
**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ
В СЕКТОРЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ****Д.С. Косолапов, Ю.В. Обухов (Москва)****Введение**

Основная задача системы управления безопасностью полетов (СУБП) заключается в обеспечении разумного уровня и удержании под контролем рисков для безопасности полетов (БП) и эксплуатационных ошибок. Для выполнения этой задачи необходимо своевременно выявлять факторы опасности и оценивать серьезность и частоту (вероятность) событий, которые могут произойти из-за влияния этих факторов. Помимо всего прочего при оценке безопасности полетов (ОБП) наряду с техническими факторами в качестве ключевых аспектов должен быть принят во внимание человеческий фактор.

ОБП проводится в связи с предложениями в отношении существенной реорганизации воздушного пространства (ВП), изменений правил предоставления обслуживания воздушного движения (ВД) или на аэродроме и внедрения нового оборудования, систем и средств [1, 2].

В настоящее время основным методом выявления вышеуказанных факторов, как и последующая оценка связанных с ними рисков, определенным в [2] по методике, предложенной в [1], является метод «мозгового штурма», проводимого группой специально отобранных высококвалифицированных экспертов. Оценка рисков включает в себя оценку серьезности событий, связанных с выявленными угрожающими факторами и оценку частоты этих событий. Для оценки вероятности наступления последствий угрожающего фактора, как правило, используются имеющиеся в распоряжении экспертов статистические данные. У этого метода есть ряд недостатков, связанных с субъективизмом экспертной оценки, возможным невыявлением (пропуском) угрожающих факторов, отсутствием у экспертов достаточных статистических данных, применяемым для статистической оценки доверительным интервалом. Поэтому в последние годы находят все большее распространение способы оценки безопасности полетов, основанные на математическом моделировании ВД и управления ВД.

Имитационное моделирование имеет при оценке безопасности полетов ряд важных преимуществ. Среди них можно выделить возможность получения большого объема данных для анализа, возможность получения промежуточных данных (для выявления причин возникшей ситуации), возможность ускоренного моделирования, возможность неоднократного повторного прокручивания ситуации, возможность создания новых сценариев, учета новых факторов.

Метод имитационного моделирования был реализован для оценки безопасности полетов в программном средстве «Имитационная математическая модель оценки безопасности полетов» (ПС ИММ ОБП) в ФГУП «ГосНИИАС» в рамках программного Комплекса имитационного моделирования организации воздушного движения (КИМ ОрВД). В данном программном средстве моделируется управляемое воздушное движение в секторе управления воздушным движением.

**Описание имитационной математической модели оценки
безопасности полетов**

ПС ИММ ОБП призвано решить исследовательские задачи, связанные с оценкой безопасности полета в секторе, в том числе:

- 1) оценить снижение показателей безопасности полетов при выходе из строя линии передачи трекowych данных в систему управления воздушным движением (УВД).

2) оценить снижение показателей безопасности полетов при отказе автоматизированной системы УВД (АС УВД).

3) оценить влияние на безопасность полетов выхода из строя бортового и наземного оборудования наблюдения, связи и навигации.

4) оценить влияние выдерживаемой точности самолетовождения и ее снижения на показатели безопасности полетов.

5) оценить влияние особенностей обслуживаемого потока ВД (структуры потока и его интенсивности) на задержки выполнения действий диспетчера УВД и, как следствие, на безопасность полетов.

6) оценить опасность тех или иных ошибочных действий операторов (диспетчера, пилота) с точки зрения безопасности полетов.

7) оценить влияние на безопасность выполнения полетов наличия ВС с различным уровнем оборудования.

Имитационная модель оценки безопасности полетов в секторе РЦ состоит из следующих моделей: воздушной обстановки (ВО), диспетчерского управления (МДУ), наземной системы наблюдения, системы связи, системы навигации, а также модели имитации продвижения времени, модели отображения воздушной обстановки и модели расчета показателей. На рис. 1 представлена схема функционирования этих моделей. Модель продвижения времени не включена в схему, чтобы облегчить ее чтение, поскольку модель продвижения служит источником данных о времени для всех остальных моделей. Стрелки на рисунке соответствуют обмену данными между моделями. На схеме представлены только основные данные, которыми обмениваются модели.

Модель диспетчерской позиции имитирует все основные операции, как это определено в технологиях работы [3], связанные с приемом ВС на сопровождение от диспетчера смежного сектора, сопровождением ВС и передачей ВС диспетчеру следующего сектора. При этом предоставляется возможность моделировать ошибки диспетчера, такие как, например, неправильное выполнение операций определенного типа.

Модель воздушной обстановки представляет собой совокупность моделей полета множества воздушных судов (ВС), пролетающих моделируемый сектор. Для каждого ВС, выполняющего полет в соответствии с собственным планом, моделируется часть полета, включающего подлет к рубежу передачи его на управление диспетчерской позиции моделируемого сектора, пролет этого рубежа, транзитный пролет воздушного пространства сектора и пересечение рубежа передачи следующей диспетчерской позиции.

Модель наземной системы навигации формирует и выдает данные о навигационном покрытии моделируемого воздушного пространства и проблемах с ним (отказах навигационного оборудования).

Модель системы связи имитирует качество прохождения сообщений между землей и бортом – с учетом ошибок и искажений, а также возможных пропусков и даже полных отказов системы связи. Имитируется только работа голосовой связи «борт-земля».

Модель наземной системы наблюдения получает на вход полетные данные о ВС от модели ВО и выдает «измеренные» полетные данные. Имитируются ошибки наблюдения, а также отказы системы наблюдения (в том числе и связанные с отказами систем передачи данных).

Модель расчета показателей получает данные от функциональных моделей. Следует отметить, что расчет показателей, непосредственно либо косвенно характеризующих безопасность полетов, ведется в двух местах.

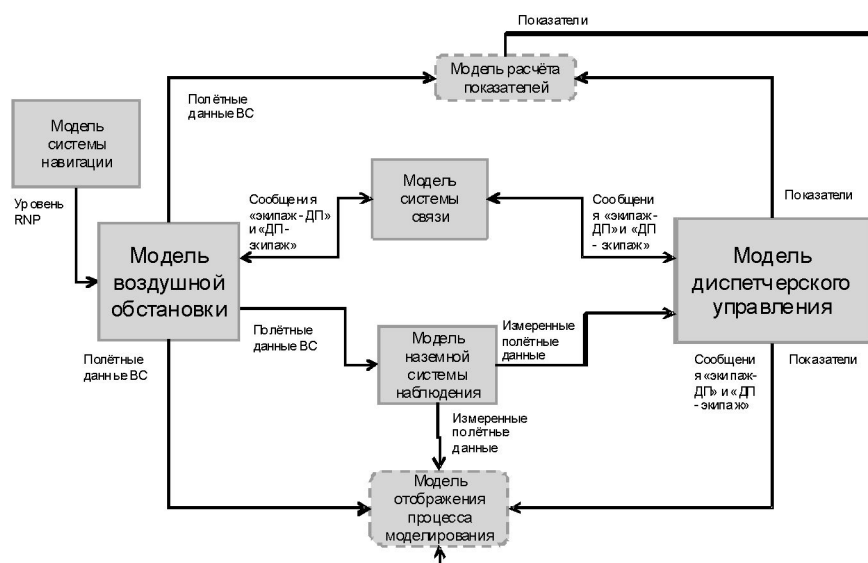


Рис. 1

Модель отображения процесса моделирования выполняет следующие функции: отображение воздушной обстановки, отображение обмена сообщениями в процессе выполнения управляемых полетов, отображение в наглядной форме некоторых показателей, характеризующих моделируемые процессы, отображение воздушной обстановки на двухмерной карте.

Описание процесса моделирования

Схема проведения моделирования с помощью динамической модели в ПС ИММ ОБП включает в себя подготовку к моделированию, проведение сеанса моделирования и «пост-сеансную» обработку показателей безопасности, их анализ и архивирование (рис. 2).

Перед началом непосредственно моделирования задаются исходные данные для динамической модели. Основными группами исходных данных для моделирования являются:

- аэронавигационная структура ВП сектора и соседних с ним секторов;
- исходный моделируемый поток ВС на заданный интервал времени;
- состояние и характеристики системы УВД;
- состояние и характеристики бортовых средств;
- метео данные;
- настройки сценария.

В процессе моделирования, а также «пост-сеансного» расчета выполняется подсчет пооперационной и интегральной временной загрузки, а также почасовой интенсивности ВД в секторе, ошибок самолетовождения, выявленных и свершившихся нарушений норм эшелонирования, опасных сближений и столкновений ВС, ограничений на профили полета и задержки ВС. В процессе моделирования в итерационном режиме рассчитываются статистические показатели указанных величин (математические ожидания, СКО, минимальные и максимальные значения, вероятность нахождения в трубке заданной точности). После проведения имитационного моделирования выполняется окончательная обработка результатов и пользователю предоставляется возможность вывода их для анализа и архивирования для последующего использования.

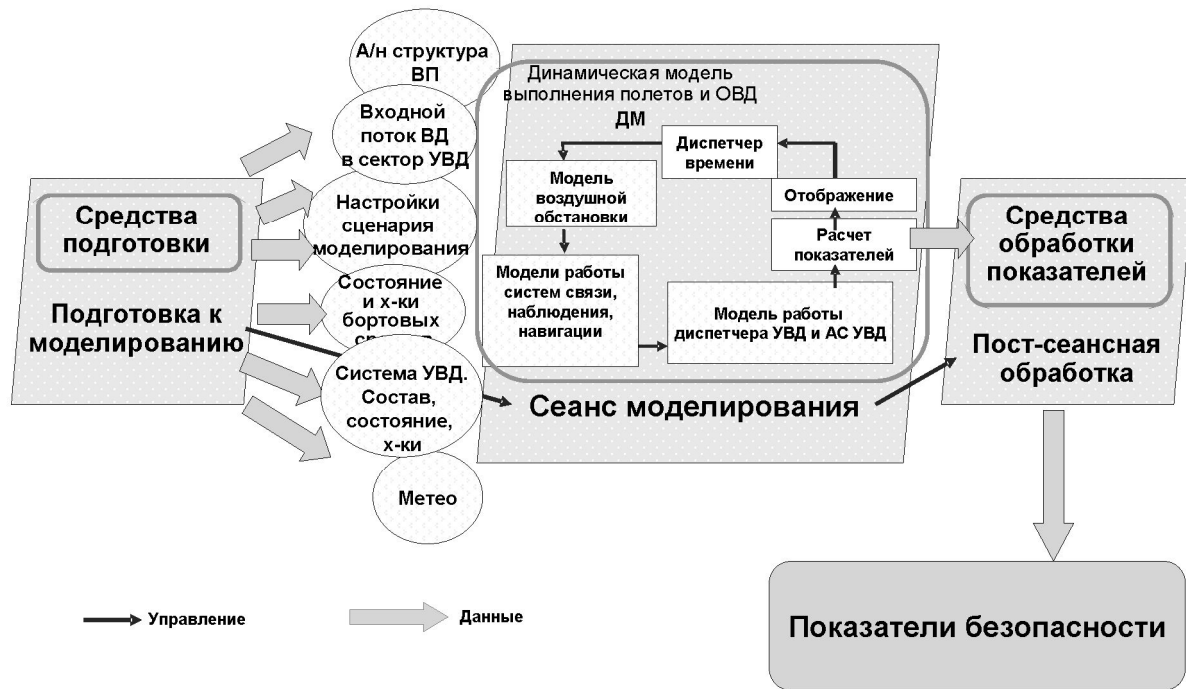


Рис. 2

Выводы

Предлагаемая в докладе имитационная модель оценки безопасности полетов позволяет оценить уровень безопасности полетов в секторе управления воздушным движением. Разработанное программное средство ПС ИММ ОБП целесообразно использовать при оценке безопасности полетов в существующей структуре ВП, а также для проведения исследований в перспективных вариантах структуры ВП. При этом разработанная модель позволяет учитывать такие факторы, как, например, отказы различных технических систем, человеческие ошибки, ошибки самолетовождения.

Литература

1. Руководство по управлению безопасностью полетов. Doc 9859 AN/474. Safety Management Manual (SMM). Издание 2. ICAO, 2009.
2. Руководство по управлению рисками при ОрВД ФГУП «Госкорпорация по ОрВД». 2008.
3. Об утверждении стандарта организации СТО-ГК-0001-042 Порядок разработки, согласования, утверждения, ввода в действие, внесения изменений в технологии работы диспетчеров ОВД, диспетчеров ПВД оперативных органов ЕС ОрВД. Приказ № 226 от 30.05.2012.