

УДК 65.011.56

**Пилипёнок О. Н.**, преподаватель (Тел.: +380 66 503 14 09. E-mail : oksana-pascal@rambler.ru)  
(Кировоградская летная академия Национального авиационного университета)

## **МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ КАК ОСНОВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ**

**Піліпйонюк О. М. Модель процесу прийняття рішень як основна складова інтелектуальної навчальної системи.** У статті розглядаються основні аспекти діяльності та навчання диспетчера Tower і проблеми, пов'язані з ними. Представлений короткий аналіз тренажерно-навчальних систем, що застосовуються в Україні і за кордоном для професійної підготовки диспетчера Tower. Обґрунтовується доцільність моделювання процесу прийняття рішень диспетчером Tower при видачі дозволів зліт-посадка. Наводяться доводи про необхідність застосування об'єктно-орієнтованого моделювання. Викладаються питання реалізації роботи моделі процесу прийняття рішень диспетчером Tower.

**Ключові слова:** диспетчер Tower, інтелектуальна навчальна система, формалізація, блок-схема, об'єктно-орієнтоване моделювання, карта поведінки, візуальна модель

**Пилипёнок О. Н. Модель процесса принятия решений как основная составляющая интеллектуальной обучающей системы.** В статье рассматриваются основные аспекты деятельности и обучения диспетчера Tower и проблемы, связанные с ними. Представлен краткий анализ тренажерно-обучающих систем, применяемых в Украине и за рубежом для профессиональной подготовки диспетчера Tower. Обосновывается целесообразность моделирования процесса принятия решений диспетчером Tower при выдаче разрешений взлет-посадка. Приводятся доводы о необходимости применения объектно-ориентированного моделирования. Излагаются вопросы реализации работы модели процесса принятия решений диспетчером Tower.

**Ключевые слова:** диспетчер Tower, интеллектуальная обучающая система, формализация, блок-схема, объектно-ориентированное моделирование, карта поведения, визуальная модель

**Pilipyonok O. M. The decision making model as the main component of the intelligent learning system.** The main aspects of activity and training of Tower controller, and the problems, associated with them, are considered in the article. There is the brief analysis of simulation learning systems, which are used in Ukraine and abroad for Tower controller training. The feasibility of modeling the Tower controller decision making process in permitting takeoff and landing is substantiated. There are arguments about the necessity of object-oriented modeling. There are the questions concerning the realization of Tower controller decision-making model.

**Keywords:** Tower controller, intelligent learning system, formalization, block diagram, object-oriented modeling, behavior chart, visual model

**Введение и постановка задачи.** Анализ материалов Национального бюро по расследованию авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами, данных Государственной авиационной службы Украины и Flight Safety Foundation свидетельствует о том, что значительное количество авиационных происшествий происходит на этапах взлета и посадки воздушных судов. Одним из субъектов-участников этих этапов является диспетчер Tower, который в процессе своей профессиональной деятельности принимает различные управленческие решения, правильность и своевременность которых зависит от его подготовленности, опыта и личных качеств.

Одним из этапов подготовки диспетчера Tower является тренажерная подготовка. В мире существует целый ряд различных тренажерно-обучающих систем (ATCsimulator, ATC Tower Simulator, Tower Simulator, BAO Tower Simulator, ATTower, NexSim Tower Simulator, FIRSTplus™ Tower Simulator, MaxSim и другие), которые представляют собой достаточно мощные комплексы, использующие различные методы для обучения диспетчера Tower [1]. Однако высокая стоимость тренинга, недостаточная мобильность в размещении, ограниченность функциональных возможностей, необходимость адаптации к местным условиям и потребность в наличии инструктора не позволяют им стать «универсальными». Кроме того, существующие системы акцентируют внимание авиадиспетчера на осмотре летного поля, а не на процессе принятия решений, что приводит к типичным ошибкам на его рабочем месте и, как следствие, может привести к авиационным происшествиям. Таким образом, вопросы, связанные с необходимостью развития и совершенствования методов обучения диспетчера Tower остаются актуальными.

Повысить уровень профессиональной подготовки диспетчера Tower возможно благодаря разработке интеллектуальной обучающей системы "Диспетчер Tower", в основу которой закладывается концепция изучения, поддержки и контроля процесса принятия решений при управлении взлетно-посадочными операциями. Такой подход дополнит тренажерную подготовку с принципиально иной качественной позиции. Изложение вопросов формализации этого процесса является целью данной статьи.

**Основная часть.** Формализация процесса принятия решений диспетчером Tower при выдаче разрешений взлет-посадка проходила в несколько этапов.

*На первом этапе* исследовалась проблема ошибок, допускаемых диспетчером Tower при обучении и профессиональной деятельности, и проверялась взаимосвязь между ними. Для этого было проведено интервьюирование и анкетирование инструкторов тренажерной подготовки Кировоградской летной академии Национального авиационного университета и действующих диспетчеров Tower регионального структурного подразделения (РСП) «Киевцентраэро» с различным опытом работы. Кроме того, был осуществлен сбор и анализ выписок из магнитофонной записи радиообмена диспетчера, представленных в виде диалогов "диспетчер-экипаж" (всего 107 диалогов, в 17 из которых диспетчером были допущены ошибки).

В результате обработки и сравнения данных, полученных при интервьюировании, анкетировании и сборе выписок из магнитофонной записи радиообмена было доказано, что ошибки, которые допускаются при обучении, совпадают с ошибками, возникающими на рабочем месте. При чем повторяемость одних и тех же ошибок позволила их типизировать и свести в две группы (Табл. 1):

- 1) ошибки, связанные с нарушением фразеологии радиообмена;
- 2) ошибки, связанные с нарушением процедур управления воздушным движением (УВД).

**Группы ошибок**

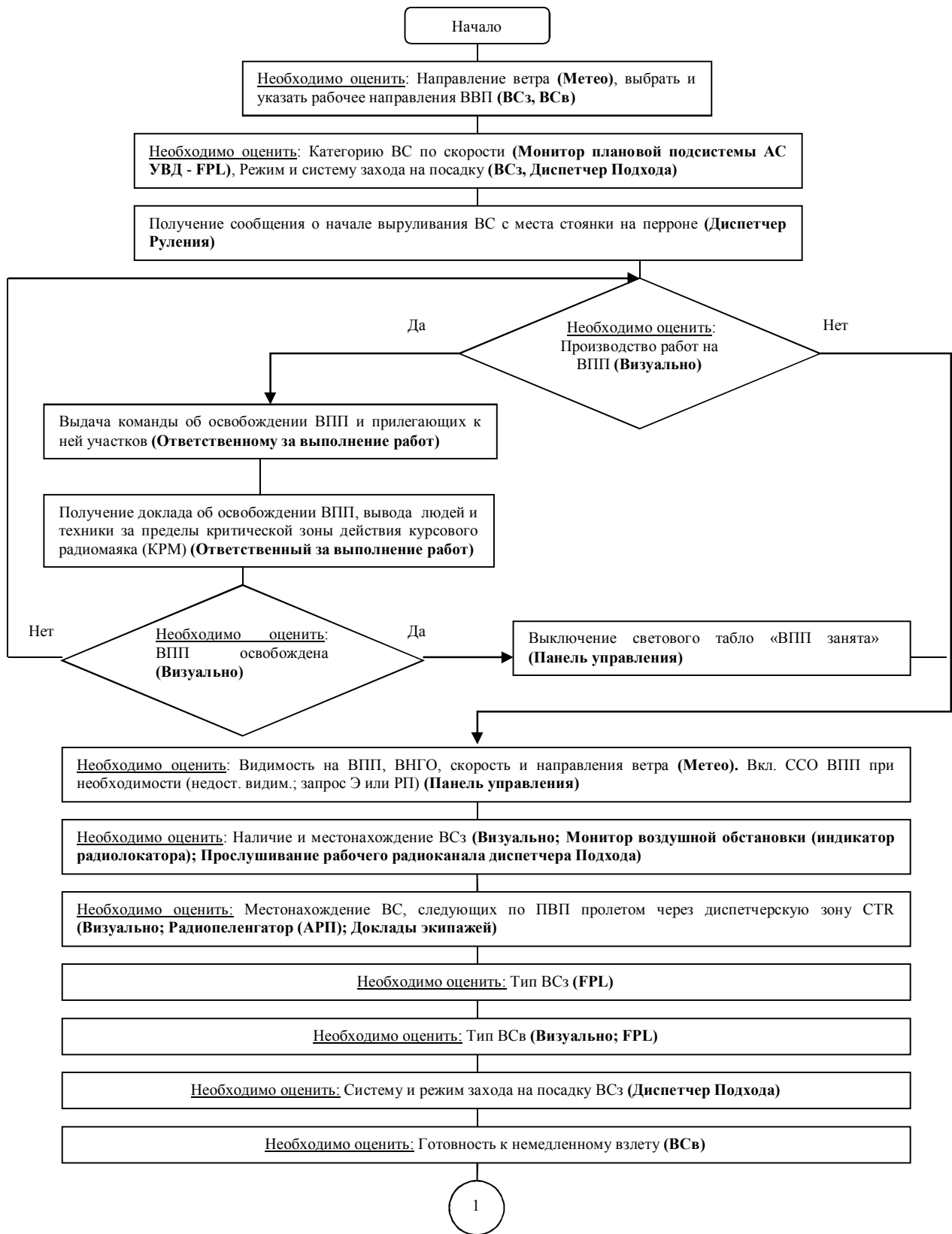
Табл. 1

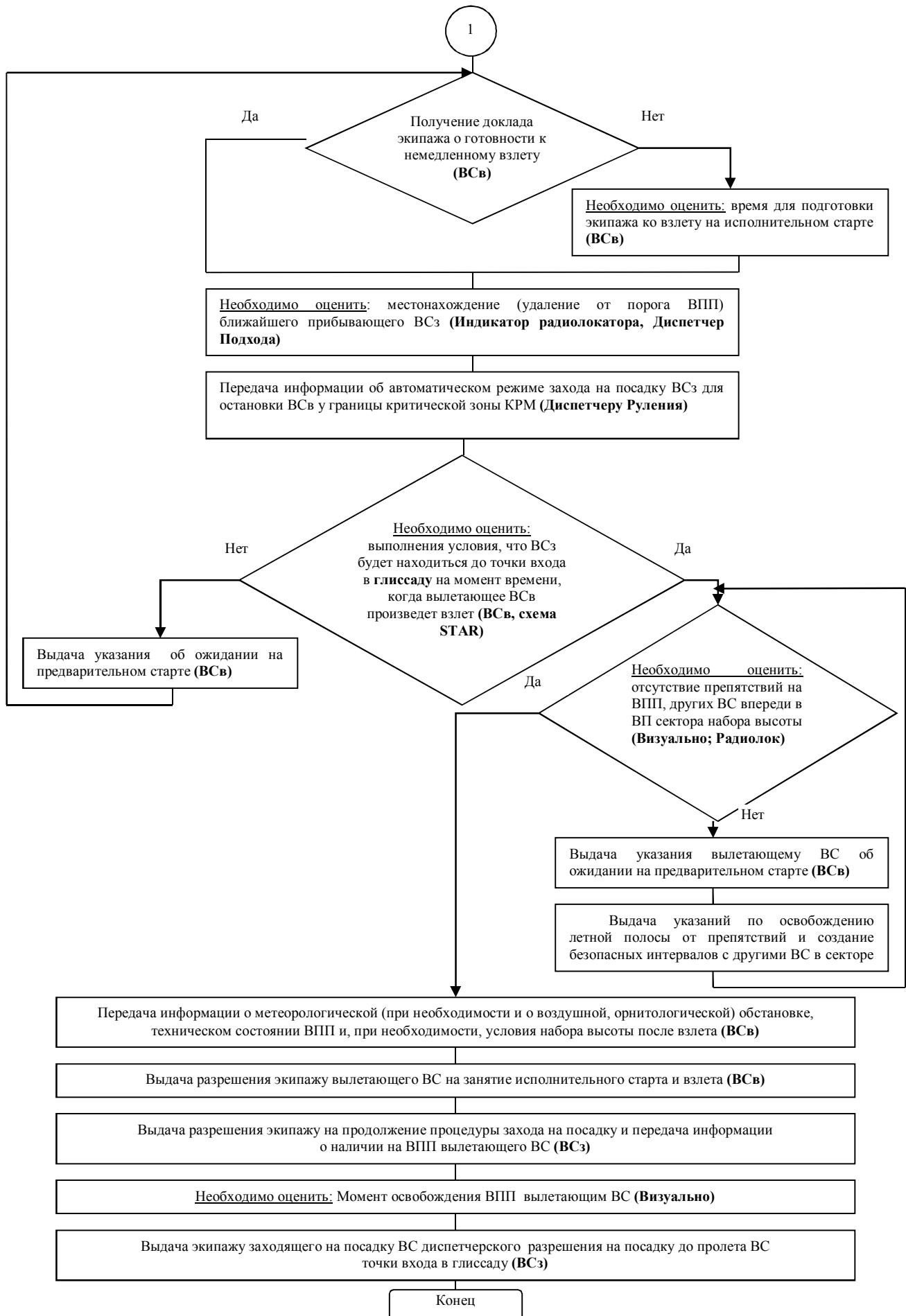
Нарушение фразеологии радиообмена	Нарушение процедур УВД
Безадресные команды	При указании интервалов для взлета и посадки
Нарушение последовательности выдачи информации	При уходе воздушного судна на второй круг
Предоставление неполной информации	При выдаче разрешения взлет-посадка
Выдача некорректной информации	При выдаче информации о спутном следе
	При выдаче аэродромной службе информации о заходящих и взлетающих воздушных судах
	При указании маршрутов руления, выхода из района аэродрома (Standard instrument departure - SIDs)
	Несвоевременное выполнение процедур управления воздушным движением

Представленные группы ошибок дали возможность определить наиболее уязвимые стадии принятия решений диспетчером Tower при УВД, на которые необходимо обращать особое внимание при обучении авиаспециалиста данного профиля.

*На втором этапе* формализации на основе полученных данных, а также «Рабочей инструкции диспетчера УВД на рабочем месте TOWER» и другой документации, регламентирующей его профессиональную деятельность, производилась детализация действий диспетчера при выдаче разрешений взлета-посадки при благоприятных метеорологических условиях. На основе этой информации были выделены основные этапы процесса принятия решений и построена алгоритмическая модель. Ниже приведена блок-схема действий диспетчера Tower при выдаче разрешений взлет-посадка, где использованы такие условные обозначения : **ВПП** –взлетно-посадочная полоса; **ВС** – воздушное судно; **ВСз** – воздушное судно, заходящее на посадку; **ВСв** – вылетающее воздушное судно; **АС УВД** – автоматизированная система управления воздушным движением; **КРМ** – курсовой радиомаяк; **FPL** – flight plan (план полета); **ВНГО** – высота нижней

границы облаков; **ССО** – свето-сигнальное оборудование; **недост. видим.** – недостаточная видимость; **Э** – экипаж; **РП** – руководитель полетов; **ПВП** – правила визуальных полетов; **CTR** – control zone (диспетчерская зона); **STAR** – Standard terminal arrival route (стандартный маршрут прибытия); **ВП** – воздушное пространство.





На третьем этапе формализации определялся механизм, позволяющий, с одной стороны, преобразовать разработанную алгоритмическую модель в модель, понятную не только разработчику, но и обучающемуся, а с другой – предоставляющий возможность адекватно моделировать все составные части предметной области. Обоснованному выбору такого механизма способствовали проведенные ранее исследования [1...5].

Согласно этим исследованиям система УВД обладает набором свойств, позволяющим осуществлять моделирование с использованием теории массового обслуживания (ТМО). Анализ характеристик систем УВД показывает, что данную систему можно рассматривать как многоканальную систему, в которой каждая зона УВД может быть представлена, как отдельный канал. Следовательно, система обслуживания в определенной зоне, в частности в зоне взлета и посадки на отдельном аэродроме, характеризуется, как одноканальная система, в которой роль сервиса выполняет диспетчер Tower, а воздушные суда, осуществляющие взлет и заход на посадку на ВПП, являются клиентами и формируют входящий и исходящий поток в системе обслуживания.

Источник клиентов представляет собой источник конечной мощности, так как количество ВС, обслуживаемых диспетчером Tower, является ограниченной величиной согласно плану полетов. Заявки, поступающие в сервис, могут обслуживаться сразу или ожидать обслуживания в очереди, в случае занятости сервиса. Причем очередь существует как в воздухе при выполнении посадки ВС, так и на земле, когда ВС осуществляют взлет. Прибывающее ВС может не выстраиваться в эшелон, а уходить на другой аэродром, что предполагает случай отказа становиться в очередь. Возможен также случай покидания очереди (уход на другой аэродром) до начала обслуживания, когда время ожидания ВС превысило допустимое.

Таким образом, приземляющееся ВС на начальном этапе цикла является клиентом входящего потока посадки и исходящего потока, заканчивающегося сруливанием ВС с ВПП. Через определенный промежуток времени пребывания самолета в аэропорту, он присоединяется к очереди самолетов, ожидающих взлета, и снова включается во входной поток системы. После прохождения через систему обслуживания, данное ВС, набрав определенную высоту, формирует исходящий поток.

Система УВД также обладает набором свойств, позволяющим осуществлять моделирование с использованием теории сетей Петри [1].

Сети Петри – это математический аппарат, который широко используется для моделирования динамических систем многих типов. Сети Петри как математический инструмент можно использовать для описания уравнений состояний, алгебраических уравнений и других математических моделей, управляющих поведением систем. Кроме того, они являются весьма удобным инструментом для анализа и автоматизации построения программ имитационного моделирования.

Простые сети Петри содержат только три основных элемента: узлы, переходы и маркеры. Поэтому построение моделей сложных динамических систем, в которых одновременно протекает большое количество взаимодействующих параллельных и асинхронных процессов, и существует много информационных и материальных потоков на базе этих элементов, становится достаточно сложной и громоздкой процедурой. Это заметно сужает класс моделей систем, которые можно построить на основе простых сетей Петри. В таких случаях применяют расширения простых сетей Петри, позволяющих значительно упростить построение сложных моделей и их графическое изображение. Расширенные сети Петри – это такая их модификация, которая увеличивает возможности сети по описанию и моделированию систем.

Подробное описание моделирования деятельности диспетчера Tower с точки зрения теории сетей Петри приводится в публикации [1].

Проведенные исследования выявили ряд недостатков как применения ТМО, так и теории сетей Петри, среди которых: **1) невозможность** описания непрерывно-дискретного (гибридного) поведения предметной области; **2) ненаглядное** представление модели.

Описать гибридное поведение, получить адекватную и наглядную модель позволяет объектно-ориентированный подход [2].

Учитывая вышеизложенное, на основе блок-схемы в программной среде «Rand Model Designer» (среда объектно-ориентированного языка моделирования) была разработана модель процесса принятия решений диспетчером Tower в виде карты поведения с переходами и состояниями (Рис. 1).

Состояния карты поведения: 1) начальное состояние; 2) выбор и указание рабочего направления ВПП; 3) анализ информации о движении ВС; 4) оценка производства работ на ВПП; 5) оценка освобождена ли ВПП; 6) Выдача разрешений взлета-посадка; 7) конечное состояние.

Каждому состоянию (за исключением начального и конечного) были назначены входные и/или выходные действия, а переходу – условия срабатывания (Рис. 1).

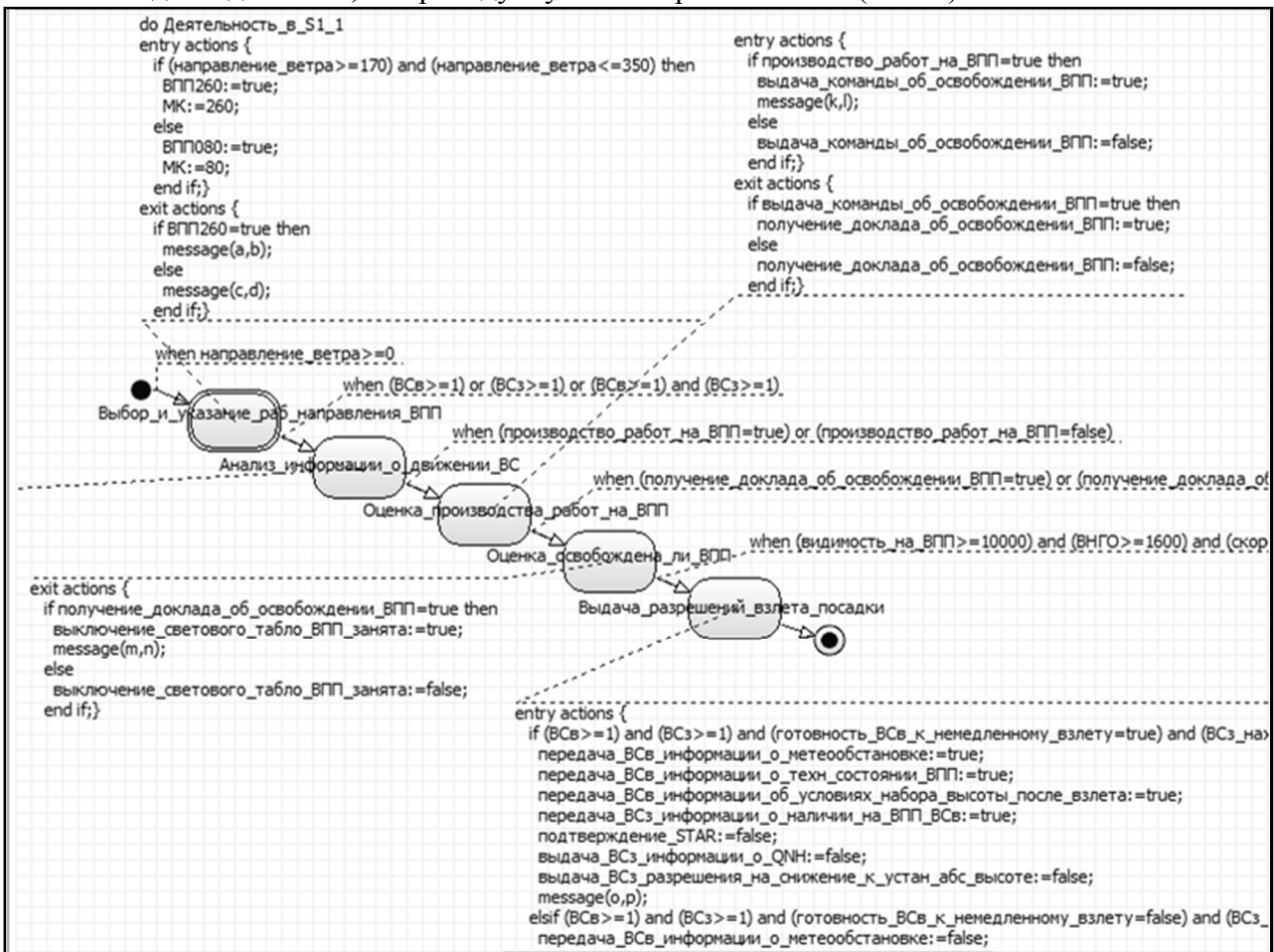


Рис. 1. Фрагмент карты поведения процесса принятия решений диспетчером Tower

Условия срабатывания переходов:

1) направление ветра $\geq 0$  - условие срабатывания перехода между начальным состоянием и состоянием «Выбор и указание рабочего направления ВПП»;

2)  $(BCв \geq 1) \text{ or } (BCз \geq 1) \text{ or } (BCв \geq 1) \text{ and } (BCз \geq 1)$  - условие срабатывания перехода между состоянием «Выбор и указание рабочего направления ВПП» и состоянием «Анализ информации о движении ВС»;

3)  $(\text{производство работ на ВПП}=\text{true}) \text{ or } (\text{производство работ на ВПП}=\text{false})$  - условие срабатывания перехода между состоянием «Анализ информации о движении ВС» и состоянием «Оценка производства работ на ВПП»;

4)  $(\text{получение доклада об освобождении ВПП}=\text{true}) \text{ or } (\text{получение доклада об освобождении ВПП}=\text{false})$  - условие срабатывания перехода между состоянием «Оценка производства работ на ВПП» и состоянием «Оценка освобождена ли ВПП»;

5) (видимость на ВПП >=10000) and (ВНГО >=1600) and (скорость ветра <=40) - условие срабатывания перехода между состоянием «Оценка освобождена ли ВПП» и состоянием «Выдача разрешений взлета-посадка».

При запуске карты поведения открывается окно визуальной модели (Рис. 2). Визуальная модель отображает последовательность процедур, которые необходимо выполнять диспетчеру Tower при выдаче разрешений на взлет и посадку.



Рис. 2. Визуальная модель процесса принятия решений диспетчером Tower при выдаче разрешений «взлет-посадка»

В процессе работы модели выводятся специальные сообщения-подсказки, которые помогают понять в какой момент времени следует осуществлять те или иные процедуры и в каком виде выдавать разрешения и рекомендации (Рис. 3).

```

(t=0.00000, i=1): message("1", "Выбрать рабочее направление ВПП 080")
(t=0.00000, i=1): message("2", "Оценить: тип ВС; наличие ВС, следующих по ПВП пролетом; готовность ВС к взлету; производство работ на ВПП.")
(t=0.00000, i=2): message("3", "Выдать команду об освобождении ВПП.")
(t=0.00000, i=4): message("4", "Выключить световое табло ВПП занята.")
(t=0.00000, i=4): message("5", "Передать ВСв информации о метеобстановке, техн. состоянии ВПП, информации об условиях набора высоты после взлета.")
(t=0.00000, i=5): message("6", "Выдать разрешение ВСв на занятие исполнительного старта и взлет.")
  
```

Рис. 3. Сообщения-подсказки

При принятии различных управленческих решений диспетчер Tower также должен учитывать метеорологические данные. Принимая это во внимание, визуальная модель процесса принятия решений диспетчером Tower была дополнена метеомонитором (в виде 2D-анимации), аналогичным метеомонитору на рабочем месте диспетчера (Рис. 4).

```

(t=0.00000, i=1): message("1", "Выбрать рабочее направление ВПП 080")
(t=0.00000, i=1): message("2", "Оценить: тип ВС; наличие ВС, следующих по ПВП пролетом; режим и систему захода на посадку ВС; производство работ на ВПП.")
(t=0.00000, i=2): message("3", "Выдать команду об освобождении ВПП.")
(t=0.00000, i=4): message("4", "Выключить световое табло ВПП занята.")
(t=0.00000, i=4): message("5", "Подтвердить у ВСз STAR. Передать ВСз информации о QNH. Выдать ВСз разрешение на снижение к устан. абс. высоте.")
(t=0.00000, i=5): message("6", "Выдать ВСз разрешение на посадку.")
  
```

Рис. 4. Визуальная модель с сообщениями-подсказками и метеомонитором

Таким образом:

- впервые в тренажерную систему для подготовки диспетчера Tower заложена концепция изучения, поддержки и контроля процесса принятия решений при выдаче им разрешений на взлет и посадку;
- впервые с применением объектно-ориентированного подхода формализован процесс принятия решений диспетчером Tower при управлении взлетно-посадочными операциями и получена его модель.

### **Результаты, выводы и рекомендации.**

1. Изучение статистических данных авиационных происшествий, возникших на этапах взлета и посадки воздушных судов, а также исследование деятельности диспетчера Tower, подходов к его обучению, подтвердили актуальность разработки модели процесса принятия решений диспетчером Tower как основы для реализации интеллектуальной обучающей системы "Диспетчер Tower".

2. Оценка существующих подходов к моделированию процесса принятия решений диспетчером Tower (теории массового обслуживания и сетей Петри) показала их несостоятельность в отношении получения адекватной модели данного процесса и подтвердила целесообразность применения объектно-ориентированного моделирования.

3. Полученная в результате применения объектно-ориентированного подхода модель учитывает особенности процесса принятия решений диспетчером Tower, связанные с его рабочим местом.

4. Результаты выполненного исследования могут быть использованы для решения задач моделирования динамических сложных гибридных систем (в том числе и задач моделирования различных рабочих мест авиаспециалистов).

### **Литература**

1. Джума Л. Н. Применение информационных технологий для моделирования рабочего места диспетчера TWR / Л. Н. Джума, О. Н. Паскаль, В. Л. Лишавская // Информационные технологии и безопасность в управлении. – 2011. – С. 241-246.

2. Джума Л. Н. Гибридный автомат как перспективный подход к моделированию аэродромной диспетчерской вышки / Л. Н. Джума, О. Н. Пилипёнок // Матеріали XXXIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів «Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи». – Кіровоград: 12 квітня 2013 р.

3. Джума Л. Н., Пилипёнок О. Н., Тимошенко А. В. Анализ структуры рабочего места диспетчера Tower и особенности его моделирования / Л. Н. Джума, О. Н. Пилипёнок, А. В. Тимошенко // Матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. «Управління високошвидкісними рухомими об'єктами і професійна підготовка операторів складних систем». – Кіровоград: 15-16 листопада 2012 р.

4. Паскаль О. Н. Имитационное моделирование рабочего места диспетчера TWR / О. Н. Паскаль // Матеріали XXXI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів «Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи». – Кіровоград: 12 квітня 2011 р. – С 144.

5. Пилипёнок О. Н. Особенности моделирования условий функционирования диспетчера Tower / О. Н. Пилипёнок // Матеріали XXXII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів «Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи». – Кіровоград: 12 квітня 2012 р.