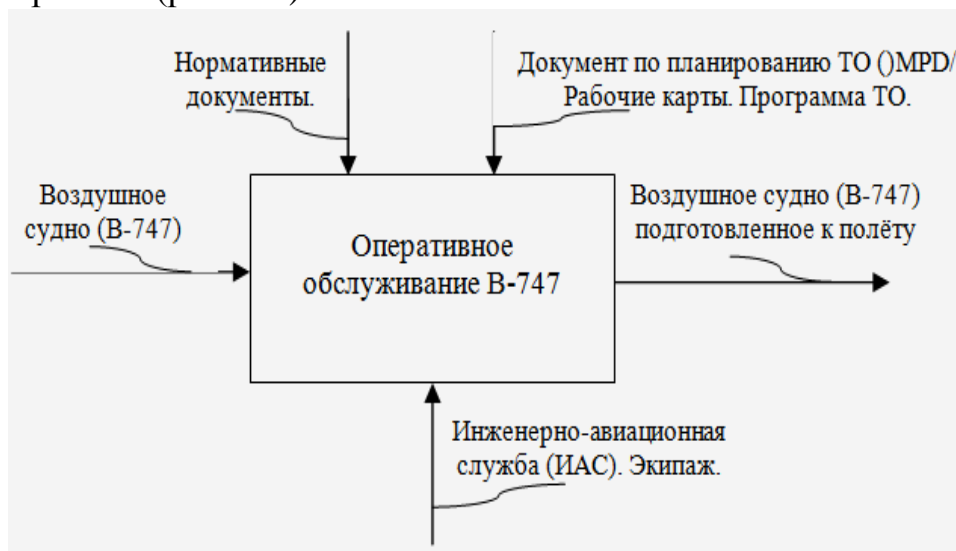


Рис. 3.7. Контекстная диаграмма



Стрелка, входящая в левую сторону блока – вход. Вход преобразуется или расходует функцию, чтобы создать то, что появится на её выходе. В данном случае, вход – «Воздушное судно (B-747)».

Стрелка, входящая в блок сверху – управление. Управление определяет условие, необходимое функции, чтобы произвести правильный выход. В нашем случае, управление – «Нормативные документы», «Документ по планированию ТО (MPD), Рабочие карты, Программа ТО».

Стрелка, подключенная к нижней стороне блока, представляет механизм. Направление вверх, идентифицирует средства, поддерживающие выполнение функции. В данном случае, механизм – «Инженерно-авиационная служба (ИАС), Экипаж».

Стрелка, покидающая блок справа – выход, т.е. данные или материальные объекты, произведённые функцией. В нашем случае на выходе имеем «Воздушное судно (В-747) подготовленное к полёту».

Для изображения стрелки входа надо:


- щёлкнуть по кнопке с символом  стрелки в палитре инструментов и перенести курсор к левой стороне экрана, пока не появится начальная тёмная полоска;
- щёлкнуть один раз по полоске (откуда выходит стрелка) и ещё раз в левой части работы со стороны входа (где заканчивается стрелка);
- вернуться в палитру инструментов и выбрать опцию редактирования стрелки ;
- щёлкнуть правой кнопкой мыши на линии стрелки, во всплывающем меню выбрать Name и добавить имя стрелки во вкладке Name диалога Arrow Properties.

Стрелки управления, выхода и механизма изображаются аналогично.


Для рисования стрелки выхода, например, следует щёлкнуть по кнопке с символом стрелки в палитре инструментов, щёлкнуть в правой части работы со стороны выхода (где начинается стрелка), перенести курсор к правой стороне экрана, пока не появится начальная штриховая полоска, и щёлкнуть один раз по штриховой полоске. Имена вновь внесённых стрелок автоматически заносятся в словарь (Arrow Dictionary).

### 3.1. Задача 4. Декомпозиции контекстной диаграммы и дочерних работ

После описания системы в целом производится разбиение сложного процесса на составляющие его функции. При этом уровень детализации процесса определяется непосредственно разработчиком модели. Этот процесс называется функциональной *декомпозицией*, а диаграммы, описывающие каждый фрагмент и взаимодействие фрагментов, являются *диаграммами декомпозиции*.

Для создания диаграммы декомпозиции следует щёлкнуть по кнопке . Возникает диалог Activity Box Count (рис. 3.8), в котором следует указать нотацию IDEF0 новой диаграммы и количество работ на ней.

Щёлкаем ОК. Появляется *диаграмма декомпозиции* (рис. 3.9).

Если оказывается, что количество работ недостаточно, то работу можно добавить в диаграмму, щёлкнув сначала по кнопке  на палитре инструментов, а затем по свободному месту на диаграмме.

Декомпозиция позволяет постепенно и структурировано представлять модель системы в виде иерархической структуры отдельных диаграмм, что делает её менее перегруженной. *Декомпозиция контекстной диаграммы функциональной модели* позволяет выделить составные части в виде более подробных диаграмм.

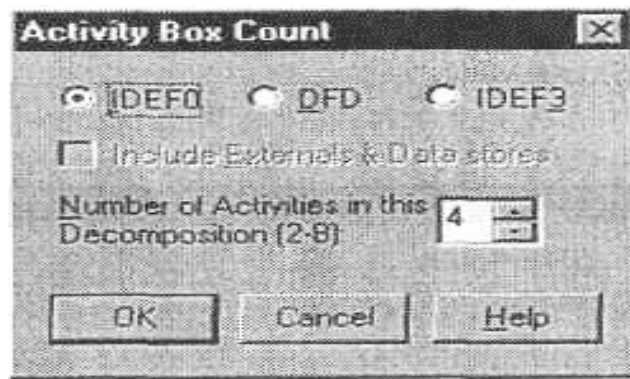


Рис. 3.8. Диалог Activity Box Count

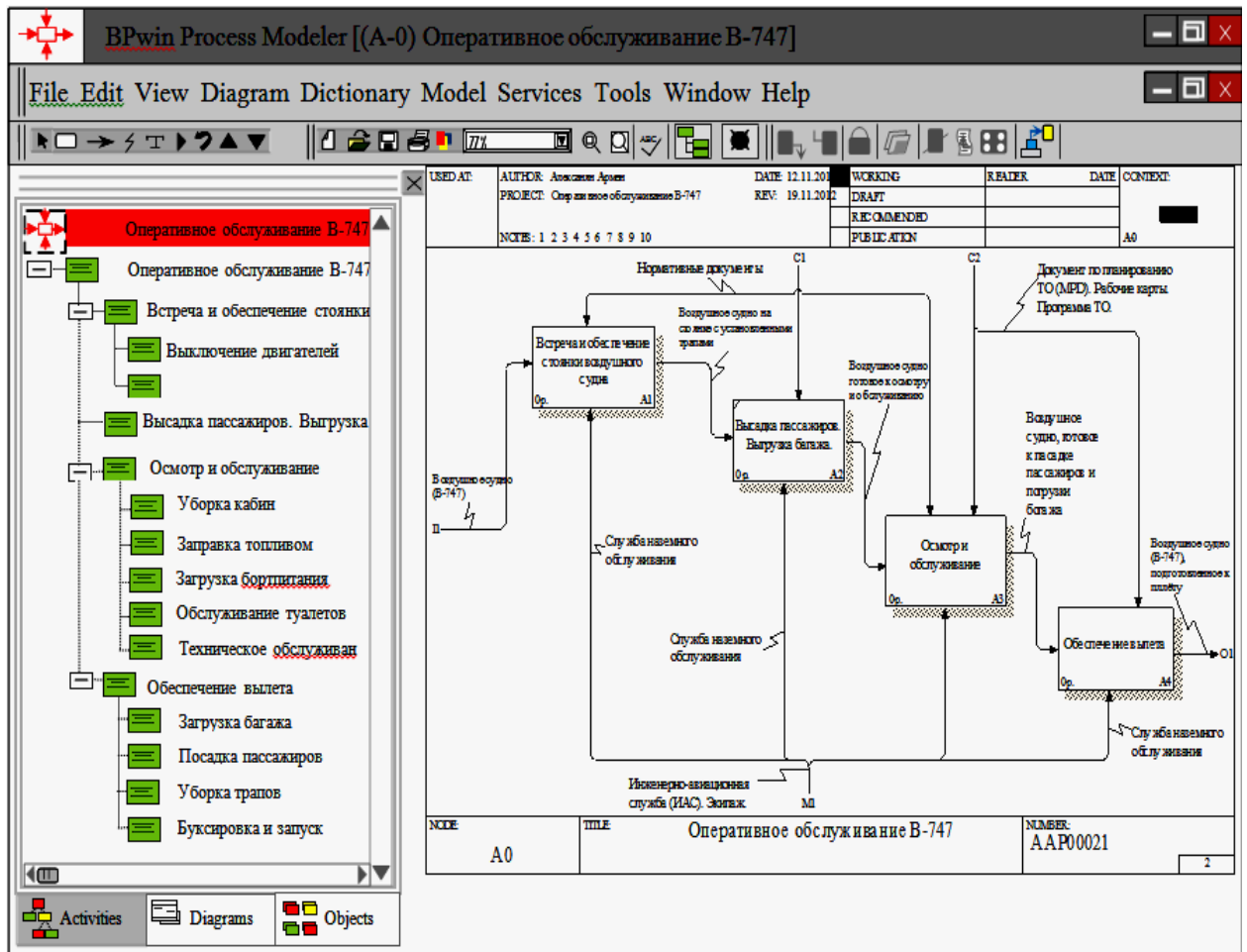


Рис. 3.9. Диаграмма декомпозиции А0

Работы на *диаграммах декомпозиции* обычно располагаются по диагонали от левого верхнего угла к правому нижнему. Такой порядок называется порядком доминирования.

Согласно этому принципу расположения в левом верхнем углу помещается самая важная работа или работа, выполняемая по времени первой.

Каждая из работ на диаграмме декомпозиции в свою очередь, декомпозируется (рис. 3.10 - 3.12). На диаграмме декомпозиции работы нумеруются авто-

матически слева на право. В левом верхнем углу изображается небольшая диагональная черта, которая показывает, что работа не была декомпозирована. Номер работы показывается в правом нижнем углу, который состоит из префикса А и числа. Контекстная работа имеет номер А0. Работы декомпозиции А0 имеют номера А1, А2, А3, А4. Работы декомпозиции нижнего уровня имеют номер родительской работы и очередной порядковый номер, например работы декомпозиции А3 имеют номера А31, А32, А33, А34, А35.

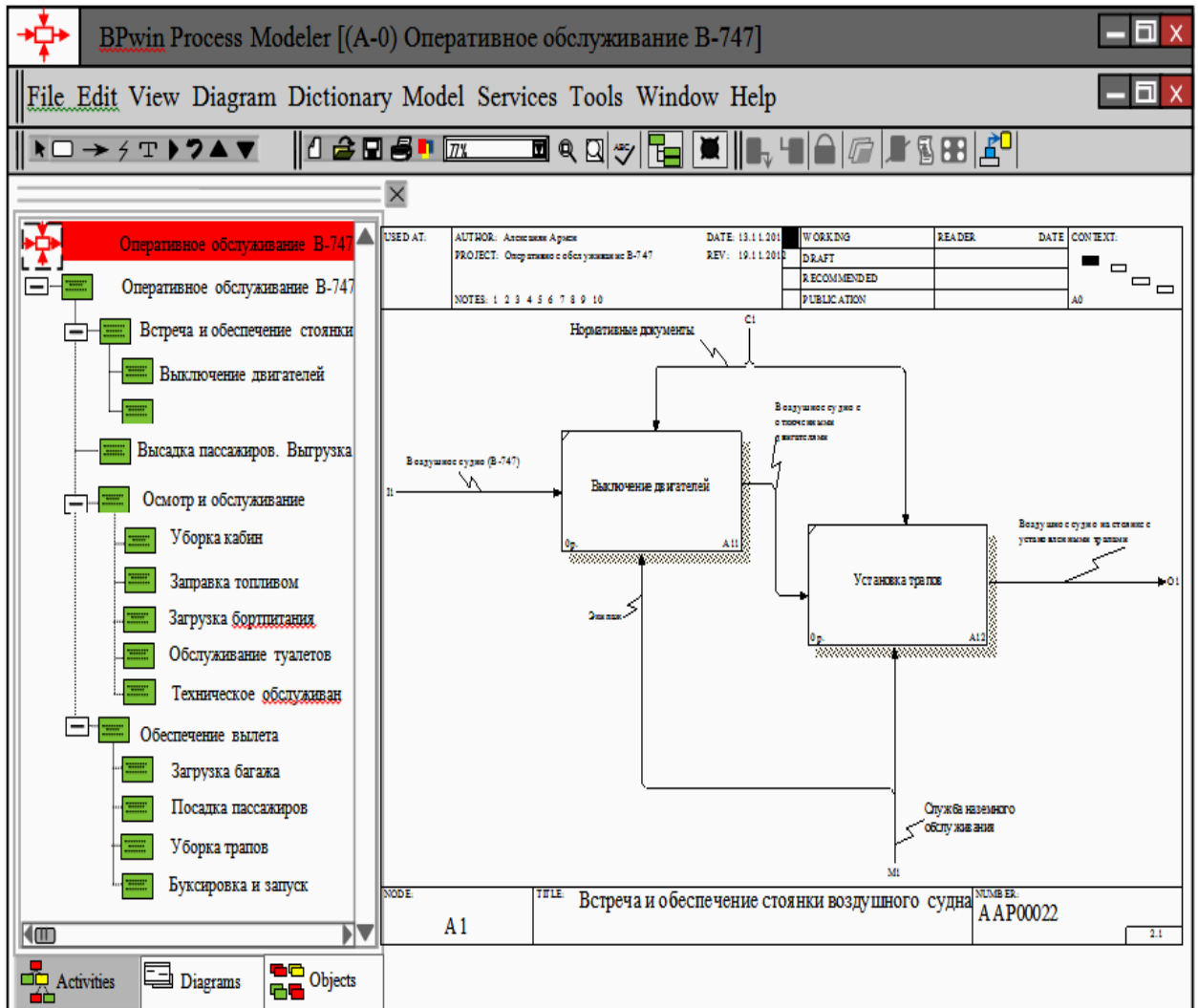


Рис. 3.10. Диаграмма декомпозиции работы А1



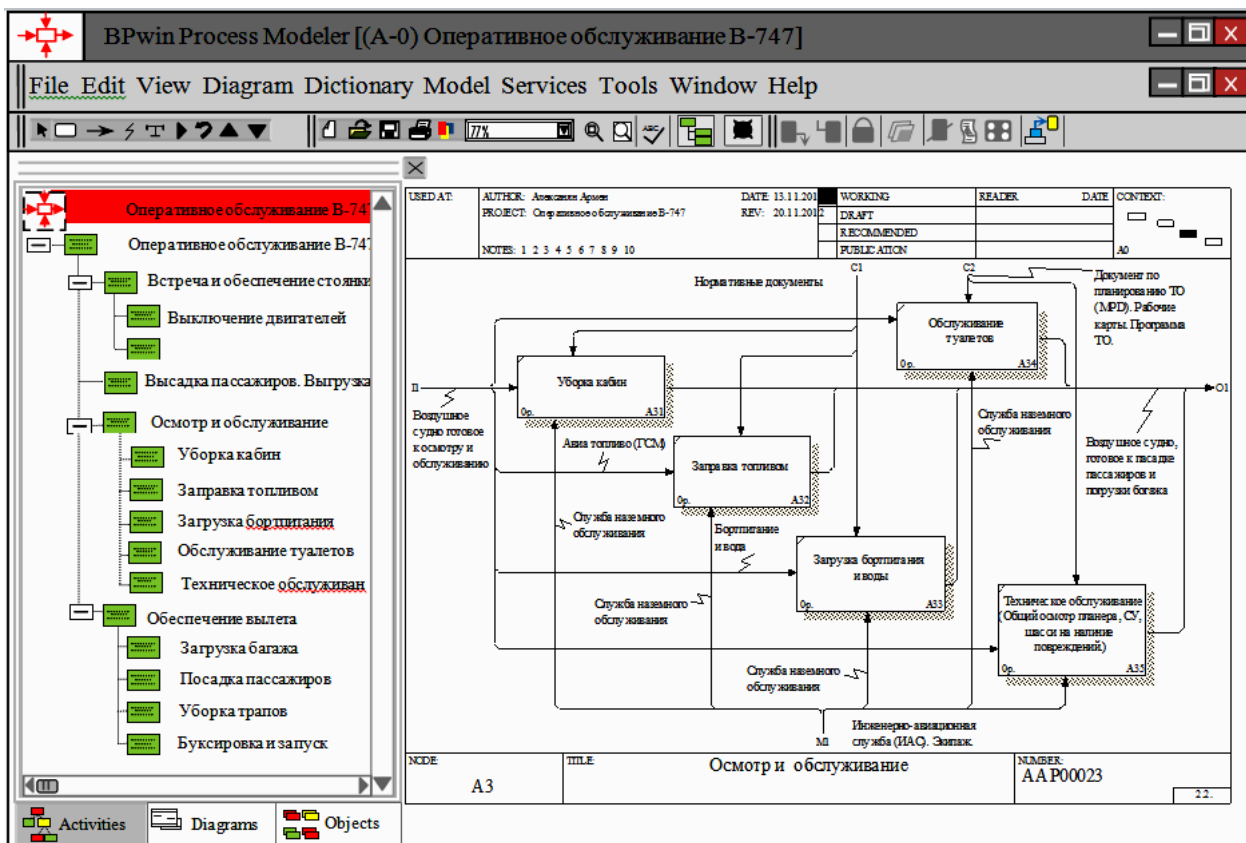


Рис. 3.11. Диаграмма декомпозиции работы А3

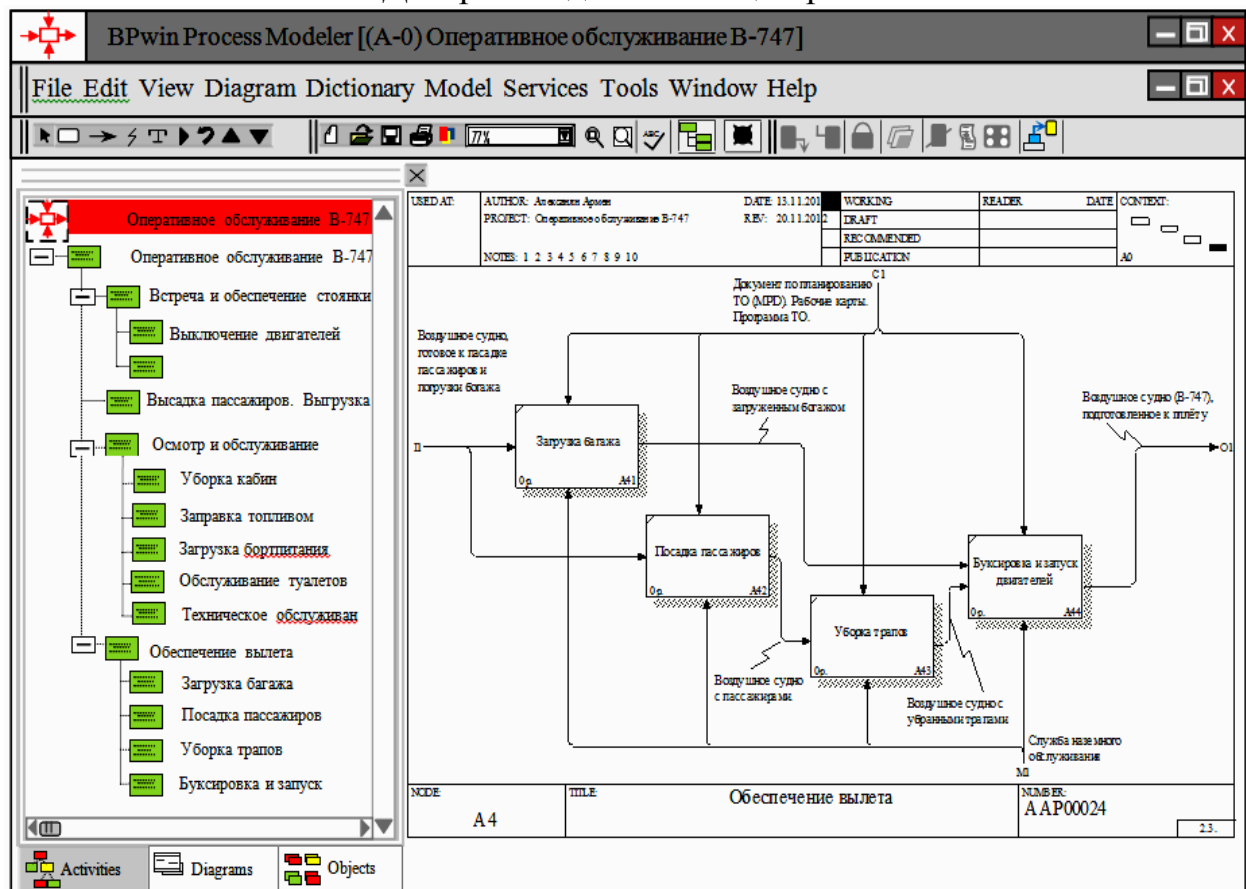


Рис. 3.12. Диаграмма декомпозиции работы А4



Нумерацию можно настроить во вкладке Presentation диалога Model Properties (меню Edit/Model Properties).

Разработанная модель IDEF0 Оперативного обслуживания В-747 со всеми уровнями структурной декомпозиции представлена на диаграмме дерева узлов (рис. 3.2).

ICOM – коды (аббревиатура от Input, Control, Output и Mechanism) предназначены для идентификации граничных стрелок. Код ICOM содержит префикс, соответствующий типу стрелки (I, C, O или M), и порядковый номер.

ВРwin вносит ICOM – коды автоматически. Для отображения ICOM – кодов следует включить опцию ICOM codes на вкладке Display диалога Model Properties (меню Model/Model Properties).

Для связи работ между собой используются внутренние стрелки, т.е. стрелки, которые не касаются границы диаграммы, начинаются у одной и кончаются у другой работы. Используются также разветвляющиеся и сливающиеся стрелки.

Смысл разветвляющихся и сливающихся стрелок передаётся именовани-ем каждой ветви стрелок (рис. 3.9 - 3.11).

Существуют определённые правила именования таких стрелок:

- если стрелка именована до разветвления, а после разветвления ни одна из ветвей не именована, то подразумевается, что каждая ветвь моделирует те же данные или объекты, что и ветвь до разветвления (рис. 3.13);
- если стрелка именована до разветвления, а после разветвления какая-либо из ветвей не именована, то подразумевается, что эти ветви соответствуют именованию. Если при этом какая-либо ветвь после разветвления осталась не именованной, то подразумевается, что она моделирует те же данные или объекты, что и ветвь до разветвления (рис. 3.14).

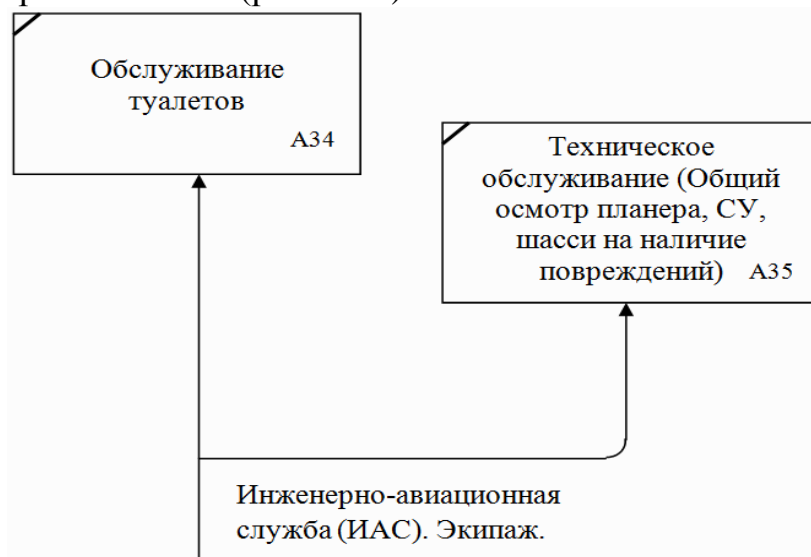


Рис. 3.13. Пример 1 именования разветвляющейся стрелки

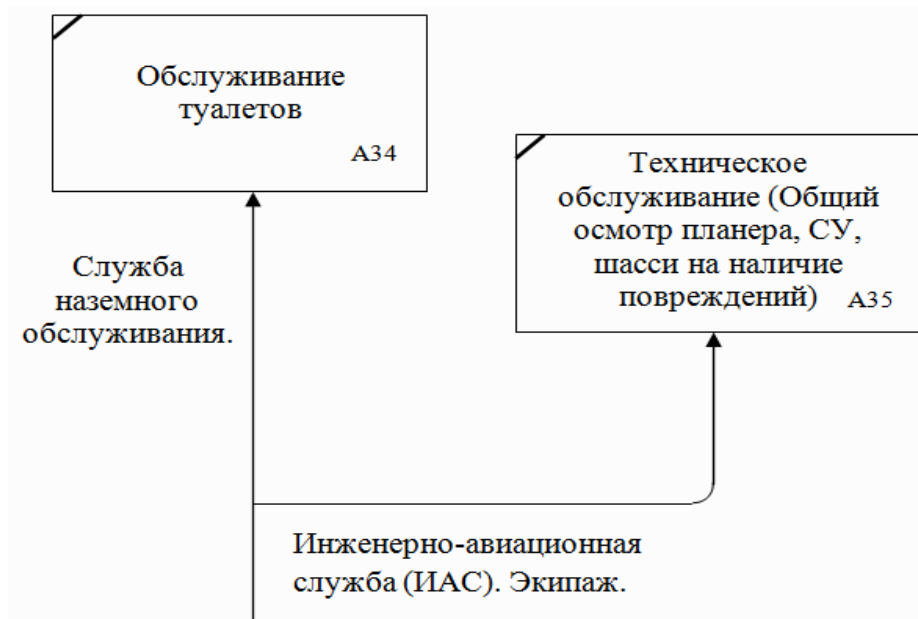


Рис. 3.14. Пример 2 именованная разветвляющаяся стрелка

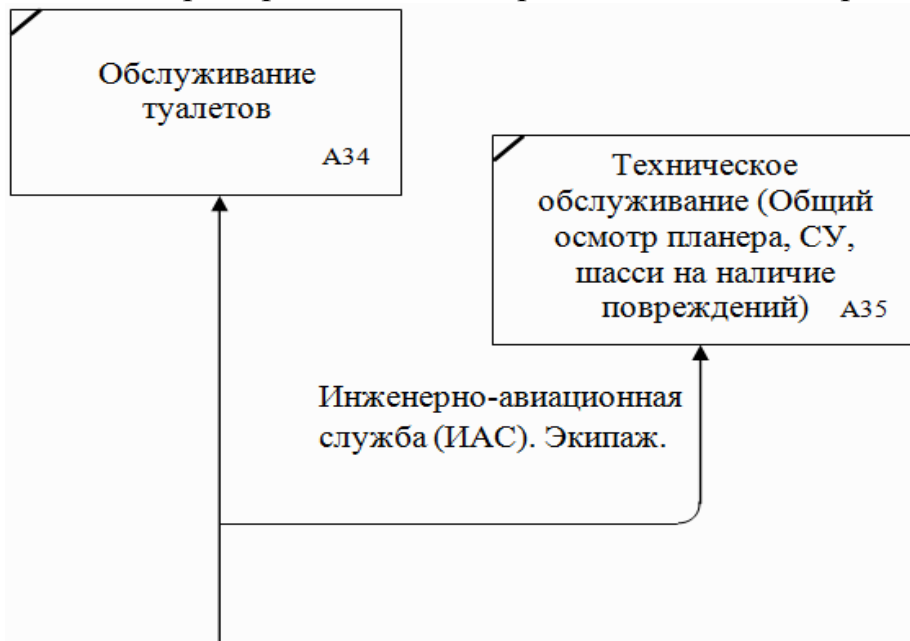


Рис. 3.15. Пример 3 именованная разветвляющаяся стрелка

- недопустима ситуация, когда стрелка до разветвления не именована, а после разветвления не именована какая-либо из ветвей. VPwin определяет такую стрелку как синтаксическую ошибку (рис. 3.15).

Наглядность графического языка IDEF0 делает модель вполне читаемой для лиц, которые не принимали участие в проекте её создания, а также эффективной для проведения показов и презентаций. Построенная функциональная модель «Оперативное ТО самолета В-747» носит качественный, описательный характер.

Тем не менее, функциональная модель принципиально не может ответить на вопросы о том, как протекают процессы в системе во времени и в простран-

стве, каковы их характеристики, в этом случае для количественного описания функциональных моделей переходим к имитационным моделям, описывающим процессы в функциональных блоках IDEF0 – модели, учитывая продолжительность, трудоёмкость, стоимость выполнения операций и их вероятностно – статистические характеристики.

#### **4. Вопросы, рекомендуемые к рассмотрению**

1. Дайте определения основных понятий и терминов.
2. Что отражает функциональная модель IDEF0?
3. Какие элементы содержит иерархическое построение системы функциональной модели IDEF0?
4. Как по исходным данным, в виде технологических графиков ТО, отобразить иерархическую структуру модели в форме *перечня узлов* и представить в форме таблицы содержащей дополнительно следующую информацию: номер блока, вход, управление, механизм, выход?
5. Как создать контекстную диаграмму и составить отчёт по модели?
6. Как создать диаграмму декомпозиции?
7. Как построить диаграммы дерева узлов?

#### **5. Оформление отчета по результатам выполнения практического занятия**

Содержание отчета

Наименование практического занятия.

1. Цель практического занятия.
2. Вариант исходных данных.
3. Основные понятия, термины и определения.
4. Отображение иерархической структуры модели процедуры в форме перечня узлов и дерева узлов (пример: рис. 3.2).
5. Разработка контекстной диаграммы и составление отчёта по функциональной модели (пример: рис. 3.3).
6. Создание диаграмм декомпозиции модели (пример: рис. 3.9, 3.10, 3.11, 3.12).

Выводы.

ФИО студента, подпись, дата.

## Литература

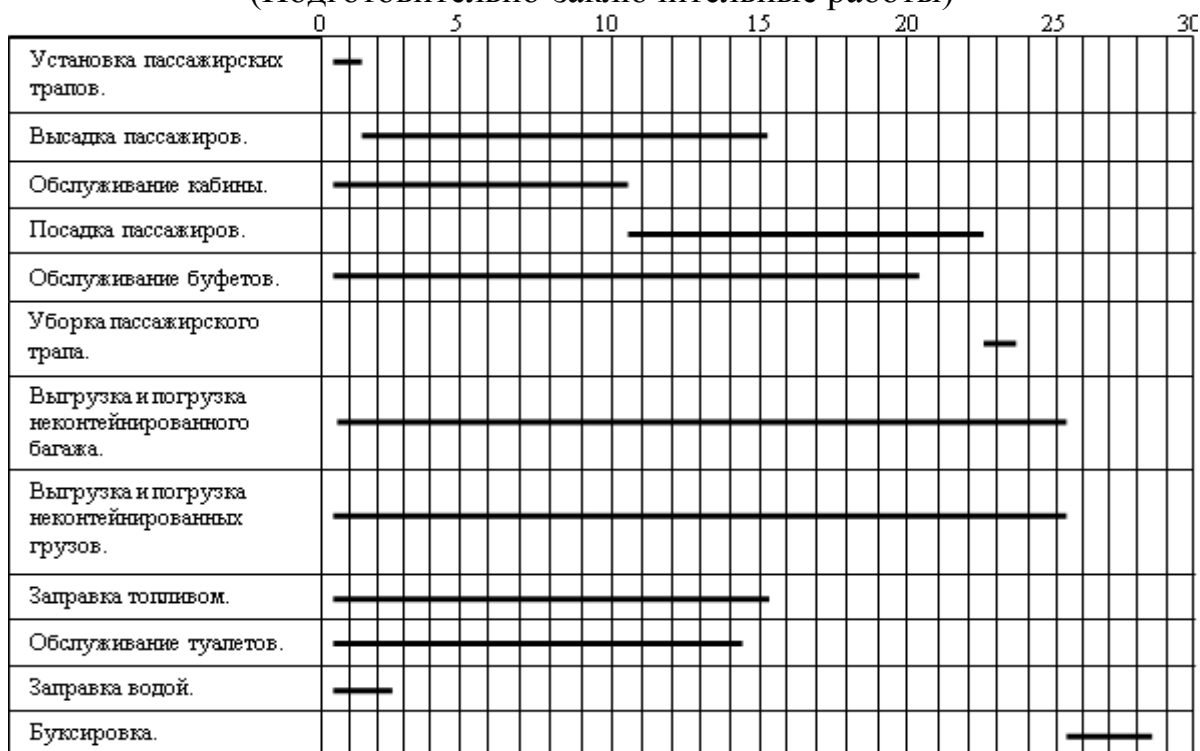
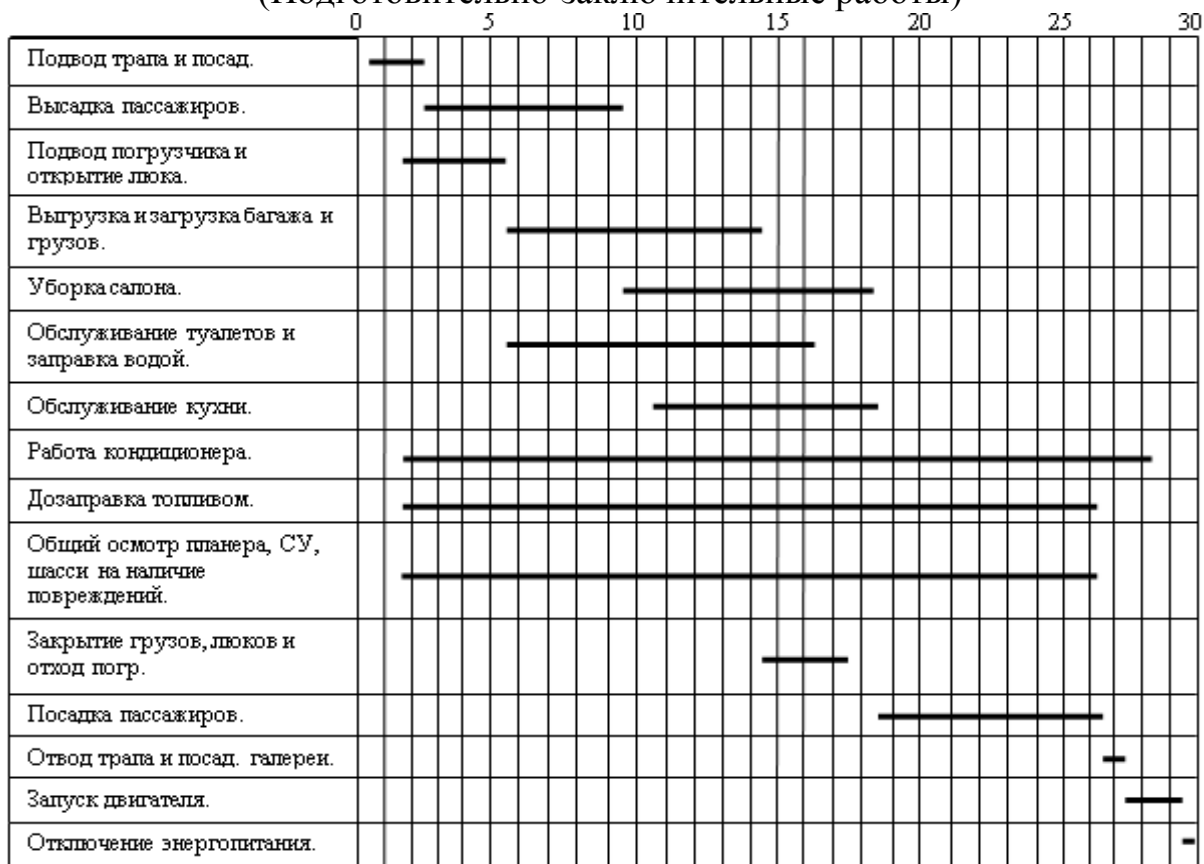
1. Алексанян А.Р., Ицкович А.А., Файнбург И.А. Мониторинг процессов поддержания лётной годности воздушных судов на основе применения методов моделирования IDEF0// Научный Вестник МГТУ ГА. – 2010. - № 162. - С. 51–58.
2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов. Системный анализ процессов технической эксплуатации летательных аппаратов: учеб. пособие. - М.: МГТУ ГА, 2012. - Ч. 1:
3. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ; ИПК Издательство стандартов.- М. 2000.
4. Д IDEF0 – 2000. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. - М.: Госстандарт России, 2000.
5. Руководство по лётной годности. Том 1. Организация и процедуры. Том 2. Сертификация конструкции и сохранение лётной годности. Doc 9760 AN/967/ ICAO, 2001.



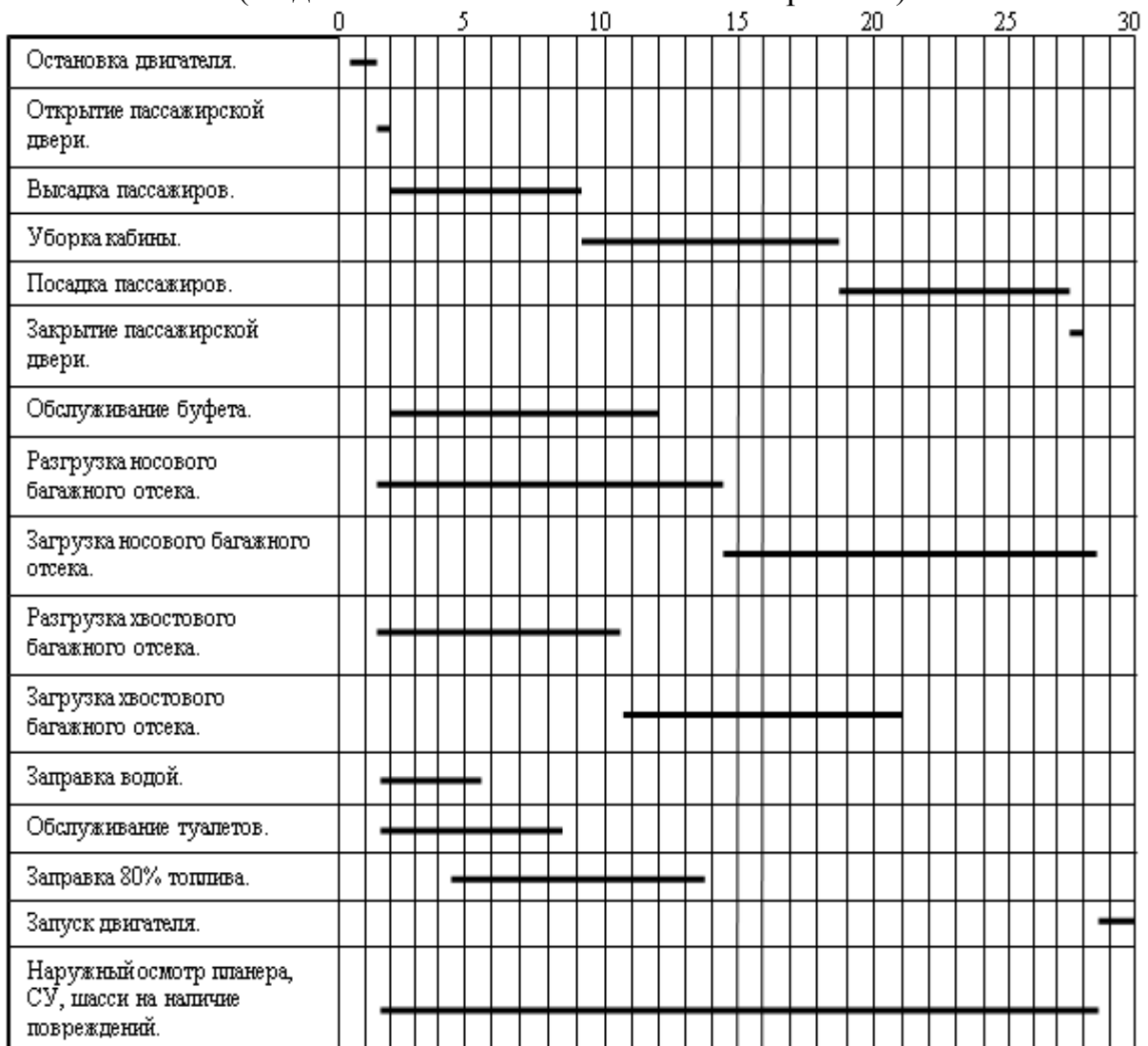


**Вариант №3.** Технологический график транзитного ТО самолёта В-767-200

(Подготовительно-заключительные работы)

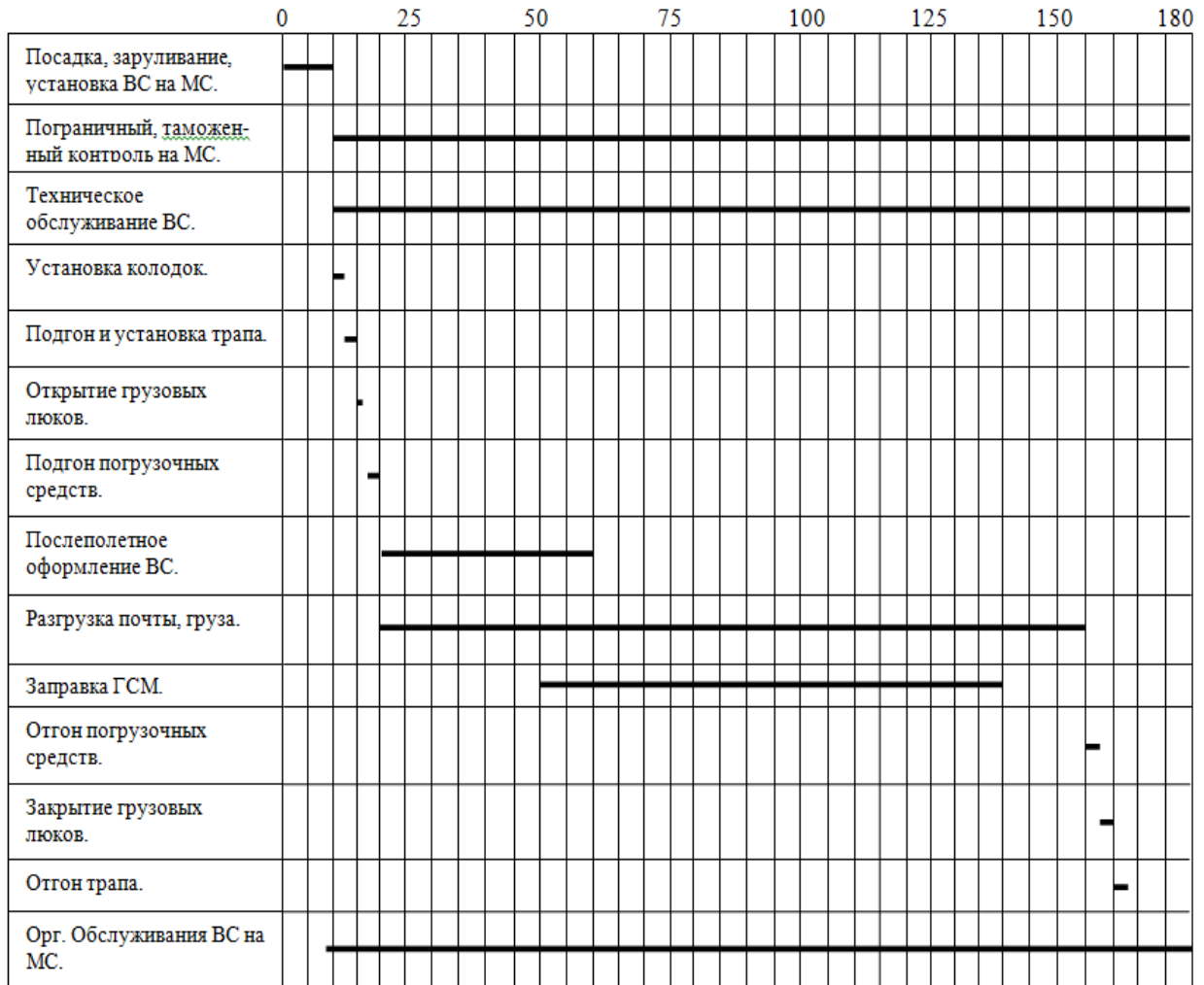
**Вариант №4** Технологический график подготовки самолёта А-310 к полёту  
(Подготовительно-заключительные работы)

**Вариант №5** Технологический график ТО самолёта F-100 в базовом аэропорту  
(Подготовительно-заключительные работы)



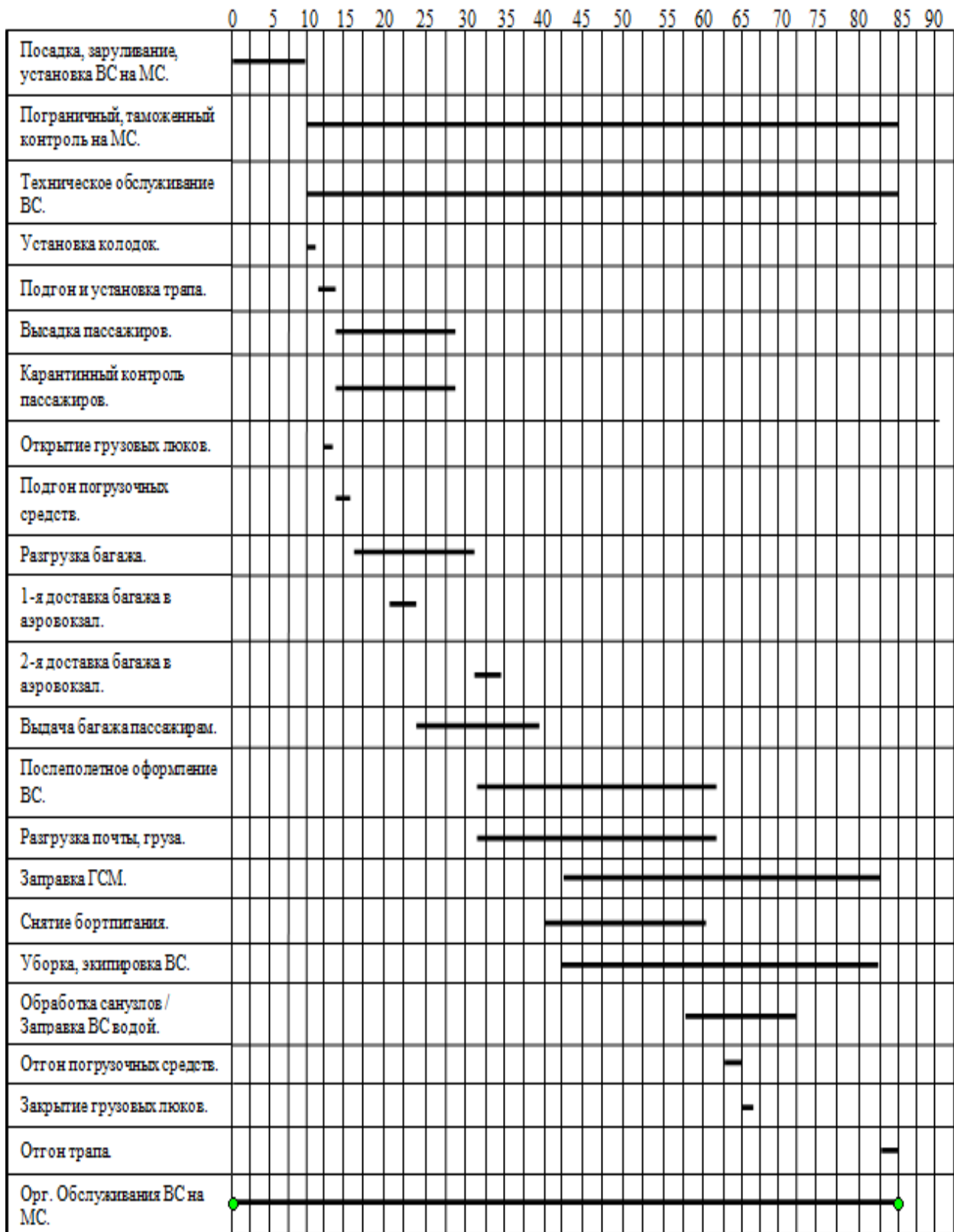


**Вариант №6** Технологический график наземного обслуживания самолёта  
В-747 в аэропорту Владивосток  
(Подготовительно-заключительные работы)

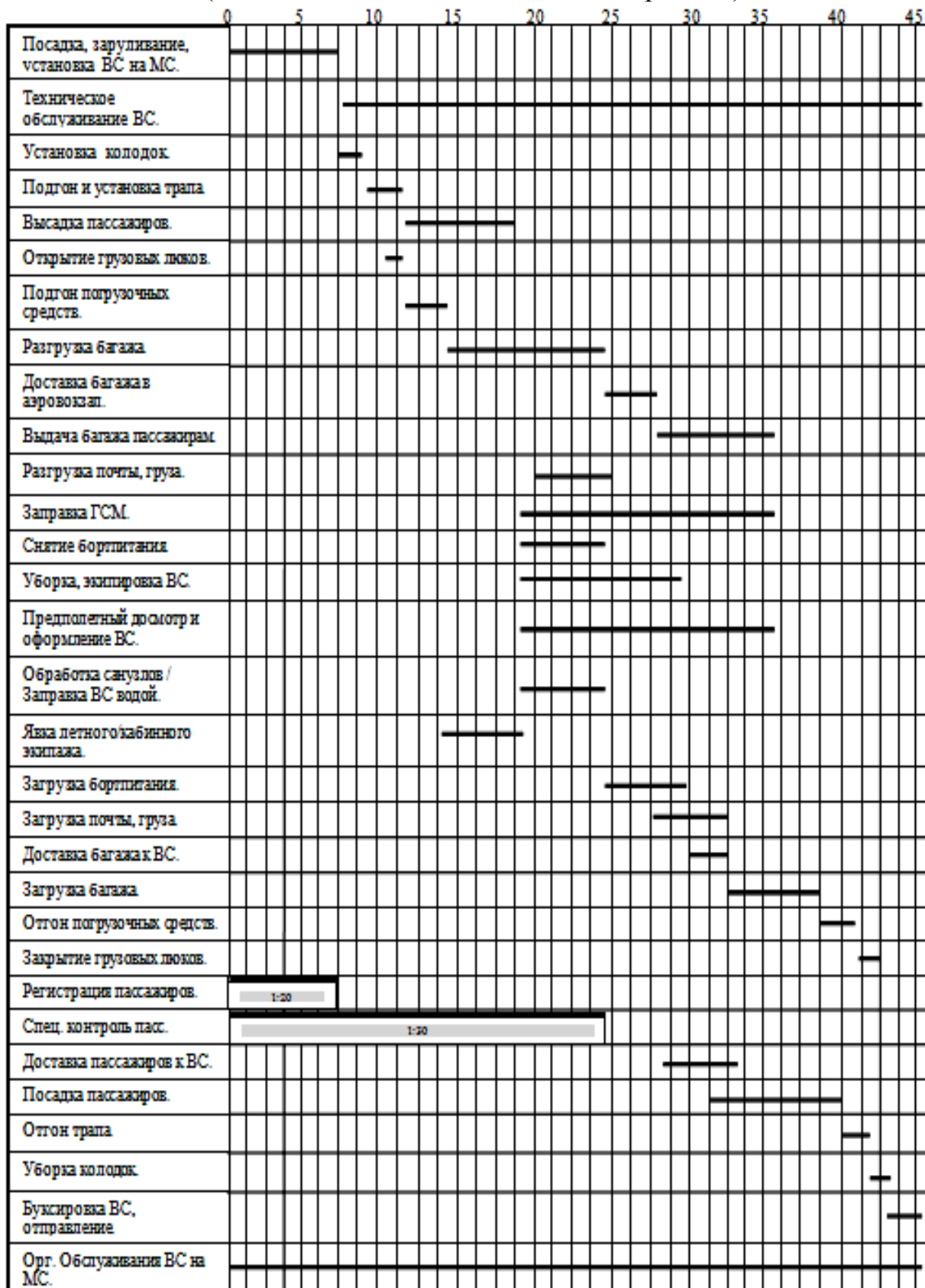




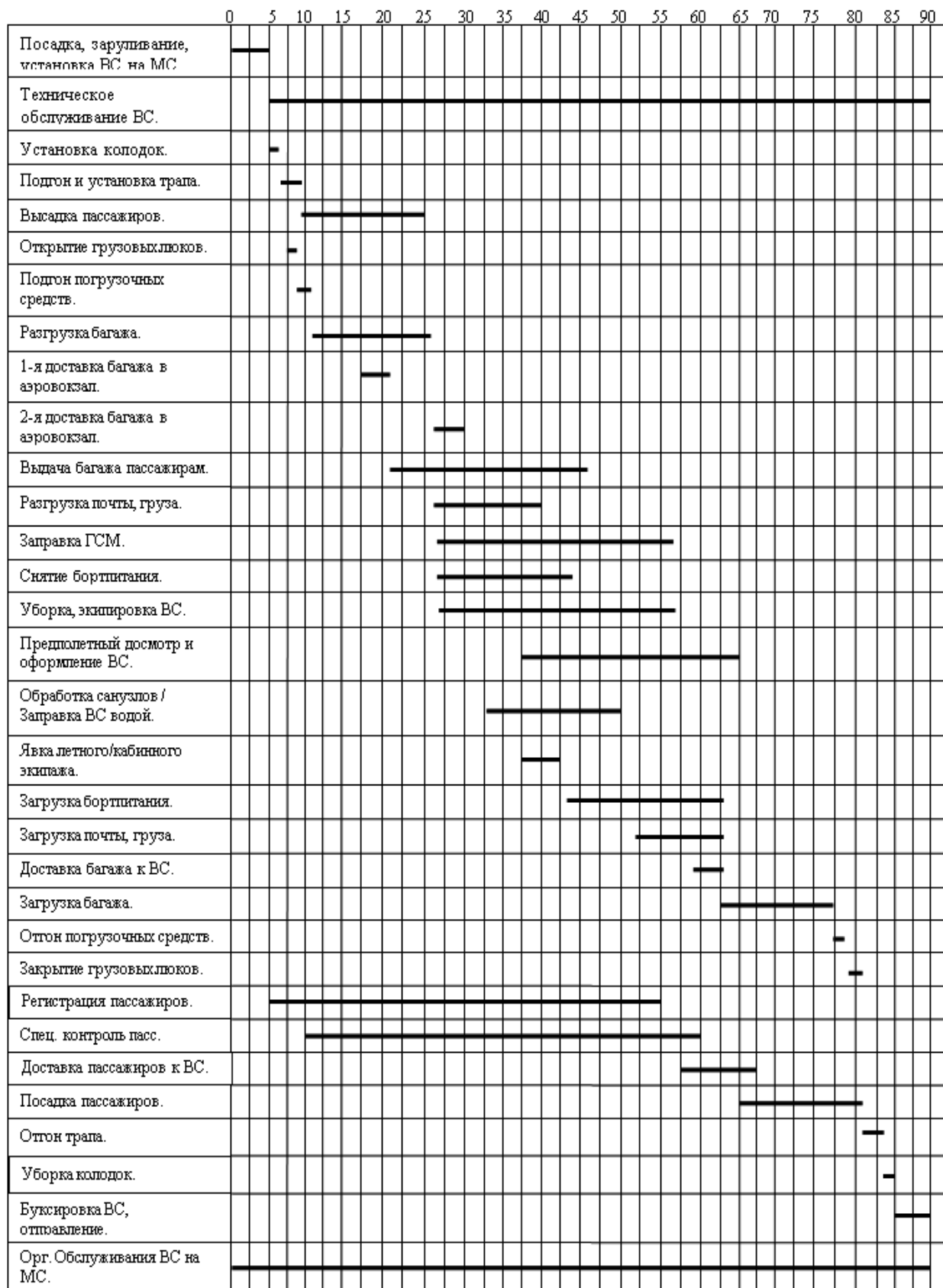
**Вариант №8** Технологический график наземного обслуживания самолёта  
А-300, 310 в аэропорту Владивосток  
(Подготовительно-заключительные работы)



**Вариант №9** Технологический график наземного обслуживания самолёта  
CRJ - 200 в аэропорту Владивосток (транзит)  
(Подготовительно-заключительные работы)



**Вариант №10** Технологический график наземного обслуживания самолёта  
В – 747; Ил-96 в аэропорту Владивосток (транзит)  
(Подготовительно-заключительные работы)



**Содержание**

1. Общие положения.....	3
2. Характеристика практического занятия.....	3
3. Методические рекомендации по разработке функциональной модели IDEF0 с помощью программного продукта VPwin.....	6
4. Вопросы, рекомендуемые к рассмотрению.....	19
5. Оформление отчета по результатам выполнения практического занятия.....	19
Литература.....	20
Приложение. Исходные данные вариантов заданий для создания функциональной модели IDEF0.....	21

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

