

УДК 656.7.052: 351.814.2

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТКАЗАМИ

Н.Н. СУХИХ, И.Н. ШЕСТАКОВ

Описываются модели системы управления воздушным движением (УВД) в рамках теории массового обслуживания. Дана общая схема функционирования диспетчерского пункта.

Ключевые слова: возможная конфликтная ситуация, управление воздушным движением.

Ситуация, когда из-за неспособности диспетчера одновременно в своей зоне ответственности управлять требуемым количеством воздушных судов (ВС), может быть описана на базе модели системы массового обслуживания с отказами.

Процессы, проходящие при функционировании ДП, представим следующими моделями:

1. ВС поступают в зону УВД (на обслуживание) с интенсивностью λ . Для диспетчера УВД этот поток ВС сопровождается выполнением ряда стандартных процедур, призванных обеспечить своевременное предотвращение нарушений интервалов между ВС. После обслуживания диспетчером этого потока формируется выходной поток (ВП) с интенсивностью $\lambda_{ВП1}$. Ясно, что при штатной ситуации интенсивности входного и выходного потоков должны быть одинаковыми, т.е. $\lambda = \lambda_{ВП1}$. Требуемую квалификацию диспетчера, обеспечивающего такой режим, будем обозначать K_1 .

2. Объективно возможны ситуации, когда по различным причинам интервалы между ВС на глубине нижнего порога предупреждения о конфликте по МТCD - менее 8 мин могут быть нарушены, что требует вмешательства диспетчера УВД. Тогда поток λ с вероятностью P_{RNP} перерастает в поток ситуаций, требующих управления (СТУ) со стороны диспетчера УВД $\lambda_{СТУ} = P_{MTCD} \lambda$, где P_{MTCD} - вероятность нарушения норм эшелонирования по МТCD.

Этот поток обслуживается СМО₂, которая формирует выходной поток $\lambda_{ВП2}$. Требуемую квалификацию диспетчера для такого потока обозначим через K_2 . При квалификации диспетчера K_i , равной K_2 , поток $\lambda_{ВП2}$ также как и $\lambda_{ВП1}$ может существовать длительное время. При этом очевидно, что $K_2 > K_1$. Безопасность полётов в этом случае поддерживается системой планирования ВД с функцией вектора экстраполяции в наземных автоматизированных системах (АС) УВД.

Поток $\lambda_{СТУ}$ является основным потоком, с которым работает диспетчер.

3. Если квалификация диспетчера не соответствует K_2 , то поток $\lambda_{СТУ}$ с вероятностью $P_{отк}$ перерастает в поток потенциально конфликтных ситуаций (ПКС) $\lambda_{ПКС} = P_{отк} \lambda_{СТУ} = \lambda P_{MTCD} P_{отк}$, где $P_{отк}$ - вероятность отказа, т.е. снижения безопасности полётов.

Этот поток поступает в СМО₃, которая формирует выходной поток $\lambda_{ВП3}$. Требуемую квалификацию диспетчера для таких потоков обозначим через K_3 . При $K_i = K_3$ поток $\lambda_{ВП3}$ будет стабилизирован, но при этом уровень безопасности полётов по сравнению с предыдущими моделями будет ниже. Снижение уровня безопасности полётов недопустимо – это не соответствует главной функции системы УВД, т.е. равносильно её отказу, поэтому вероятность возникновения конфликта названа вероятностью отказа $P_{отк}$.

При этом поток $\lambda_{ВП3}$ не может существовать длительное время по причине того, что в таких обстоятельствах диспетчер работает с повышенной интенсивностью (предельной нагрузкой). Чтобы повысить уровень безопасности полётов, необходимо перевести поток $\lambda_{ПКС}$ в поток $\lambda_{СТУ}$, для чего K_i должно быть больше K_3 .

Безопасность полётов в этом случае обеспечивается бортовыми и наземными системами раннего предупреждения опасных сближений и нарушения норм эшелонирования.

4. При $K_i \leq K_3$ поток $\lambda_{ПКС}$ с вероятностью $P_{ст}$ приведёт к опасному сближению (ОС). Интенсивность ОС $\lambda_{ОС} = P_{ст} \lambda_{ПКС} = \lambda P_{MTCD} P_{отк} P_{ст}$, где $P_{ст}$ - вероятность того, что конфликт перерастет в столкновение. Риск столкновения в этом случае снижается бортовыми системами предотвращения столкновений типа TCAS. Вышесказанное можно представить в виде следующей об-

щей схемы функционирования ДП (рис. 1).

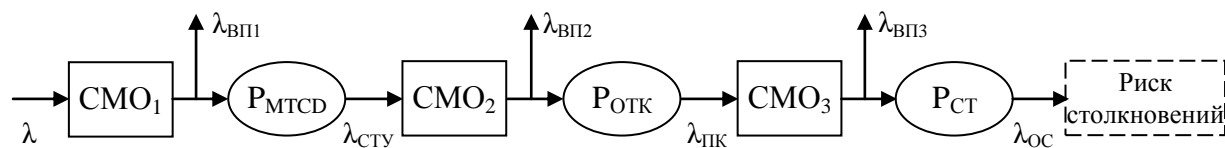


Рис. 1. Общая схема функционирования ДП

На рис. 1 приняты следующие обозначения: λ - интенсивность поступления ВС на обслуживание (входной поток заявок); $\lambda_{ВПi}$ - интенсивность i -го выходного потока; $\lambda_{СТУ}$ - интенсивность ситуаций, требующих управления (потенциальных конфликтов на глубине прогноза менее 8 мин); $\lambda_{ПК}$ - интенсивность потенциально конфликтных ситуаций (конфликтов) (STCA-Short Term Conflict Alert краткосрочное предупреждение о конфликте); $\lambda_{ОС}$ - интенсивность опасных сближений; $P_{МТCD}$ - вероятность нарушения норм эшелонирования по МТCD; $P_{отк}$ - вероятность отказа; $P_{ст}$ - вероятность того, что конфликт перерастет в столкновение.

Как видно, при УВД ситуации отказа могут быть вызваны объективными причинами, связанными со способностью диспетчера одновременно управлять несколькими ВС. В [4] предложена методика исследования обслуживающего органа системы УВД в процессах аэронавигации, основанная на определении предельных состояний диспетчера, когда ситуация отказа возможна. Снижение возникновения ситуации отказа возможно путём интеграции бортовых и наземных автоматических процедур аэронавигации [5], когда информация о воздушном движении и стандартные (типовые) управляющие команды функционируют в технической системе «АС УВД-ВС» без участия человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алёшин В.И., Крыжановский Г.А., Плясовских А.П. Концепция потока принимаемых решений при управлении воздушным движением // Проблемы эксплуатации и совершенствования авиационной техники и систем воздушного транспорта: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. Г.А. Крыжановского. - СПб.: Академия ГА, 2000. - Т. V.
2. Крыжановский Г.А., Цепляев Ю.Ф. К оценке уровня квалификации операторов сложных автоматизированных систем управления // Автоматика и телемеханика. - 1986. - № 1.
3. Doc 9613. Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN). – Монреаль: ИКАО, 2009.
4. Шестаков И.Н. Технология повышения результативности функционирования системы организации воздушного движения // Приборы и системы. - 2009. - №3. - С.1-5.
5. Шестаков И.Н. Модель интегрированной системы автоматизации процедур аэронавигации // Приборы и системы. - 2012. - №1. - С.7-11.

AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEM AS A QUEUING SYSTEM WITH FAILURES

Sukhikh N.N., Shestakov I.N.

Models of the air traffic control system within the theory of queuing are described. The diagram of the air traffic control unit functioning is presented.

Keywords: potentially conflicting situation, the situation demanding management.

Сведения об авторах

Сухих Николай Николаевич, 1951 г.р., окончил ЛИТМО (1974), профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой систем автоматизированного управления СПбГУГА, проректор по учебной работе СПбГУГА, автор более 100 научных работ, область научных интересов - бортовые автоматизированные системы управления полетом.

Шестаков Иван Николаевич, 1963 г.р., окончил ОЛАГА (1991), доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры электросветотехнического обеспечения полётов СПбГУГА, автор более 150 научных работ, область научных интересов - оценка квалификации авиационного персонала на основе рейтингов, использование спутниковых технологий в интересах ОВД, интегрирование бортовых и наземных аэронавигационных процедур.