

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФГОУ ВПО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Методические указания по изучению курса и контрольные задания
для студентов IV и V курсов Заочного факультета
специализации «Организация воздушного движения»

Санкт-Петербург

2011

Ш87(03)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ. Методические указания и контрольные задания/ СПб ГУГА. С.-Петербург, 2011.

ФГОУ ВПО «Санкт – Петербургский государственный университет гражданской авиации». С.-Петербург, 2011.

Издаются в соответствии с программой дисциплины «Технологические процессы управления воздушным движением». (Объем 431 ч), изучаемой дисциплины в VIII и IX семестрах.

Обозначены вопросы управления совокупностью ВС, описаны алгоритмы деятельности диспетчера при УВД, рассмотрены различные варианты расхождения ВС при пересечении занятого эшелона, дана оценка эффективности УВД в зоне взлета и посадки.

Ил. 4. Табл. 4. Библ. 7 назв.

Составитель – В.Г. Кизько, доц. канд. техн. наук.

Рецензент – О.А. Евтушенко, доц. канд. техн. наук.

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технологические процессы управления воздушным движением» относится к специальной дисциплине подготовки специалистов УВД. Хотя практика УВД подтверждает о необходимости профессиональных знаний по данному предмету.

Основная цель – дать инженерные знания, позволяющие «Типовые Технологии работы диспетчеров органов обслуживания воздушного движения (управления полетами) при аэронавигационном обслуживании пользователей воздушного пространства Российской Федерации» переработать применительно к местным условиям диспетчерской зоны.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать и уметь:

- факторы, влияющие на результаты деятельности диспетчера;
- выполнять инженерные расчеты с применением математического пакета MathCAD;
- получить первичные навыки моделирования деятельности диспетчера при УВД;
- анализировать и оценивать воздушную обстановку и находить способы перевода конфликтную в бесконфликтную ситуацию.

В процессе изучения дисциплины необходимо ознакомиться с учебным планом, настоящими методическими указаниями, рекомендованной литературой, составить индивидуальный план изучения дисциплины, выполнения лабораторных работ и курсовой работы. Необходимо изучать дисциплину последовательно и систематически задавать вопросы: «Зачем? Почему это я должен это делать? Где это я могу применить? Кому это нужно?»

По каждой теме рекомендуется составлять конспект, которым можно пользоваться на экзамене.

К сдаче экзамена допускаются студенты, защитившие контрольную работу и курсовой проект.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Кизько В.Г. Управление движением воздушных судов. Книга 1./ Академия ГА. – СПб., 2003. – 124 с.
2. Кизько В.Г. Управление движением воздушных судов. Книга 2./ Академия ГА. – СПб., 2003. – 116 с.
3. Кизько В.Г. Управление движением воздушных судов. Книга 3./ Академия ГА. – СПб., 2003. – 109 с.
4. Кизько В.Г. Управление движением воздушных судов. Книга 4./ Академия ГА. – СПб., 2003. – 112 с.
5. Кизько В.Г. Решения задач УВД с применением MathCAD /СПб ГУГА. С.-Петербург. 2009. – 290 с.

Дополнительная

6. Методические указания по выполнению курсового проекта на тему: «Регулирование воздушных судов и оценка эффективности УВД на круге полетов ». / Университет ГА. С.-Петербург, 2008. – 51 с.
7. Типовые Технологии работы диспетчеров органов обслуживания воздушного движения (управления полетами) при аэронавигационном обслуживании пользователей воздушного пространства Российской Федерации. М.: 2007 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологические процессы управления воздушным движением»

(Заочная форма обучения)

1. Цели и задачи дисциплины

Получение студентами необходимых и достаточных знаний по управлению воздушным движением, формирования у них профессиональных знаний и умений. Содержание дисциплины раскрывает закономерность управления совокупностью воздушных судов, знание которых позволит на инженерном уровне обосновать процедуры управления воздушным движением (УВД).

На основании инженерных расчетов и структурной типовой схемы разрабатывать «Технологии работы диспетчеров органов обслуживания воздушного движения при аэронавигационном обслуживании пользователей воздушного пространства Российской Федерации» применительно к местным условиям воздушного движения в районе аэродрома и на воздушных трассах.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

На основании полученных знаний по дисциплинам «Высшая математика», «Теории вероятностей и математической статистики», «Основы теории управления воздушным движением», «Организации управления воздушным движением» и данной дисциплины специалист (выпускник Университета ГА)

должен знать:

- критерии оценки деятельности диспетчера при УВД;
- технологию работы диспетчера применительно конкретному диспетчерскому пункту УВД;

Иметь навыки:

- расчета интенсивности и пропускной способности воздушного движения отдельных элементов секторов УВД;
- анализа и оценки деятельности диспетчера в процессе УВД;
- решения задач УВД с применением ЭВМ.

Уметь:

- рассчитывать характеристики технологических процессов УВД;
- рассчитывать пропускную способность ВПП и схемы снижения и захода на посадку.

Иметь представление:

- о воздушной обстановке в зоне УВД;
- о моделирование технологических процессов УВД.

3. Содержание дисциплины

3.1. Тематический план

№ п/п	Разделы дисциплины	Лекции	ПЗ (или С)	ЛР
	Раздел 1. Управление воздушным движением в ЗВП		-	-
1	<u>Тема 1.</u> Управление совокупностью воздушных судов	2	2	-
2	<u>Тема 2.</u> Управление прилетающими ВС	2	4	
3	<u>Тема 3.</u> Оценка эффективности УВД	2	2	-
	Раздел 11. Управление воздушным движением на воздушных трассах			
4	<u>Тема 4.</u> Применение продольно-вертикального эшелонирования	2	2	-
5	<u>Тема 5.</u> Применение бокового эшелонирования	2	4	-
6	<u>Тема 6.</u> УВД на пересекающихся трассах	2	-	-
	<u>Итого</u>	12	14	

3.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1.

Управление воздушным движением в районе аэродрома

Тема 1. Управление совокупностью воздушных судов

Описание воздушной обстановки и воздушной ситуации. Условия обеспечения безопасности полетов при УВД.

Тема 2. Управление прилетающими ВС

Обслуживание воздушных судов на ВПП, и на схеме снижения и захода на посадку. Коэффициент регулирования УВД. Формирование интервалов посадки в точке третьего разворота. Технология работы диспетчеров старта, круга и подхода.

Тема 3. Оценка эффективности УВД в зоне взлета и посадки

Дискретная и вероятностная модель ВПП и зоны взлета и посадки. Оценка эффективности обслуживания воздушных судов в зоне взлета и посадки.

Раздел 2. Управление воздушным движением на воздушных трассах

Тема 4. Применение продольно-вертикального эшелонирования

Воздушная обстановка. Способы обеспечения безопасности полетов при УВД. Дистанция маневра и ее оценка при пересечении занятого эшелона. Технология работы диспетчера районного центра УВД.

Тема 5. Применение бокового эшелонирования

Воздушная обстановка. Обеспечение бокового эшелонирования. Дистанция маневра и ее оценка при пересечении занятого эшелона.

Тема 6. УВД на пересекающихся трассах

Управление воздушными судами на пересекающихся курсах.

Курсовой проект

Тема: «Регулирование воздушных судов и оценка эффективности УВД на круге полетов».

Цель: развитие и закрепления навыков по формированию очередности и интервалов посадки воздушных судов на схеме снижения и захода на посадку; оценка эффективности УВД в зоне взлета и посадки.

Раздел 3.

Темы, обеспечивающие индивидуализацию обучения студентов

1. Формирование очередности посадки воздушных судов в районе аэродрома.
2. Применение бокового эшелонирования при пересечении встречного и попутного занятого эшелона.
3. Разработка алгоритмов деятельности диспетчера при УВД совокупностью воздушных судов.

Раздел 4.

Тематика УИРС

Факторный анализ загруженности диспетчера при УВД. Планирование эксперимента при оценке воздушной обстановки в зоне УВД. Формализация процессов принятия решений при УВД. Принятие решений в условиях неопределенности и неполной информации. Моделирование и алгоритмизация деятельности диспетчера в конкретной воздушной обстановке на примере авиационного происшествия.

4. Практикум

№ п/п	№ раздела	Наименование практических занятий
1	1	Обслуживание ВС на ВПП в режиме посадка и взлет
2	1	Обслуживание ВС на предпосадочной прямой
3	1	Обслуживание ВПП в точке третьего разворота
4	1	Регулирование двух ВС в точке третьего разворота
5	1	Оценка эффективности УВД в зоне взлета и посадки
6	1	Оценка интервала взлета более скоростного за менее скоростным ВС
7	2	Оценка дистанции маневра ВС при пересечении встречного занятого эшелона
8	2	Оценка дистанции продольно-бокового маневра ВС при пересечении встречного занятого эшелона
9	2	Оценка дистанции продольно-бокового маневра ВС при пересечении попутного занятого эшелона
10	2	УВД на пересекающихся курсах

6. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Тема 1. Управление совокупностью воздушных судов

Описание воздушной обстановки и воздушной ситуации. Условия обеспечения безопасности полетов при УВД.

Литература [1], с. 6 – 21.

Управление воздушным движением заключается в регулировании, контроле и поддержании установленного порядка движения воздушных судов (ВС) с целью упреждения столкновений ВС между собой в воздухе и на аэродроме. Система УВД осуществляет свои задачи и функции через диспетчерские пункты. *Технологические процессы УВД* – дисциплина, изучающая состояние воздушной обстановки, её оценки и способы перехода конфликтного к бесконфликтному состоянию воздушной ситуации. Процесс управления воздушным движением – это сложная алгоритмическая, стохастическая и непрерывная во времени деятельность диспетчера по управлению совокупностью воздушными судами и взаимодействию с диспетчерами смежных диспетчерских пунктов. Процесс УВД характеризуется весьма сложным набором состояний воздушной обстановки, правилами и процедурами УВД, радиотехническими средствами навигации и УВД, метеорологической обстановкой и т.д. Все эти условия, свойства и факторы в совокупности определяют при управлении воздушным движением различного рода события, которые носят случайный характер. В любой момент времени два ВС могут находиться по отношению друг к другу: выше – ниже – на одной высоте; впереди – позади – на одном удалении; более или менее скоростной – одного класса скоростей; левее – правее – на одном азимуте. Совокупность возможных положений ВС в пространстве (горизонтальных и вертикальных плоскостях) и во времени назовем множеством воздушных ситуаций. С другой стороны, воздушная обстановка – это мгновенный срез во времени распределе-

ния ВС по горизонтали и вертикали. В этом случае воздушные суда можно представить как шарики, подвешенные на ниточках без перемещения их в пространстве. Главная задача УВД – упреждение столкновений воздушных судов в воздухе.

Вопросы для самопроверки.

1. Сколько воздушных ситуаций могут создавать два ВС и сколько из них могут привести к столкновению ВС?
2. Определите необходимую и достаточную информацию при УВД.
3. Каково содержание постоянной концептуальной модели диспетчера при УВД?
4. Каково содержание оперативной концептуальной модели диспетчера при УВД?
5. В чем отличие УВД от воздушной навигации?

Тема 2. Управление прилетающими ВС

Обслуживание воздушных судов на ВПП, и на схеме снижения и захода на посадку. Коэффициент регулирования УВД. Формирование интервалов посадки в точке третьего разворота. Технология работы диспетчеров старта, круга и подхода.

Литература: [2], с. 3 – 48.

ВПП может обслуживать либо вылетающее ВС, либо прилетающий самолет. Комбинации очередности обслуживания прилетающих и вылетающих ВС могут создавать различные и в том числе сложные ситуации. Причиной тому могут быть несколько факторов. Наиболее важными следует признать, во-первых, случайное время обслуживания; во-вторых, временные интервалы посадки между ВС формирует диспетчер круга, последствия которых «ощущает» диспетчер старта и посадки. Компенсировать эти недостатки позволяет знание законов распределения времени обслуживания ВС на схеме

снижения и захода на посадку. Это позволяет с заданной вероятностью не нарушения правил УВД формировать «интервалы посадки» в точке третьего разворота.

Вопросы для самопроверки

1. Определите множество состояний ВПП при нахождении ВС на предварительном старте?
2. Какие факторы влияют на длительность занятия ВПП при посадке ВС?
3. Какой диспетчер формирует интервалы взлета ВС?
4. От каких факторов зависит интервал взлета между ВС?

Тема 3. Оценка эффективности УВД в зоне взлета и посадки

Дискретная и вероятностная модель ВПП и зоны взлета и посадки. Оценка эффективности обслуживания воздушных судов в зоне взлета и посадки.

Литература: [2], с. 76 – 100.

Задачи массового обслуживания условно делят на задачи анализа и синтеза. Задачи анализа позволяют найти оценку эффективности функционирования систем массового обслуживания при неизменных исходных характеристиках системы: ее структуре, дисциплине обслуживания, потоках требований и законах распределения времени их обслуживания. Задачи синтеза направлены на поиск оптимальных параметров систем массовых обслуживаний. Если известны закон поступлений воздушных судов в зону взлета и посадки и время обслуживания ВС на схеме снижения и захода на посадку, то можно оценить эффективность УВД в смысле принятых критериев. Если изучены или заданы входящие потоки требований, механизм и дисциплина обслуживания, то это дает основания для построения математической модели системы.

По классификации Кэндалла система массового обслуживания характеризуется следующим образом: $M/E_1/1$, где M – пуассоновский закон поступления ВС, E_1 – показательный закон обслуживания ВС, 1 – одна ВПП обслуживает ВС. Кроме того, E_n – распределение Эрланга n -го порядка, N – нормальное распределение, G – произвольное распределение, D – детерминированное распределение. Числовые характеристики от вида системы массового обслуживания даны табл. 1.

Таблица 1

Характеристики СМО

Характеристики	Система массового обслуживания		
	$M/E_1/1$	$M/N/1$	$M/D/1$
Среднее время задержки ВС в точке 3-го разворота - ω_q	$\frac{\psi}{\mu(1-\psi)}$	$\frac{1,1\psi}{2\mu(1-\psi)}$	$\frac{\psi}{2\mu(1-\psi)}$
Среднее время нахождения ВС на схеме (от 3R) - ω	$\frac{1}{\mu(1-\psi)} + \frac{1}{\mu}$	$\frac{1,1}{2\mu(1-\psi)} + \frac{1}{\mu}$	$\frac{1}{2\mu(1-\psi)} + \frac{1}{\mu}$
Среднее число задержанных ВС в точке 3-го разворота и на ВПП – n_q	$\frac{\psi^2}{1-\psi}$	$\frac{1,1\psi^2}{2(1-\psi)}$	$\frac{\psi^2}{2(1-\psi)}$
Среднее число ВС на схеме (от 3-го R) и на ВПП- n	$\frac{\psi^2}{1-\psi} + \psi$	$\frac{1,1\psi^2}{2(1-\psi)} + \psi$	$\frac{\psi^2}{2(1-\psi)} + \psi$

Вопросы для самопроверки.

1. Какие проблемы решают задачи анализа СМО?
2. Какие проблемы решают задачи синтеза СМО?
3. К каким задачам УВД можно применить модель «гибели и размножения»?
4. Можно ли рассматривать деятельность диспетчера при УВД как СМО?

Тема 4. Применение продольно-вертикального эшелонирования

Воздушная обстановка. Способы обеспечения безопасности полетов при УВД. Дистанция маневра и ее оценка при пересечении занятого эшелона. Технология работы диспетчера районного центра УВД.

Литература: [3], с. 3 – 18.

Два воздушных судна при полете на встречных либо попутных курсах с изменением высоты, по крайней мере, одним самолетом создают различные ситуации: оба набирают высоту или снижаются; либо один снижается – другой набирает высоту; либо один снижается или набирает высоту – другой выполняет горизонтальный полет. Полная совокупность воздушных ситуаций, создаваемых двумя ВС, равна величине $M = 2 \cdot 3^2 = 18$. Подмножество ситуаций, создаваемых двумя ВС при изменении высоты полета, по крайней мере, хотя бы одним самолетом, равно величине $M^* = 18 - 2 = 16$. Исключаются две ситуации, когда оба ВС выполняют горизонтальный полет на встречном или попутных курсах.

Безопасность полетов обеспечивается выдерживанием норм эшелонирования между самолетами в момент их расхождения. Такими моментами являются нахождение воздушных судов на одной высоте полета (в горизонтальной плоскости) и в момент их нахождения на одном расстоянии (в вертикальной плоскости). В эти моменты времени безопасность полета обеспечивается использованием либо нормами продольного эшелонирования d , либо вертикального $-h$, либо бокового $-z$. Следовательно, у диспетчера существует три варианта разводки самолетов при пересечении занятого эшелона (табл. 2) $K = C_3^2 = 3$.

Таблица 2

Варианты маневров ВС при пересечении занятого эшелона

Варианты	$H_1 = H_2$	$S_1 = S_2$	$S_{\text{маневра}}$
1	d	h	S_{dh}
2	d	z	S_{dz}
3	z	z	S_{zz}

По причинам различного рода возникают погрешности выдерживания параметров полета. Как правило, одновременно действует несколько факторов. Сила воздействия каждого фактора, начало его воздействия и его продолжительность неизвестны. Это дает основание предположить, что распределение погрешностей выдерживания параметров полета можно описать нормальным законом. Тогда минимальное расстояние S_{dh} между ВС с учетом заданной вероятности не нарушения норм эшелонирования при пересечении занятого эшелона находится по формуле:

$$S_{ij} \geq \max_s \left(\frac{\sum \bar{v}}{\sum y} \Delta H + d + q\sigma_d; \frac{\sum \bar{v}}{\sum y} (\Delta H + h) + q\sigma_h \right)$$

Вопросы для самопроверки

1. Сколько воздушных ситуаций могут создать два ВС при изменении эшелона?
2. Сколько существует вариантов маневров ВС при их расхождении?
3. Как влияют погрешности выдерживания вертикальной скорости полета на величину дистанции маневра ВС?
4. Как влияют погрешности выдерживания горизонтальной скорости полета на величину дистанции маневра ВС?
5. Достоинства и недостатки маневра S_{dh} ?

Тема 5. Применение бокового эшелонирования

Воздушная обстановка. Обеспечение бокового эшелонирования. Дистанция маневра и ее оценка при пересечении занятого эшелона.

Литература: [3], с. 19 – 51.

Когда диспетчер применяет продольно-боковое эшелонирование при разведении воздушных судов на встречных курсах, тогда:

- продольное эшелонирование применяется в момент пересечения ВС одной и той же высоты полета;
- боковое эшелонирование используется в момент расхождения воздушных судов.

Расчетные формулы:

1. Боковой маневр, оба ВС снижаются на встречном курсе.

$$Sd_{i,j} := \frac{v1 + v2_j}{y1 - y2_j} \cdot \Delta H + d$$

$$Sz_i := \sqrt{4 \cdot R1 \cdot z - z^2} + \frac{2 \cdot R1 \cdot v2_j}{v1} \cdot \text{asin} \left(\frac{\sqrt{4 \cdot R1 \cdot z - z^2}}{2 \cdot R1} \right)$$

$$Sdz_{i,j} := \max(Sd_{i,j}, Sz_i)$$

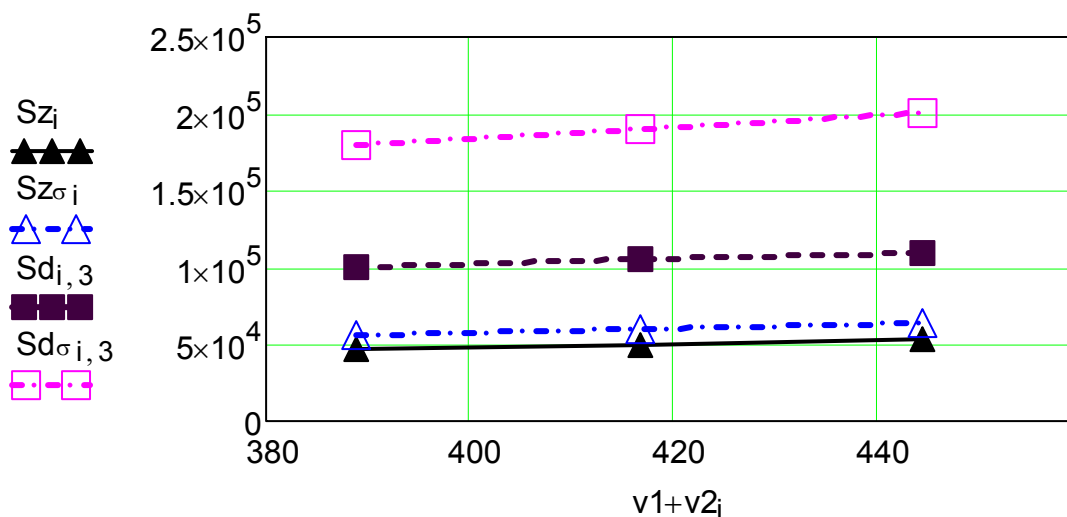


Рис. 1. Зависимость дистанции маневра от скорости полета и их погрешностей. (Линии, обозначенные светлыми квадратами – Sd с учетом погрешностей, светлыми треугольниками – Sz с учетом погрешностей)

2. Боковой маневр, оба снижаются на попутном курсе.

$$S1_{d_{i,j}} := \frac{v2 - v1_i}{y2 - y1_j} \cdot \Delta H + d$$

$$S1_{z_i} := \sqrt{4 \cdot R2 \cdot z - z^2} + \frac{2 \cdot R2 \cdot v1_i}{v2} \cdot \text{asin} \left(\frac{\sqrt{4 \cdot R2 \cdot z - z^2}}{2 \cdot R2} \right)$$

$$S1_{dz_{i,j}} := \max(S1_{d_{i,j}}, S1_{z_i})$$

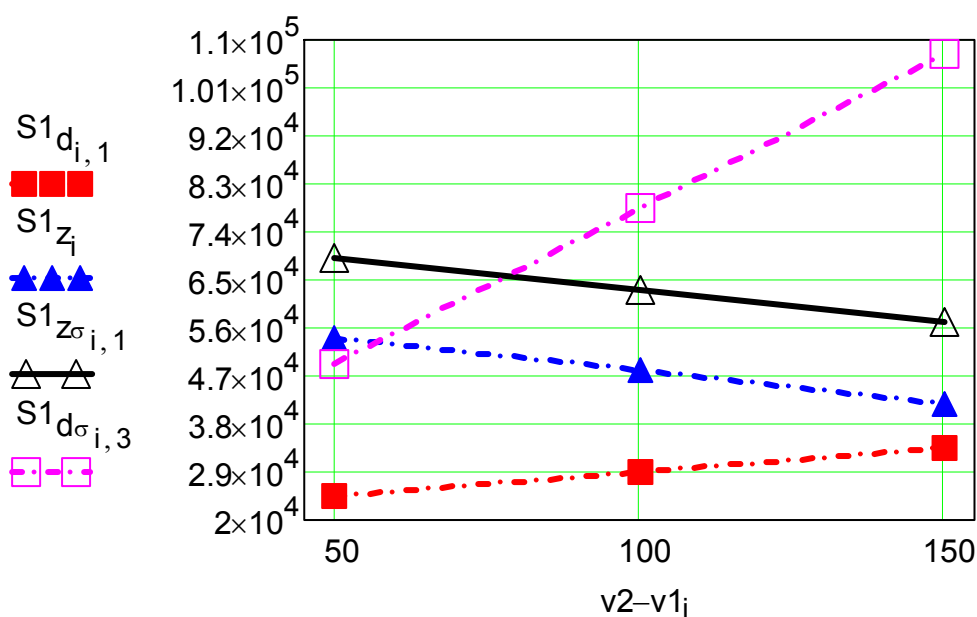


Рис.2. Зависимость продольно-бокового эшелонирования от скорости полета и их погрешностей. (Линии, обозначенные светлыми квадратами — \$Sd\$ с учетом погрешностей, светлыми треугольниками — \$Sz\$ с учетом погрешностей)

3. Оба ВС снижаются и выполняют боковой маневр на встречных курсах

$$Sz_i := (v1 + v2_i) \cdot \max(t1, t2_i)$$

$$Sdz := (v1 + v2) \cdot \min(\max(t1, t2), t_{per})$$

где \$t1, t2\$ — время выполнения бокового маневра, \$t_{per}\$ — время пересечения встречного занятого эшелона

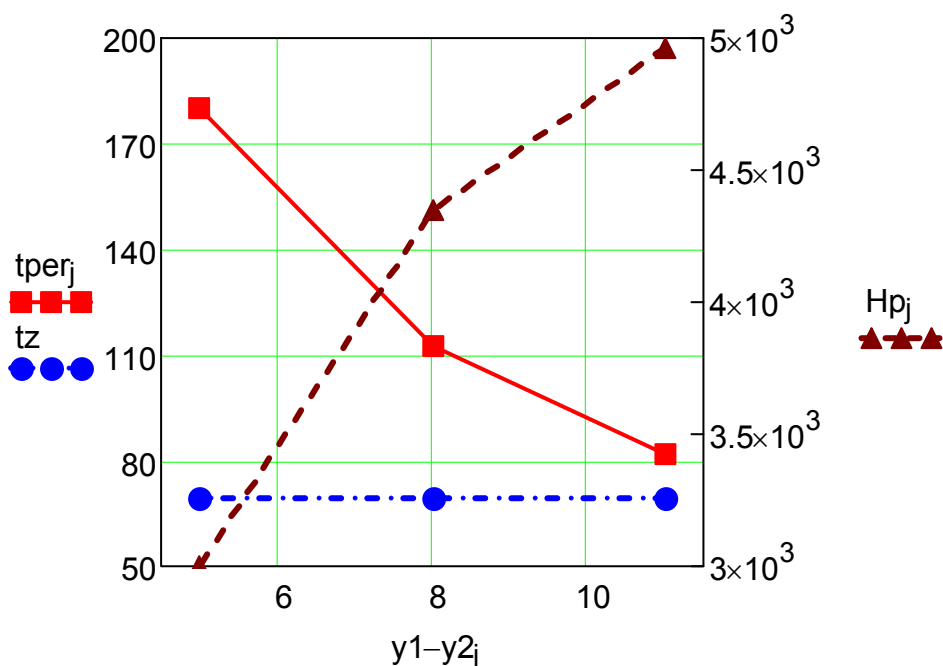


Рис. 3. Зависимость времени пересечения эшелона от разности высот и вертикальных скоростей полета (t_z – время выполнения бокового маневра)

Вопросы для самопроверки

1. Достоинства и недостатки бокового маневра при расхождении ВС?
2. Как влияет разность высот полета ВС на дистанцию бокового маневра?
3. Как влияет вертикальная скорость ВС на дистанцию бокового маневра?
4. Как влияет погрешность вертикальной скорости ВС на дистанцию бокового маневра?
5. Как влияет горизонтальная скорость ВС на дистанцию бокового маневра?

Тема 6. УВД на пересекающихся трассах

Управление воздушными судами на пересекающихся курсах.

Литература: [3], с. 52 – 61.

Воздушные трассы пересекаются под постоянным углом. Множество пересекающихся воздушных трасс можно разбить на два не пересекающихся подмножества:

1. Попутно-пересекающиеся трассы при расхождении воздушных судов под углами $30^{\circ} \leq \alpha < 90^{\circ}$.
2. Встречно-пересекающиеся трассы при расхождении воздушных судов под углами $90^{\circ} \leq \alpha \leq 150^{\circ}$.

На попутно-пересекающихся трассах воздушные суда всегда расходятся на попутно-пересекающихся курсах. На встречно-пересекающихся трассах воздушные суда расходятся только на встречно-пересекающихся курсах.

В момент пересечения трассы между воздушными судами должно быть расстояние не менее нормы продольного эшелонирования d , т.е.

$$S1z_{i,j} := \frac{z \cdot \sqrt{v_1^2 - 2 \cdot v_1 \cdot v_i \cdot \cos(a_j) + (v_i)^2}}{v_1 \cdot \sin(a_j)}$$

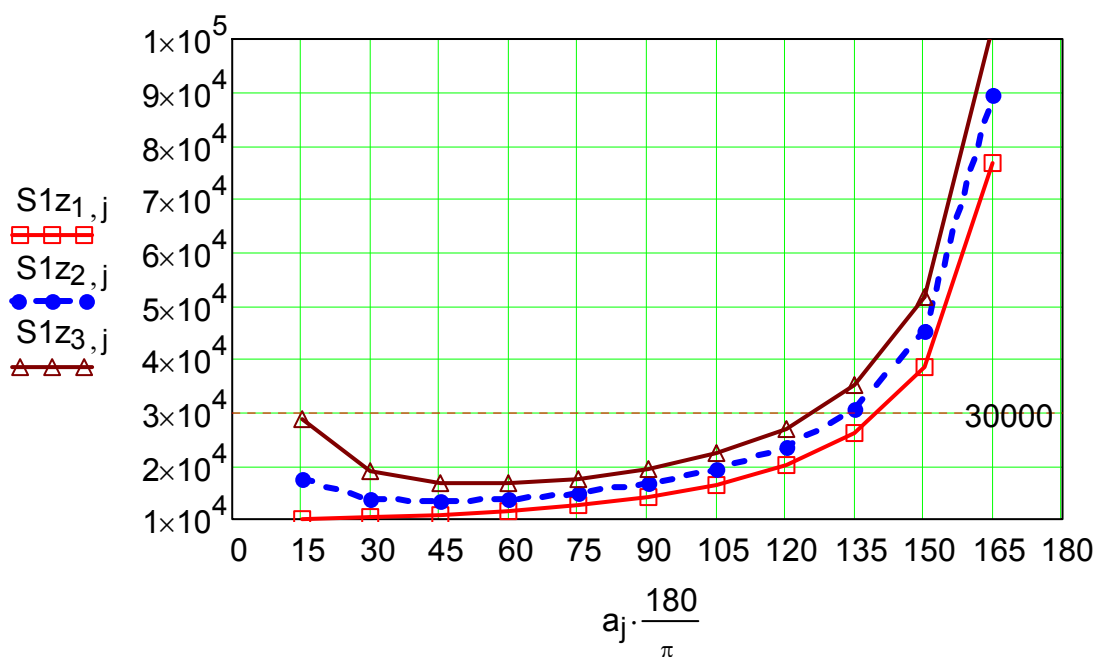


Рис. 4. Дистанция расхождения ВС (впереди менее скоростное ВС)

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите варианты возможных расхождений ВС на пересекающихся трассах?
2. Влияет класс скоростей полета ВС на дистанцию при расхождении односторонних ВС?
3. На попутно пересекающихся трассах могут расходиться ВС на встречных курсах?
4. На встречно пересекающихся трассах могут расходиться ВС на попутных курсах?
5. Как влияют углы пересекающихся трасс на дистанцию расхождения ВС?

7. Тематика дипломных работ

1. Анализ деятельности диспетчера (конкретного пункта) на примере а/п ...
2. Оценка деятельности диспетчера (СДП, КРУГА, ПОХОДА, РЦ) на примере конкретного аэропорта.
3. Количественная и качественная оценка деятельности диспетчера при УВД на примере конкретного авиационного происшествия.
4. Оценка деятельности руководителя полетов (ЗНА, ст. диспетчера) а/п
5. Формирование интервала посадки между воздушными судами в зоне взлета и посадки на примере а/п
6. Формирование интервала взлета более скоростного за менее скоростным ВС (на примере а/п)
7. Определение ширины (на примере участка ...) воздушной трассы.
8. Анализ пропускной способности ВПП а/п

9. Управление воздушным движением на пересекающихся трассах на примере ... района УВД.
10. Применение бокового эшелонирования при пересечении ВС (встречного или попутного) занятого эшелона на участке ... воздушной трассы.
11. Формирование очередности посадки на примере ... района аэродрома.
12. Анализ загруженности диспетчера (конкретного пункта) а/п
13. Анализ риска при УВД на примере конкретной диспетчерской зоны.
14. Анализ транспортных процессов на примере конкретного аэропорта.
15. Система оценки деятельности диспетчера второго (первого) класса.
16. Формирование очередности посадки воздушных судов в районе аэродрома
17. Формирование бесконфликтных траекторий набора и снижения воздушных судов в районе аэродрома

8. Контрольные задания

Студент должен решить задачу того варианта, номер которого соответствует последней цифре учебного шифра зачетки студента. При выполнении контрольной работы необходимо переписать условие задачи, а затем последовательно без пропусков и сокращений описать решение.

ЗАДАЧА 1.

Рассчитать с заданной вероятностью P не нарушения правил УВД время обслуживания и пропускную способность ВПП в режимах "посадка" и "взлет". В аэропорту эксплуатируется два типа ВС: p_1 - ВС 1 класса скоростей и p_2 - ВС 2 класса. Время задано в секундах. Исходные данные: t_1 - время полета от ВПР до торца ВПП; t_2 - время занятости ВПП при посадке, t_3 - время руления с предварительного на исполнительный старт; t_4 - время нахождения ВС на исполнительном старте; t_5 - время разбега при взлете ВС. Соответственно t_{11} - t_{15} - параметры второго ВС; σ_1 - среднеквадратическая ошибка времени полета на этапе БПРМ - торец ВПП; σ_2 - среднеквадратическая ошибка времени занятости ВПП; σ_3 - ошибка времени руления; σ_4 - ошибка времени нахождения ВС на исполнительном старте; σ_5 - ошибка времени разбега; V_1 - скорость планирования ВС на предпосадочной прямой; δ_1 и δ_2 – погрешности выдерживания скорости полета первого и второго ВС. p_1 и p_2 - процентный (вероятностный) состав воздушных судов. Время обслуживания описывается нормальным распределением.

По данным своего варианта табл. 3 рассчитать:

- по заданной вероятности не нарушения правил УВД значение коэффициента q ;
- время обслуживания ВПП в режимах «посадка» и «взлет»;

– построить график зависимости пропускной способности ВПП от процентного состава эксплуатируемых ВС в аэропорту.

Литература [2, с. 4 – 16], [5, с. 4 – 23].

Таблица 3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t впр, с	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
t впп, с	42	45	48	51	54	57	60	64	66	68
t рул, с	40	45	55	60	65	75	80	85	90	95
t исп, с	20	25	30	35	40	45	55	50	55	40
t рзб, с	45	47	41	44	45	50	52	54	57	60
σ впр, с	3	4	5	5	4	3	3	4	5	4
σ впп, с	5	6	7	8	9	9	8	7	6	9
σ рул, с	10	11	2	13	14	15	12	13	14	15
σ исп, с	5	6	7	8	5	6	7	9	5	7
σ рзб, с	3	2	4	3	4	5	2	3	4	5
P	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,9	0,85	0,8	0,7
p1	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1
p2	0,8	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,9

Задача 2.

По данным своего варианта табл. 4 с учетом времени обслуживания ВС на ВПП рассчитать:

- время обслуживания ВС на предпосадочной прямой;
- пропускную способность предпосадочной прямой;
- построить график пропускной способности предпосадочной прямой от её длины.

Литература [2, с.3 – 17], [5, с. 24 – 39].

Таблица 4

Вариант	t1 пос, с	t2 пос, с	V1 пл м/с	V2 пл м/с	σ_1 , с	σ_2 , с	S пл, км	P	p1	p2
1	60	40	60	80	1	3	18	0,99	0,2	0,8
2	65	45	65	75	2	2	16	0,97	0,1	0,9
3	50	80	70	60	3	1	14	0,95	0,8	0,2
4	55	75	75	60	4	1	15	0,93	0,9	0,1
5	70	42	80	65	4	2	10	0,83	0,4	0,6
6	75	54	85	70	3	3	13	0,85	0,6	0,4
7	80	50	80	72	2	3	12	0,87	0,3	0,7
8	54	75	75	61	1	2	11	0,89	0,7	0,3
9	64	45	70	60	2	1	19	0,91	0,5	0,5
10	78	44	65	77	2	1	20	0,93	0,8	0,2

где $V1_{пл}$, $V2_{пл}$ [м/с] – скорость планирования ВС.