Diamond DA42 Twin Star

Garmin 1000
Часть 1: Основы зональной навигации RNAV

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Содержание

- Основы зональной навигации **RNAV**
- База данных **ARINC**
- Оборудование **RNAV**
- Принцип работы
- Допущения, принятые при расчетах
- Некоторые особенности базы данных
- Минимальная безопасная высота **MSA /** Безапасная высота по маршруту **ESA**
- Опорная система геодезических координат **WGS 84**
- Опорная система геодезических координат **WGS 84**
- Автономный контроль целостности в приемнике **RAIM**
- Выявление и локализация неисправностей **FDE**
- Процедуры

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Всегда помните …

- Правильное использование **RNAV** (**GPS**):
  - Может помочь уменьшить рабочую нагрузку
- Неправильное использование **RNAV** (**GPS**):
  - Может увеличить рабочую нагрузку и повлечь серьезные проблемы

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Основы зональной навигации RNAV

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Что такое “RNAV„ ?

- Зональная навигация (**RNAV**)
  - Метод навигации, который позволяет ВС выдерживать любой заданный курс

но только:

  - В зоне действия навигационных сигналов станций или в пределах автономной системы, либо и то и другое.

© Diamond Aircraft Industries GmbH

История RNAV

- **RNAV** была разработана для обеспечения большей свободы бокового маневрирования,
- Более оптимального использования воздушного пространства,
- И маршрутов, не привязанных к пролету навигационных средств

© Diamond Aircraft Industries GmbH

История RNAV

- Первоначально под **RNAV** как правило подразумевали угломерно-дальномерные системы зональной навигации на базе маяков **VOR**
- Система использовала точки маршрута базирующиеся на радиале/удалении **DME** от маяков **VOR**/**DME** (“Блуждающие **VOR**„)

© Diamond Aircraft Industries GmbH

История RNAV

- Одна из первых систем **VOR/DME RNAV**

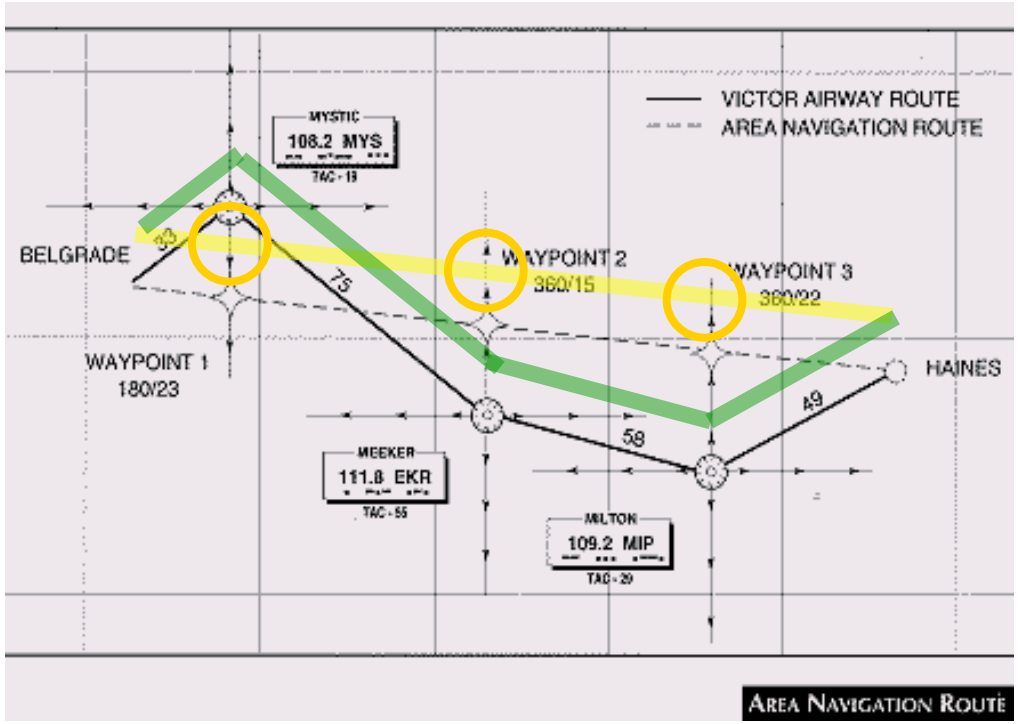
Вычислитель линии пути **KNS 80**

VOR / DME RNAV

© Diamond Aircraft Industries GmbH

История RNAV

- Маршрут угломерно-дальномерной зональной навигации



Тогда база данных еще не требовалась!

© Diamond Aircraft Industries GmbH

История RNAV

- От пилотов стали поступать жалобы:
  - “Почему мы должны вводить одни и те же данные каждый день? Не могли бы вы сохранить данные где-нибудь в самом оборудовании?„

© Diamond Aircraft Industries GmbH

История RNAV

- Некоторые авиакомпании начали исследовать использование базы данных для систем **RNAV**
- **KLM**/**SwissAir**/**SAS**/**UTA** начали совместный проект
- Swissair отвечала за разработку базы данных для этого проекта

© Diamond Aircraft Industries GmbH

База данных ARINC

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Почему “База данных„ ?

- Причина 1:
- Для сохранения постоянных данных, чтобы исключить повторный ввод одних и тех же данных

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Почему “База данных„ ?

- Причина 2:
- Система **RNAV** может определить местоположение относительно земной поверхности
  - но:
- Она должна знать положение других точек, для обеспечения “навигации„
  - поэтому:
- Необходим “Указатель навигационных контрольных точек„ (“База данных„)

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Что такое ARINC ?

- **ARINC** = Фирма Aeronautical Radio, Inc.
- Основные акционеры: авиакомпании регулярных перевозок США
- Другие акционеры: другие авиакомпании, производители ВС, иностранные перевозчики
- **ARINC** спонсирует Комитет по оснащению авиакомпаний электронным оборудованием Airline Electronic Engineering Committee (**AEE**C)
- **AEEC** разрабатывает стандарты электронного оборудования и систем для авиакомпаний

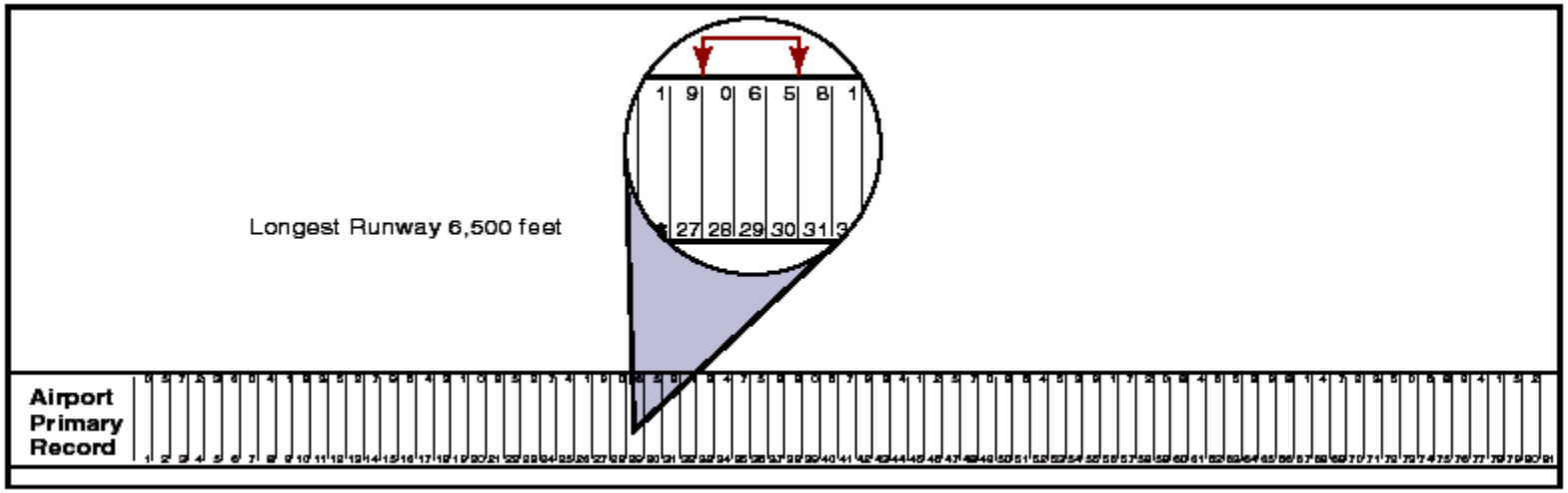
© Diamond Aircraft Industries GmbH

ARINC 424

- “**ARINC 424**„ определяет формат навигационной базы данных

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Образец поля данных
ARINC 424



© Diamond Aircraft Industries GmbH

ARINC 424

- Спецификация **ARINC 424** впервые опубликована 21 мая 1975
- Поправки в Спецификацию вводятся регулярно
- Текущее издание: 424-18
- Издания, предшествующие **ARINC 424-3**, охватывали только навигацию “от точки до точки„

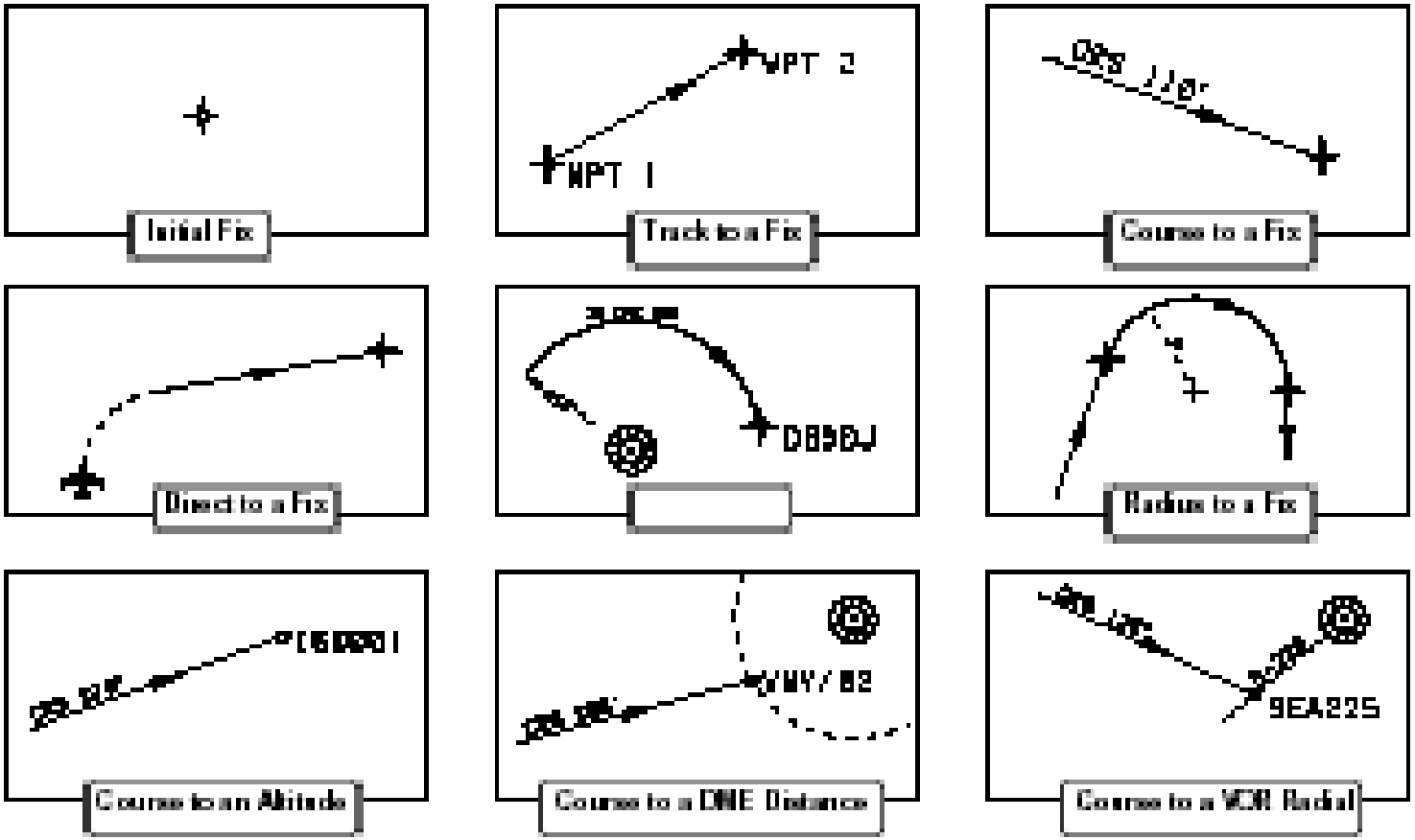
© Diamond Aircraft Industries GmbH

ARINC 424

- В **ARINC 424-3**, опубликованную 4 ноября 1982, введена концепция “траектория и конечный пункт„ или “типы участков„
- Концепция позволяет кодировать процедуры в зоне аэродрома, стандартные схемы вылета **SIDs**, стандартные маршруты прибытия **STARs** и подходы
- Концепция установила “правила„ кодирования
- В настоящее время имеется 23 различных “типа участков„

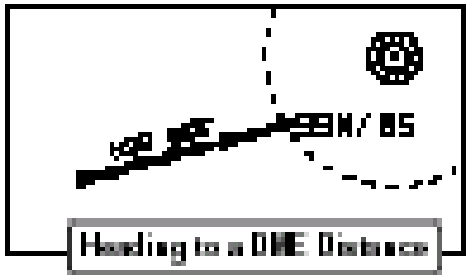
© Diamond Aircraft Industries GmbH

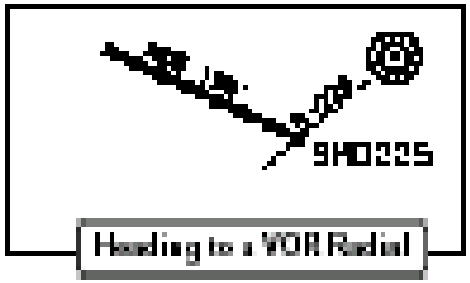
Примеры “Траектория / конечный пункт„

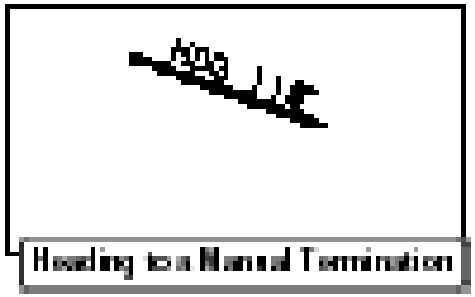


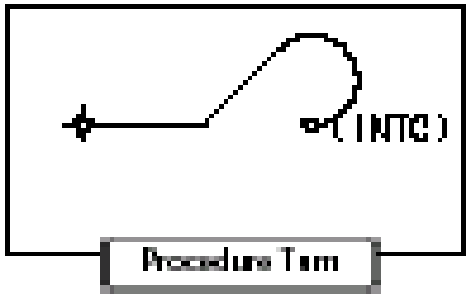
© Diamond Aircraft Industries GmbH

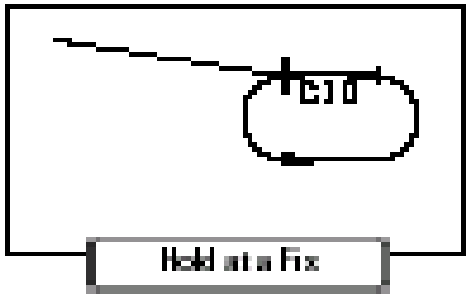
Примеры “Траектория / конечный пункт„











© Diamond Aircraft Industries GmbH

Обязанности

Database Providers

Pilots (End Users)

- Ensure Currency
- Execute Updates
- Responsible for Working Knowledge of Avionics using Database

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Цикл обновления базы данных

- **28** дней (Цикл **AIRAC**) *)
- Критическая дата:
  - обычно **21** день до “даты вступления в силу„

***) AIRAC: A**eronautical **I**nformation **R**egulation **A**nd **C**ontrol

(Регламентирование и контроль аэронавигационной информации)

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Оборудование RNAV

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Оборудование RNAV

- 2 основные группы оборудования:
  - “Смонтированная на приборной доске **GPS**„
    - (“отдельное„)
  - **FMS** (Flight Management Systems)
    - (“многосенсорное„)

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Garmin GNS 430, 530

© Diamond Aircraft Industries GmbH

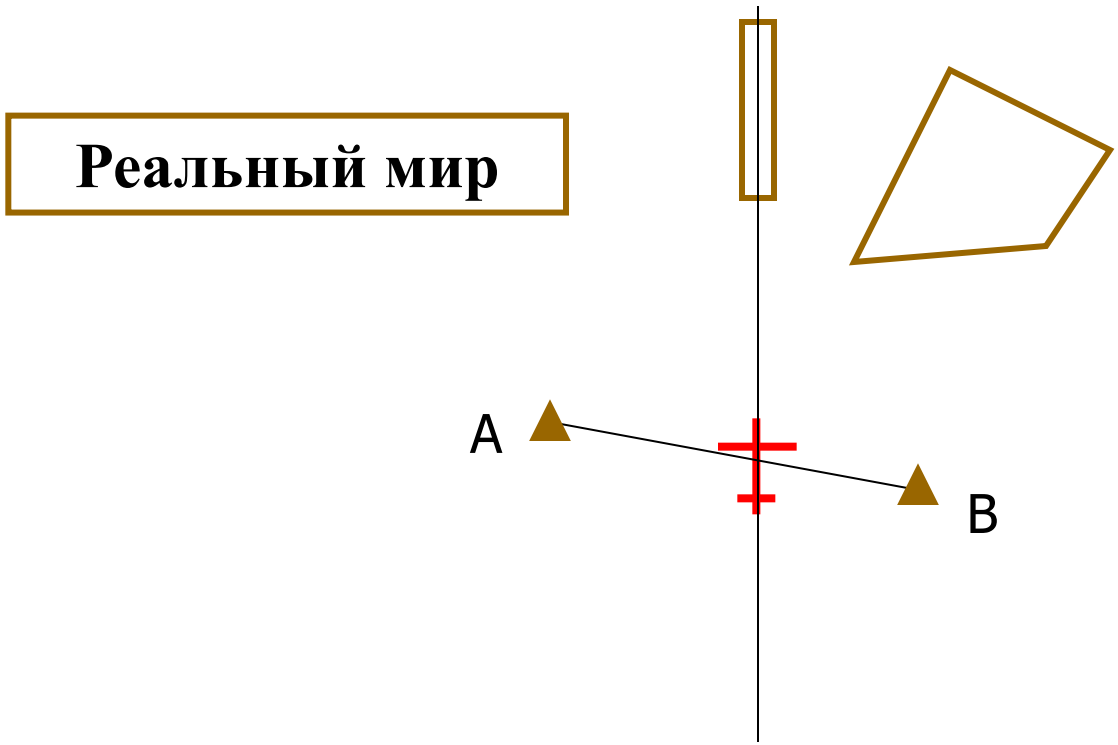
Garmin G1000

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Принцип работы RNAV

© Diamond Aircraft Industries GmbH

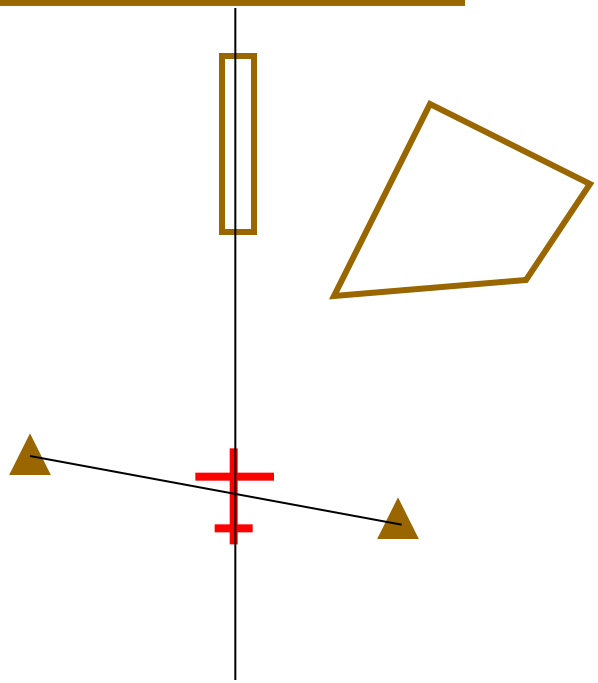
Принцип работы “базы данных„ RNAV



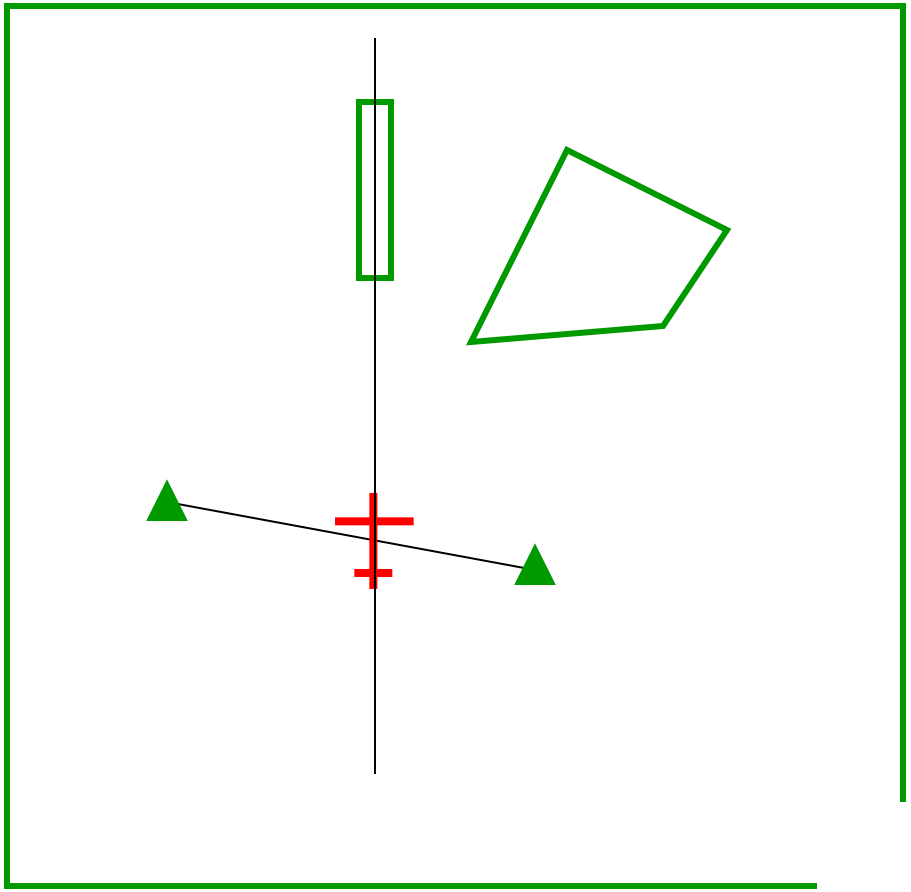
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Принцип работы “базы данных„ RNAV

Реальный мир



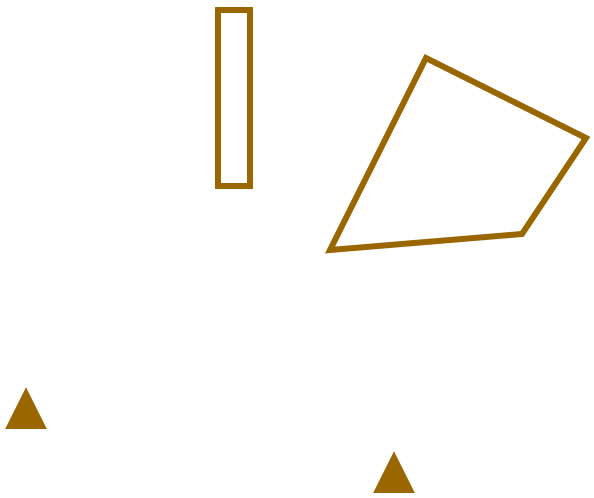
Бумажная карта



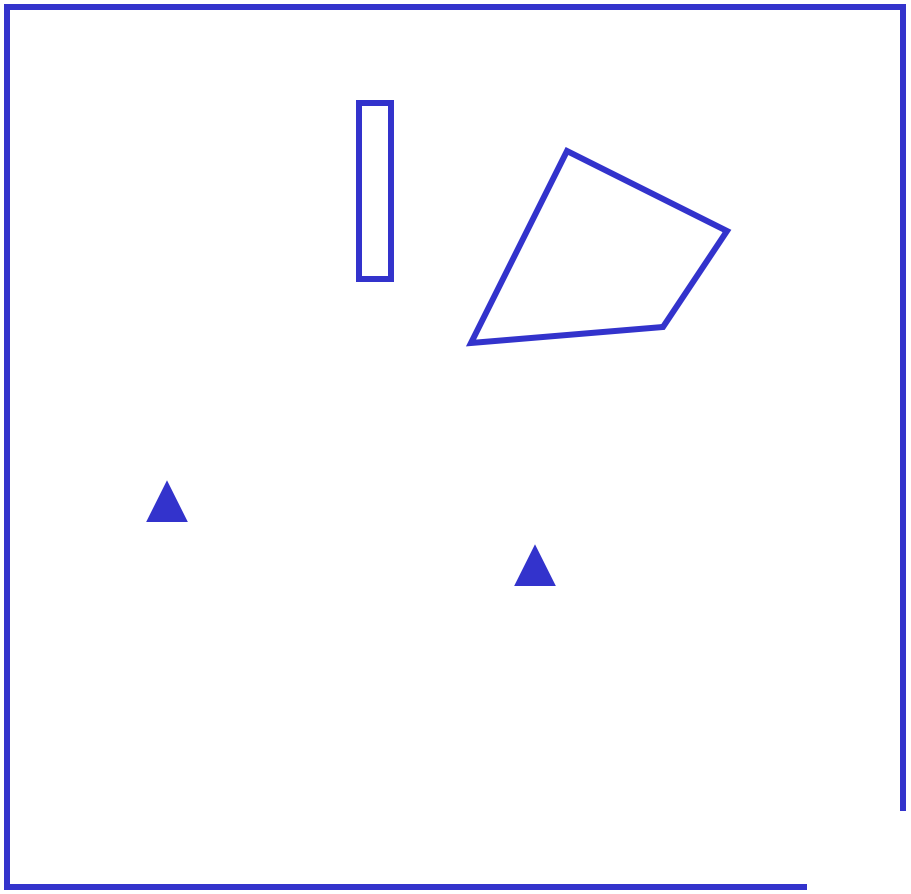
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Принцип работы “базы данных„ RNAV

Реальный мир



Карта базы данных



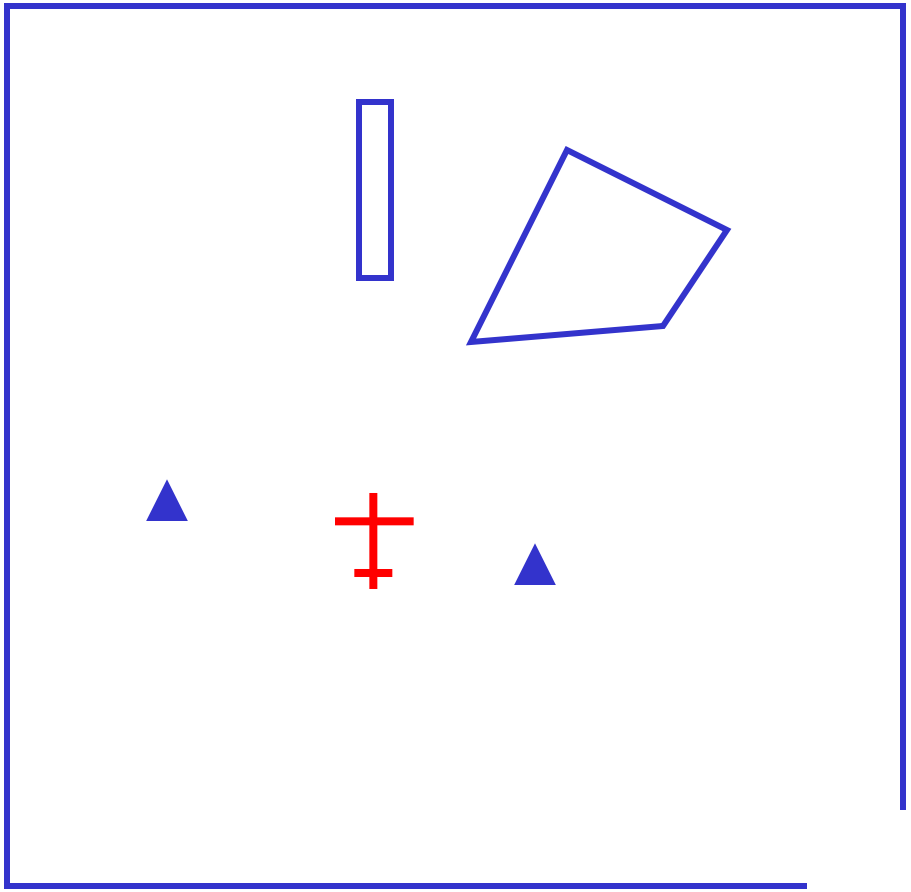
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Принцип работы “базы данных„ RNAV

Типичная ошибка:

1. Система RNAV определяет местоположение ВС
2. Затем система RNAV отображает местоположение ВС на карте базы данных

нет !

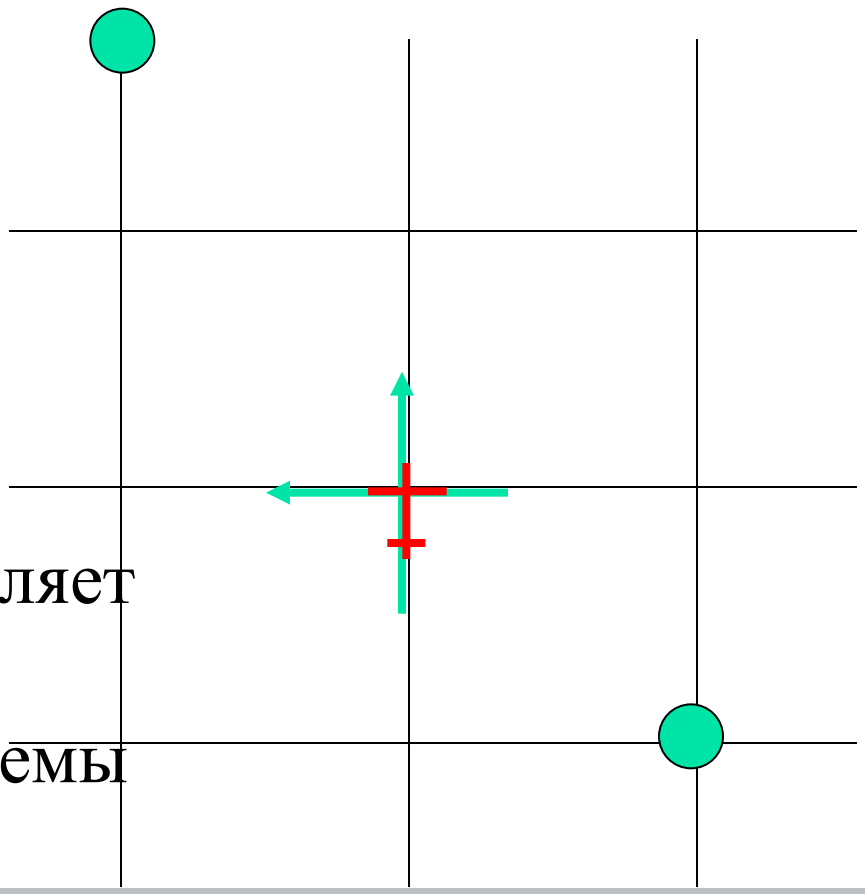


© Diamond Aircraft Industries GmbH

Принцип работы “базы данных„ RNAV

На самом деле:

1. “Система координат„ (сетка, координаты) “зафиксирована„ на ее “опорные точки„ (например. **DME**, спутники, т.д.)

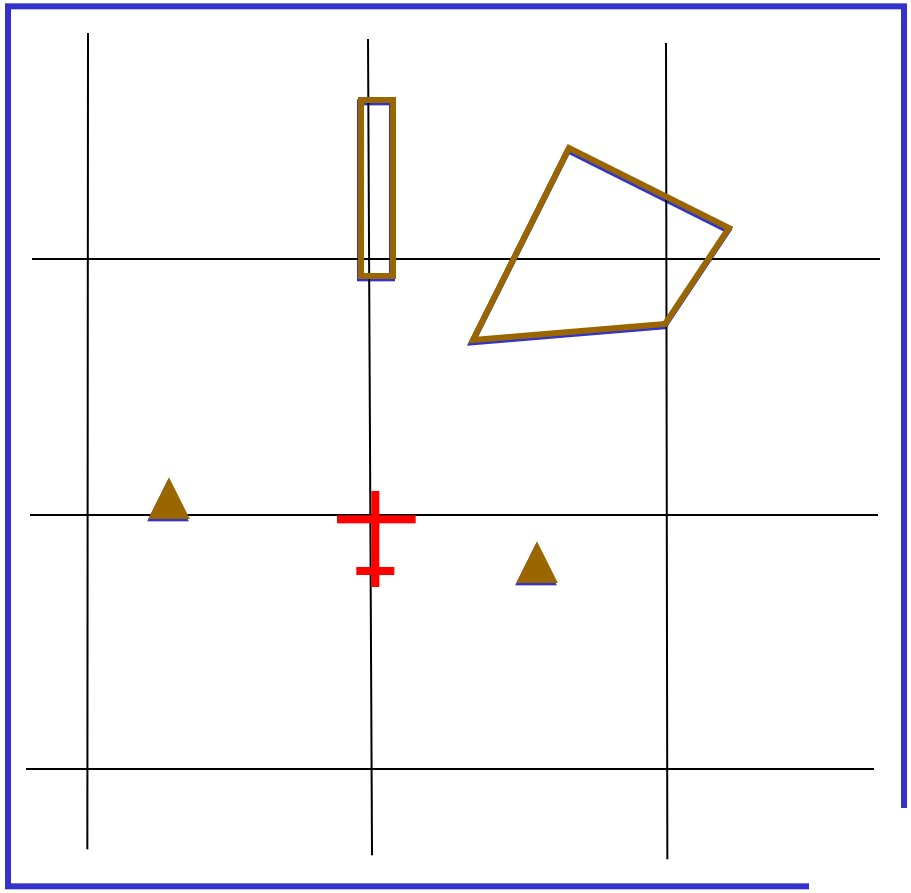


2. Система **RNAV** определяет местоположение ВС относительно ее “системы координат„

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Принцип работы “базы данных„ RNAV

3. Система **RNAV** накладывает график карты базы данных относительно местоположения ВС
4. Если местоположение ВС верно, тогда карта базы данных соответствует “реальному миру„

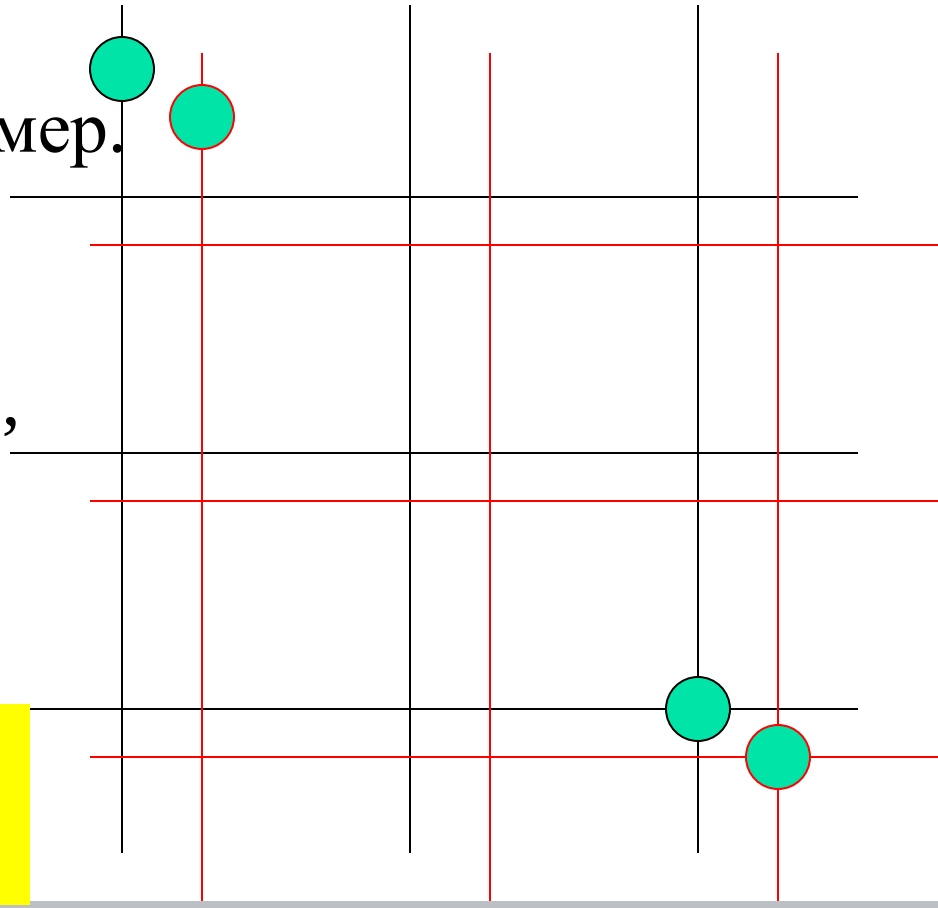


© Diamond Aircraft Industries GmbH

Что такое “сдвиг карты„ ?

1. “Система координат„ (сетка, координаты) “зафиксирована„ на ее “опорные точки„ (например. **DME**, спутники,т.д.)
2. Если “опорные точки„ размещены неправильно, или они передают неверные или ложные параметры,

то “система координат„ неверна



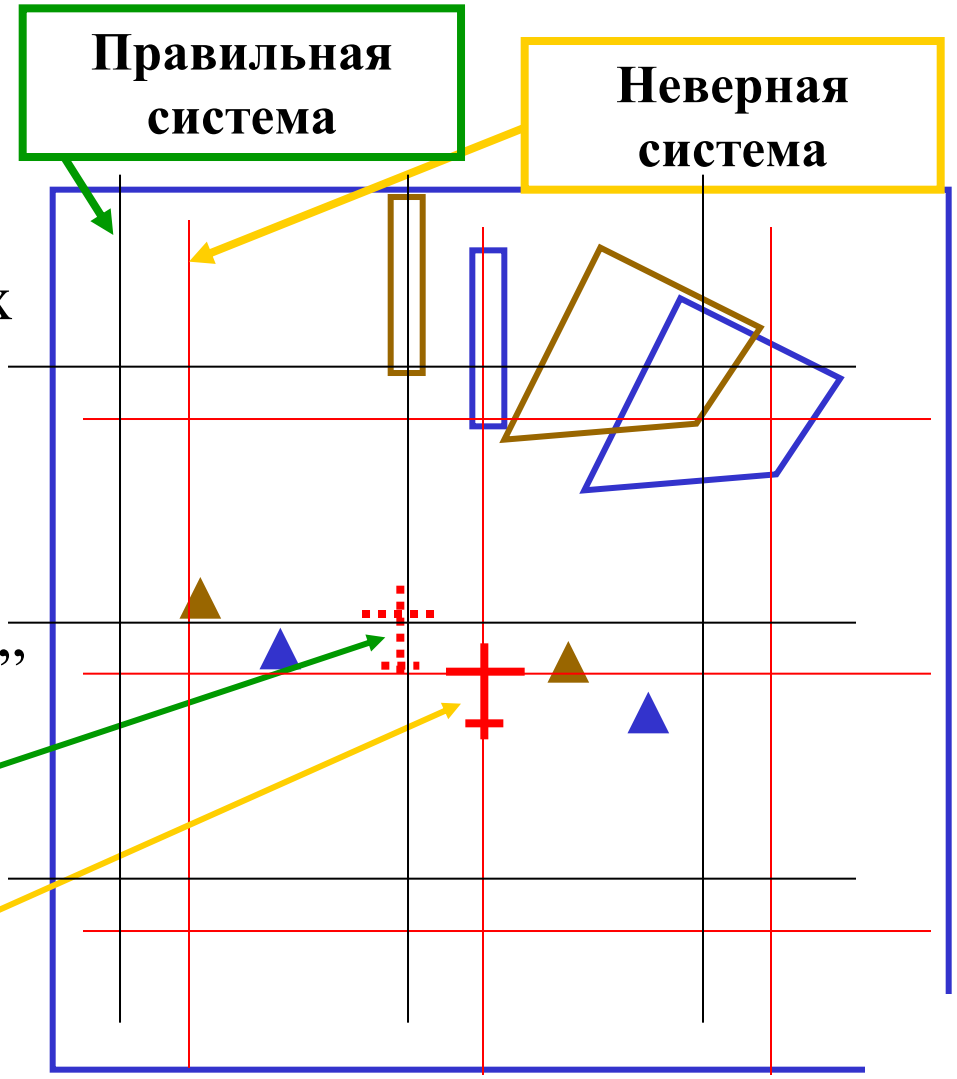
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Что такое “сдвиг карты„ ?

Если местоположение ВС определено неверно:

Поскольку карта базы данных добавляется относительно местоположения ВС,

Карта базы данных не соответствует “реальному миру„



Это будет правильное местоположение

Но местоположение определено в неверной системе координат

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Как определить сдвиг карты?

- Сравните данные **RNAV** с “исходными данными„
  - Лучший метод: сравните удаления **DME**
  - например.:
  - если у вас есть местонахождение **VOR**/**DME** как точки маршрута,
  - выберете тот же **VOR**/**DME** как источник “**NAV**„
  - сравните “**Dist to WPT**„ с “**DME** reading„

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Допущения, принятые при расчетах базы данных

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Допущения, принятые при расчетах

Траектория/ конечный пункт рассчитываются исходя из следующих условий:

- Скорость - путевая скорость **210** узлов для расчета расстояний, базирующаяся на **3.5** морских миль в минуту
- Для расчета радиуса разворота - максимальный угол крена **25** градусов
- В расчетах используется скорость набора **500** футов в минуту
- Углы захвата – не уточняются, **30** градусов для захвата КРМ и **30 - 45** градусов для всех остальных

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Допущения, принятые при расчетах

- На ВС, оборудованных **FMS**, выдерживайте линию пути, а не курс, за исключением случаев, когда курс необходим для бокового эшелонирования
- Контрольные точки между точкой конечного этапа захода на посадку FAF и точкой ухода на второй круг MAP не внесены в навигационную базу данных
- Радиалы упреждения предусмотрены только для ВС, не оборудованных системой RNAV, и не предназначены ограничивать функцию упреждения разворота системы FMS

© Diamond Aircraft Industries GmbH

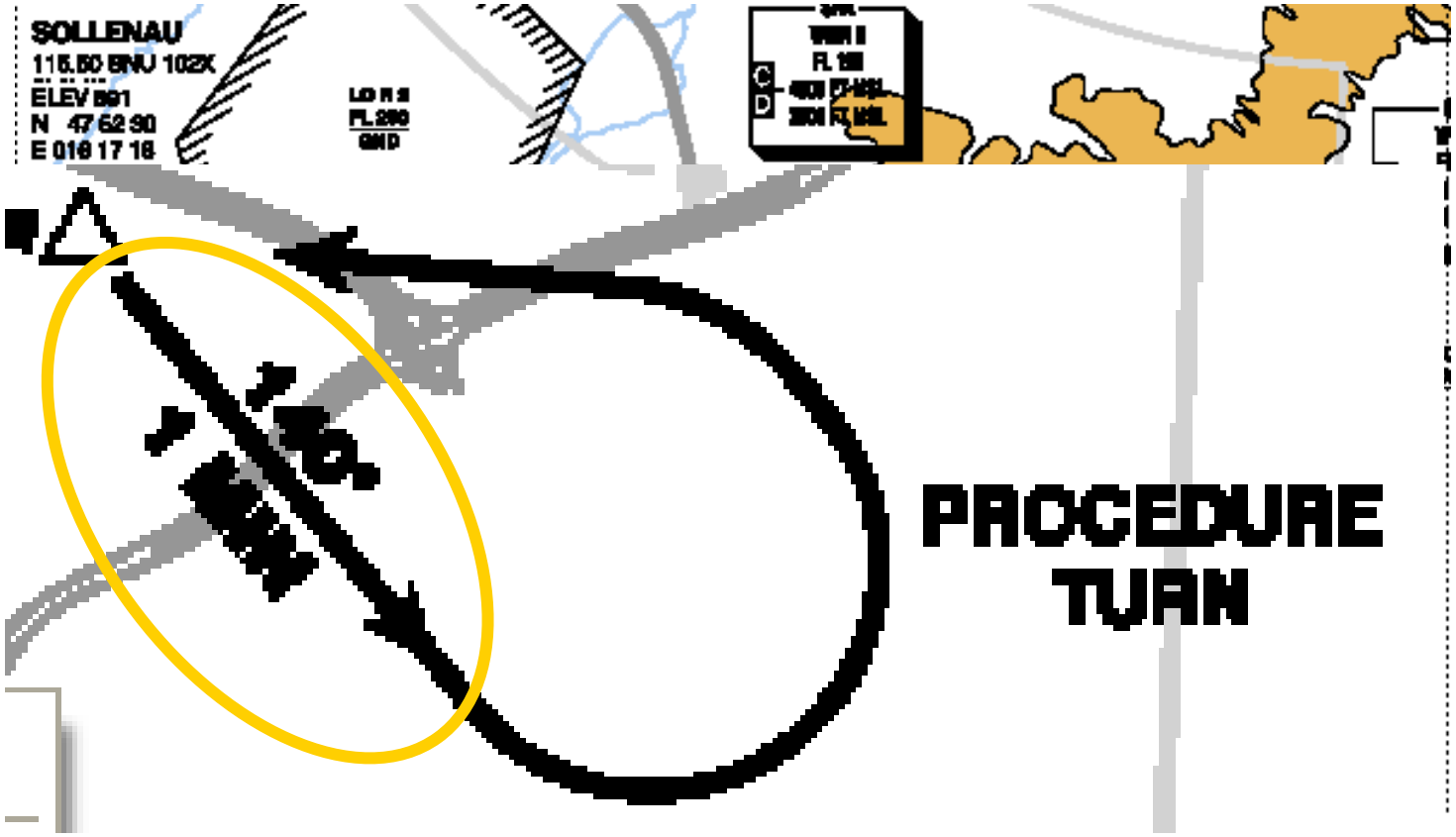
Допущения, принятые при расчетах

Наиболее важные для эксплуатации **DA- 42**:

- скорость - путевая скорость **210** узлов для расчета расстояния:
  базирующаяся на **3.5** морских миль в мин

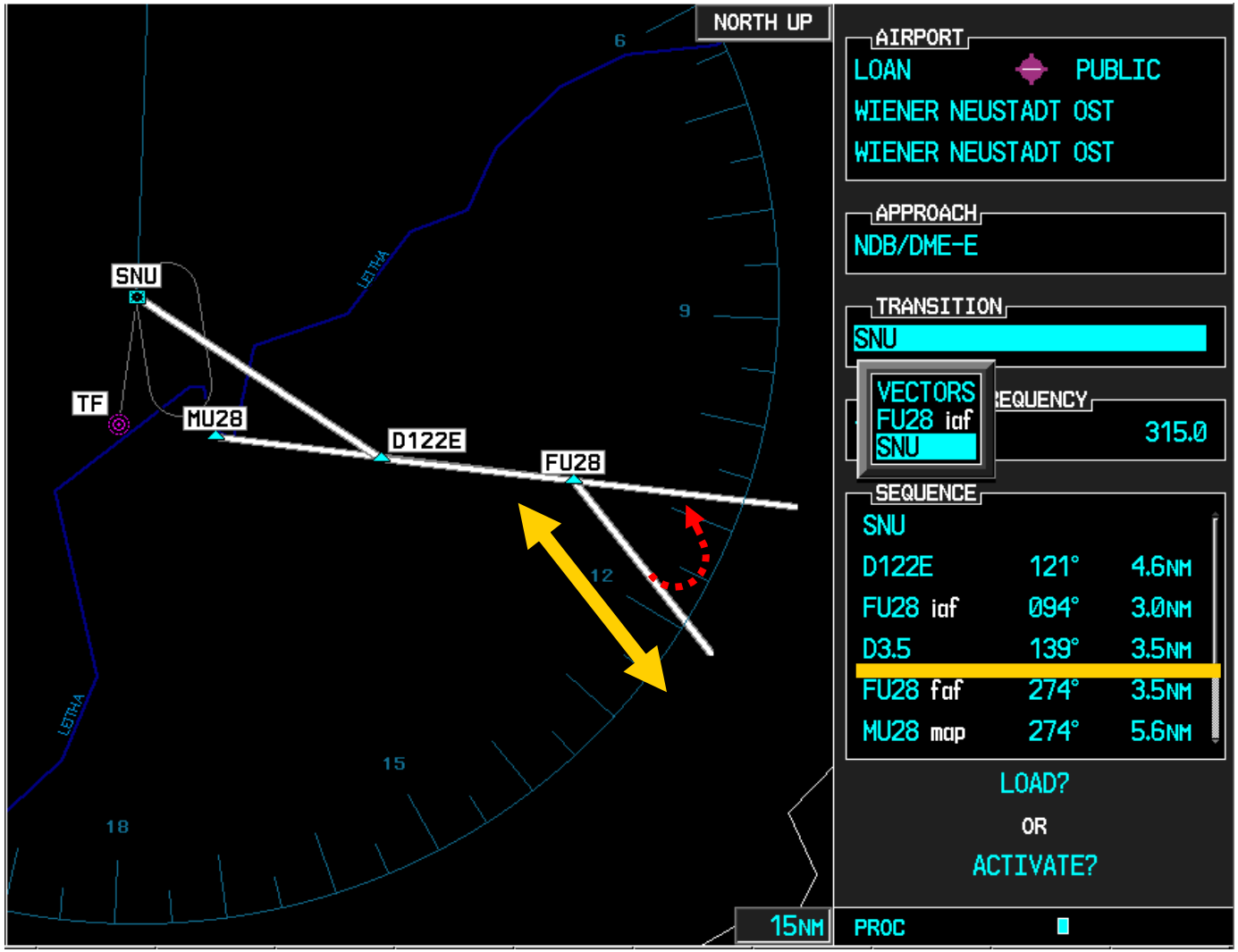
© Diamond Aircraft Industries GmbH

LOAN ВПП 28 (стандартный разворот)



© Diamond Aircraft Industries GmbH

LOAN BIII 28



© Diamond Aircraft Industries GmbH

Нужное средство в нужное время

- Я использую традиционные средства
  - Правильное решение!
- Я использую базу данных
  - Могут возникнуть проблемы!
- Я разбираюсь в обстановке и знаю об ограничениях, и я буду использовать нужное средство в нужное время
  - Вы правы! Умный пилот!

© Diamond Aircraft Industries GmbH

3 уровня эксплуатации

Общее	Airbus	DA42
стратегия	автоматический режим	Автопилот FMS план полета база данных
тактика	выбранный режим	автопилот задатчик курса верт. скорость
штурвальный режим	штурвальный режим	штурвальный режим

© Diamond Aircraft Industries GmbH

3 уровня эксплуатации

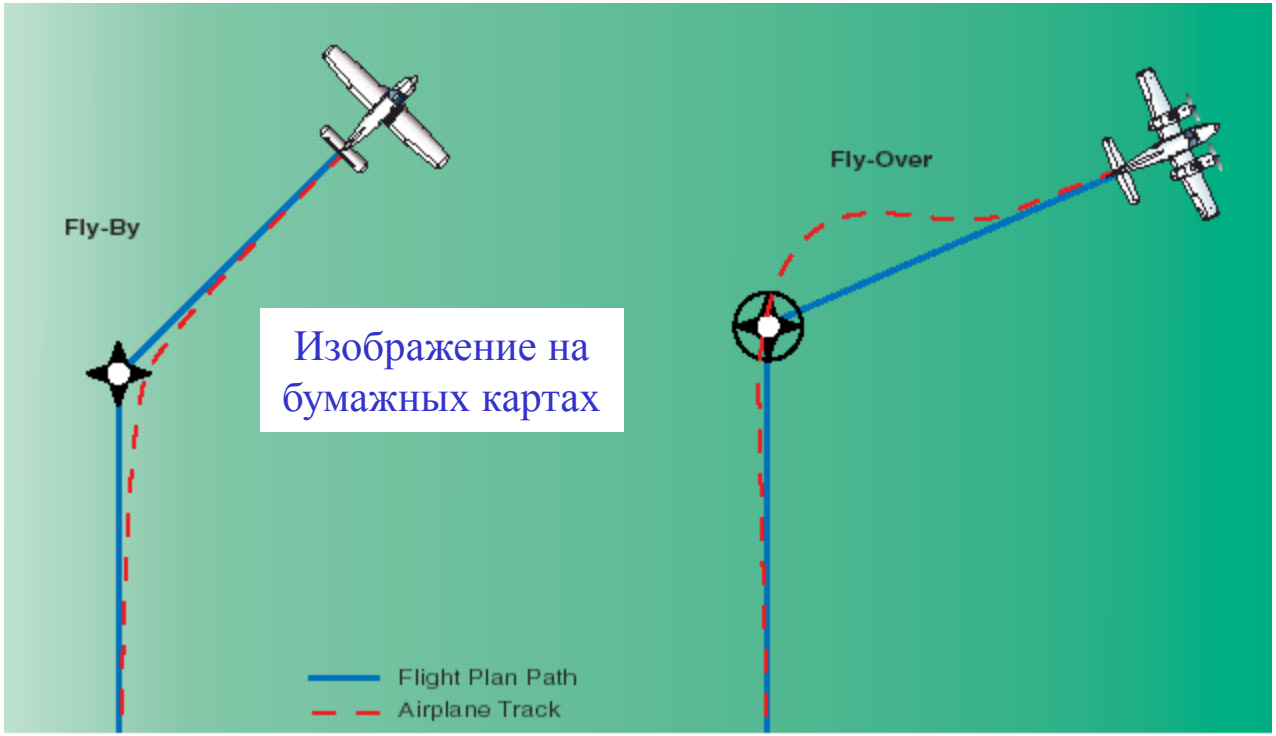
Используйте нужное средство в нужное время!

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Некоторые особенности базы данных

© Diamond Aircraft Industries GmbH

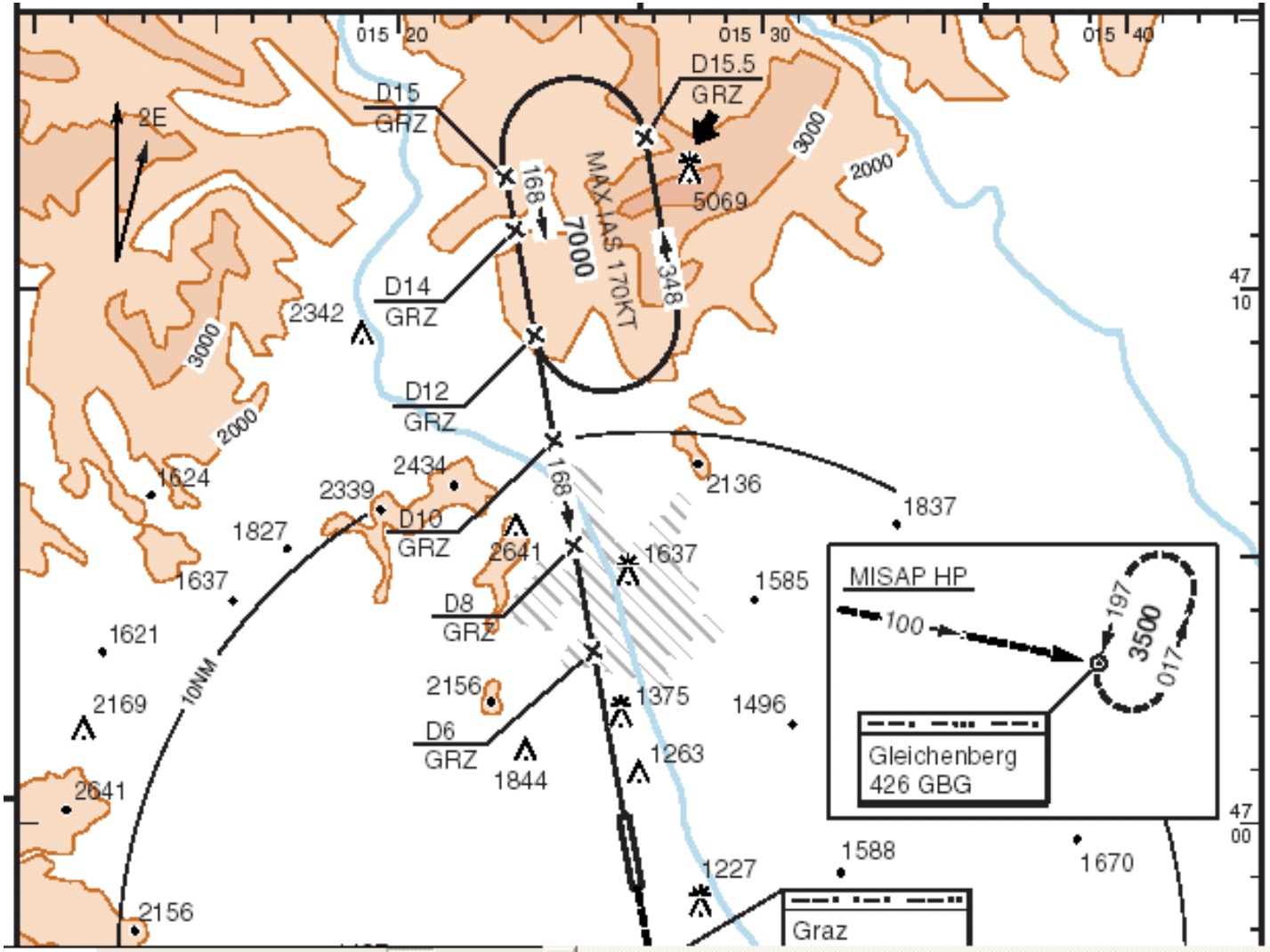
Пролет возле / Пролет над



G1000 не отображает, пролетает ли ВС “возле„ или “над„ точкой!

© Diamond Aircraft Industries GmbH

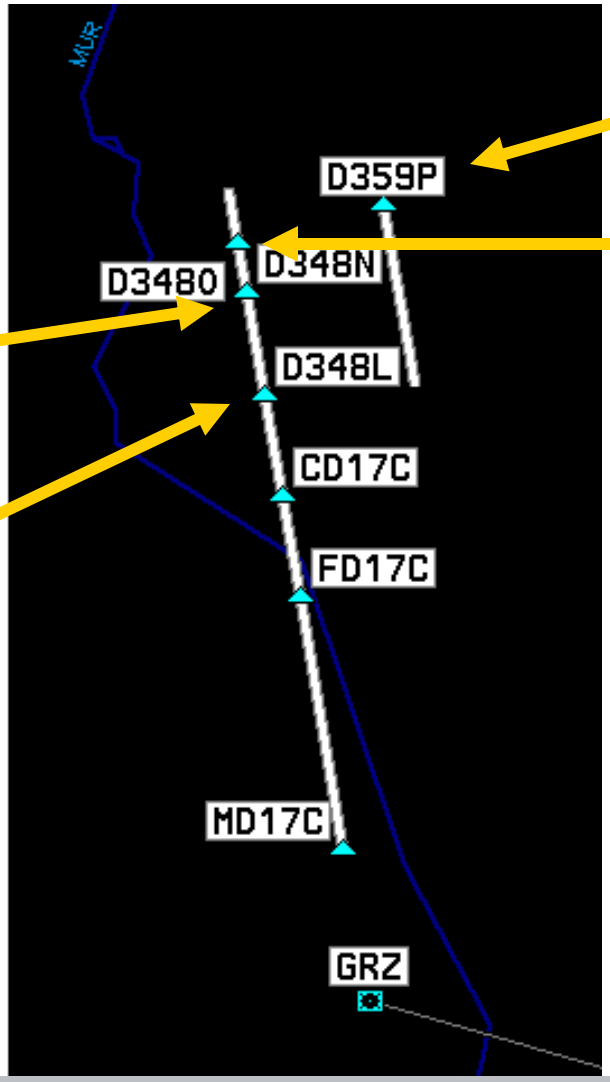
Карта подхода



© Diamond Aircraft Industries GmbH

Что это?

Дисплей
Garmin 1000



D359P

D348O

D348N

D348L

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Коды ARINC

Пеленг и расстояние

Идентификаторы создаются по следующим правилам:

Первый знак идентификатора точки - “**D**”.

1. Второй, третий и четвертый знаки обозначают радиал навигационного средства ОВЧ, на котором расположена точка маршрута
2. Последний знак – радиус дуги **DME**, определяющий положение радиала точки. Этот радиус обозначается соответствующей буквой, напр. **A** = м.м., **G** = **7** м.м., **O** = **15** м.м., т. д.

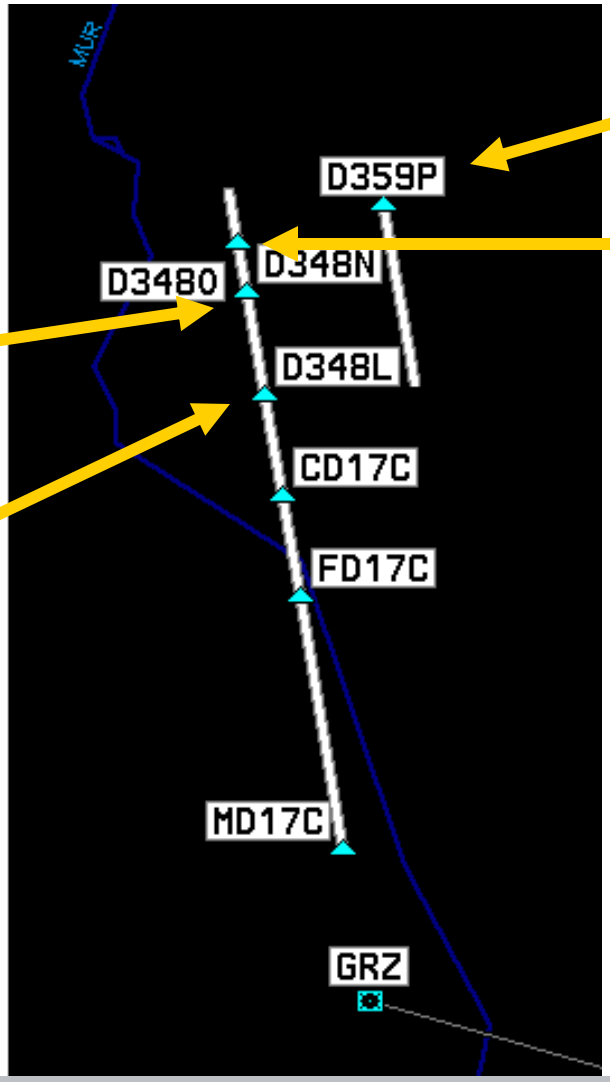
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Коды расстояния

A¤	B¤	C¤	D¤	E¤
1¤	2¤	3¤	4¤	5¤
F¤	G¤	H¤	I¤	J¤
6¤	7¤	8¤	9¤	10¤
K¤	L¤	M¤	N¤	O¤
11¤	12¤	13¤	14¤	15¤
P¤	Q¤	R¤	S¤	T¤
16¤	17¤	18¤	19¤	20¤
U¤	V¤	W¤	X¤	Y¤
21¤	22¤	23¤	24¤	25¤

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Что это ?



D359P 16 NM

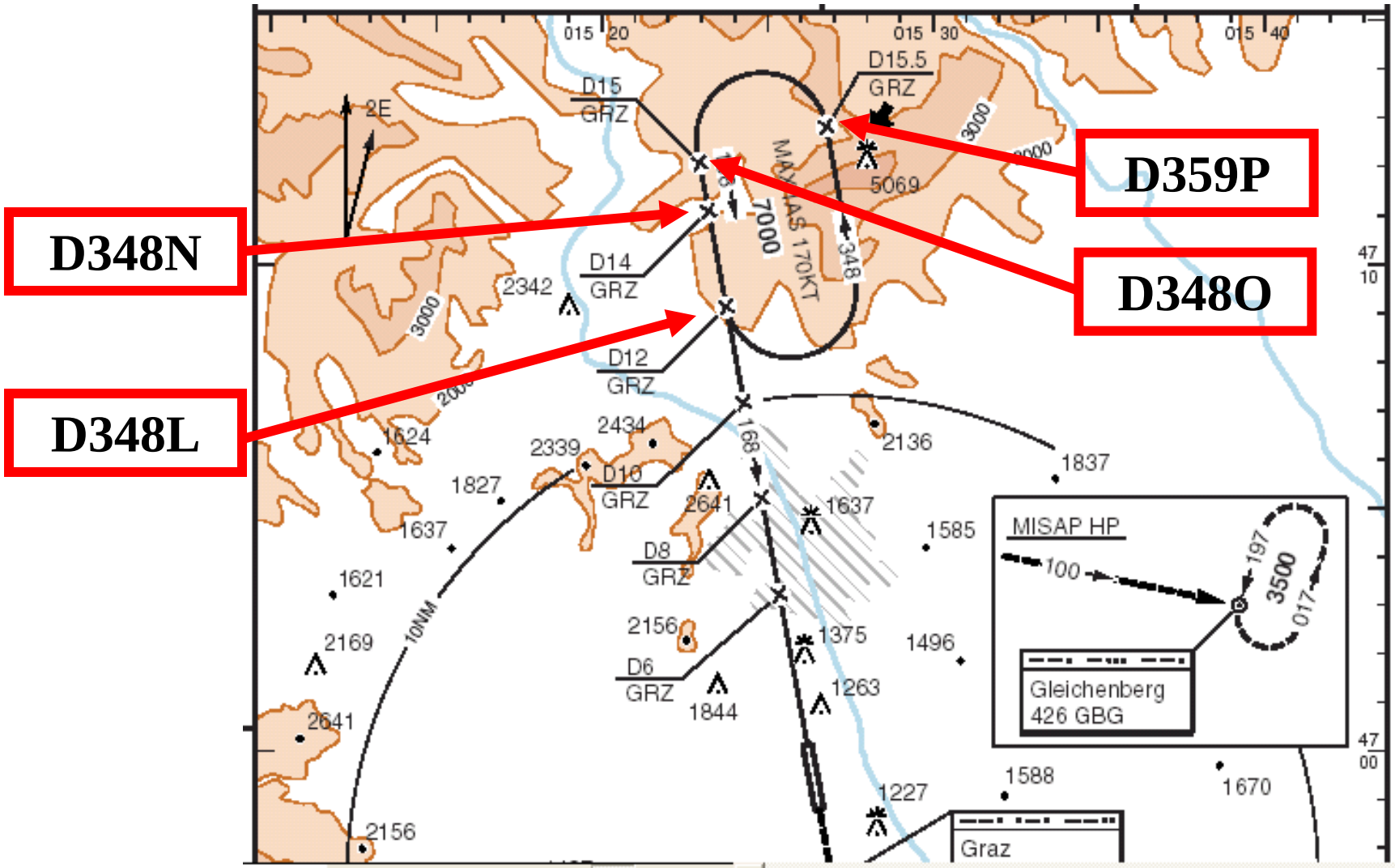
D348O 15 NM

14 NM D348N

12 NM D348L

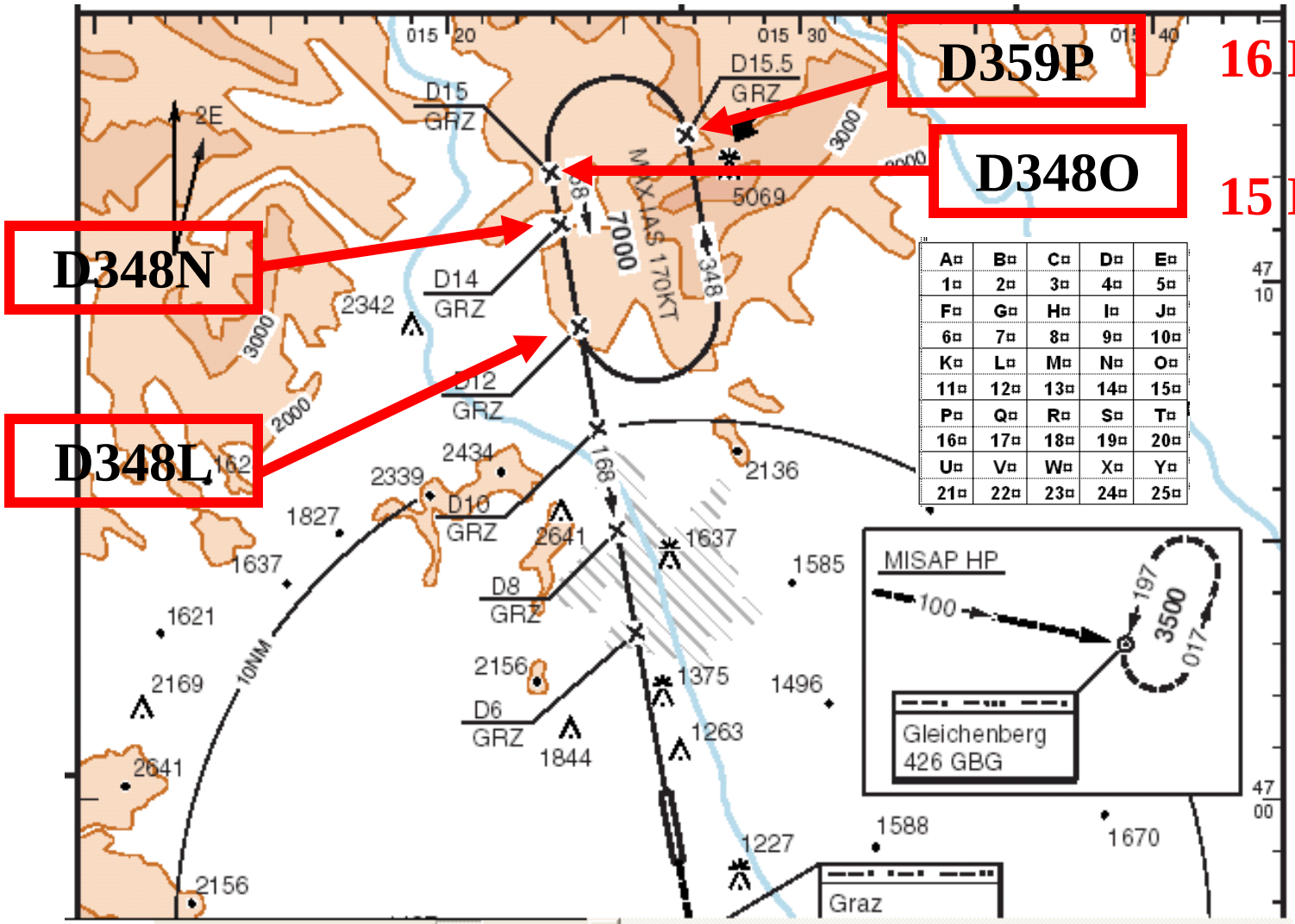
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Карта подхода



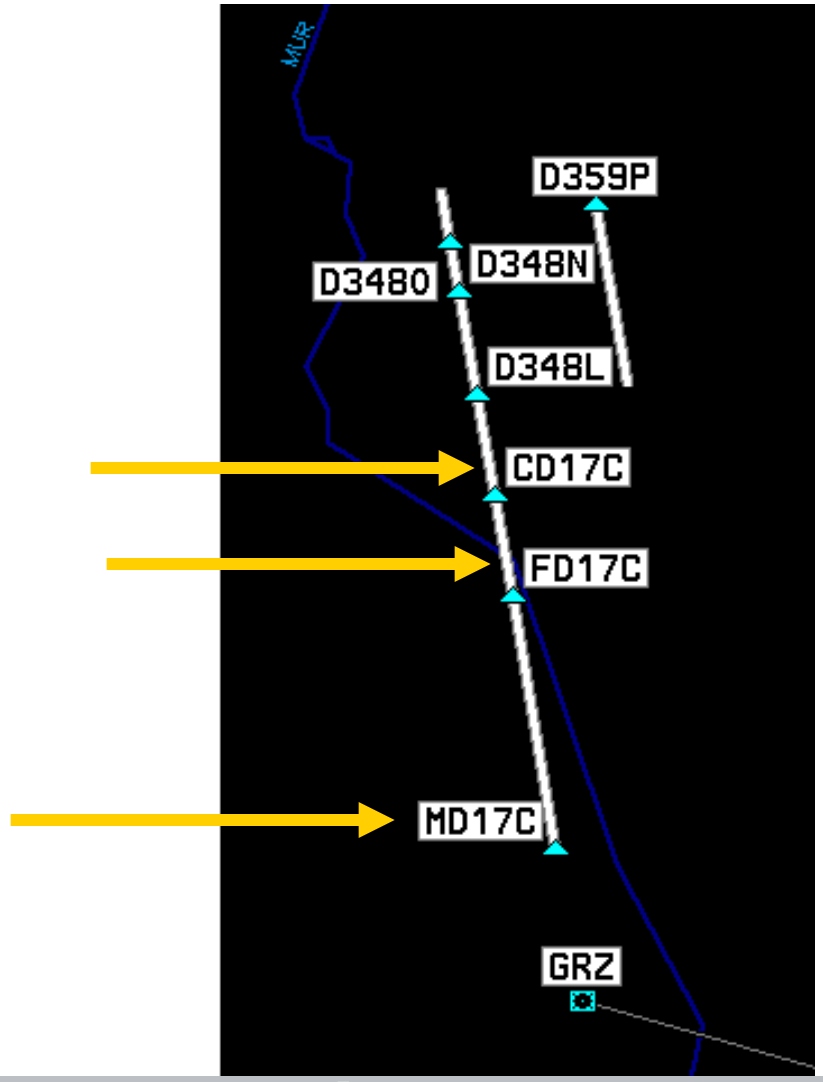
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Карта подхода



© Diamond Aircraft Industries GmbH

Что это? # 2



ВПП 17Ц

Точка курса конечного этапа захода	C	D	17C
Точка конечного этапа захода	F	D	17C
Точка ухода на второй круг	M	D	17C

Заход **VOR**/**DME**

В случае одной схемы захода:

CF, **FF**, **MA**

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Точки маршрута аэродрома посадки

Одна схема захода на посадку:

CF Final Approach Course Fix - Точка курса конечного этапа захода
FF Final Approach Fix - Точка конечного этапа захода
MA Missed Approach Point Fix - Точка ухода на второй круг
OM Outer Marker Fix - Контр. точка дальнего привода
AF Initial Approach Fix - Точка начального этапа захода
IF Intermediate Approach Fix - Точка промежуточного этапа
SD Step-Down Fix (or Sx if multiple) - Контр. точка снижения
RC Runway Centerline Fix - Контр. точка оси ВПП
RW Runway Fix - Контр. Точка ВПП
MM Middle Marker Fix - Контр. точка среднего привода
IM Inner Marker Fix - Контр. точка ближнего привода
BM Backcourse Marker Fix - Точка привода обратного курса
TD Touchdown Fix inboard of runway threshold - Точка касания на внутренней стороне торца ВПП

Несколько схем захода на посадку:

Fx, Ax, Ix, Cx, Mx, Sx, Rx, Tx, где **x** “тип схемы”

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Типы схем в списке схем подхода

A Approach Transition - Переход на подход
B LLZ Backcourse Approach Заход с обратным курсом по КРМ
C LORAN Approach Заход по РСДН LORAN
D VOR/DME Approach Заход по VOR/DME
E VOR Circle-To-Land Approach Заход с круга по ВОР
F FMS Approach Заход по FMS
G IGS Approach Заход по системе наведения по приборам IGS
H Helicopter Approach Заход вертолета
I ILS Approach Заход по ИЛС
J LLZ only Circle-To-Land Approach Заход с круга по КРМ
K LLZ Backcourse Circle-To-Land Approach Заход с круга с обратным курсом по КРМ
L Localizer only Approach Заход только по КРМ
M MLS Approach Заход по микроволн. системе посадки
N NDB Approach Заход по приводам
P GPS Approach Заход по GPS
Q NDB/DME Approach Заход по приводам/ДМЕ
R RNAV Approach Заход RNAV
S VOR Approach with DME Facility Заход по ВОР/ДМЕ
T TACAN Approach Заход по TACAN
U NDB Circle-To-Land Approach Заход с круга по приводам
V VOR Approach (Non-DME Facility) Заход по ВОР/без ДМЕ
W MLS Type A Approach Заход по MLS тип А
X LDA Approach Заход по средствам наведения типа КРМ
Y MLS Type B and C Approach Заход по MLS тип В и С
Z SDF (Simplified Directional Facility) Approach Заход по упрощенным средствам наведения

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Мнения

- **ICAO**: “**FMS**/**RNAV**…можно использовать…при условии:
  - Процедура контролируется с помощью основного индикатора, как правило, связанного с этой процедурой; и
  - Выдерживаются допуски для данного полета с помощью исходных данных на основном индикаторе.„
- Но это не разрешено европейскими требованиями!
  - С **RNAV** можно использовать только “официальные„ процедуры **RNAV** или процедуры “наложения„

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Минимальная безопасная высота MSA / Безопасная высота по маршруту ESA

© Diamond Aircraft Industries GmbH

MSA

Минимальная безопасная высота

- Использует сетку минимальных безопасных высот полета вне маршрута (**Grid MORAs**) для определения безопасной высоты в пределах **10** миль от вашего местоположения.
- Сетка **MORAs**, размером **1** градус широты на **1** градус долготы, обеспечивает запас высоты над контрольными точками в пределах сетки
  - **1000** футов в зонах, где высота самой высокой контрольной точки составляет **5000** футов над уровнем моря или ниже.
  - **2000** футов в зонах, где высота самой высокой контрольной точки превышает **5000** футов.

© Diamond Aircraft Industries GmbH

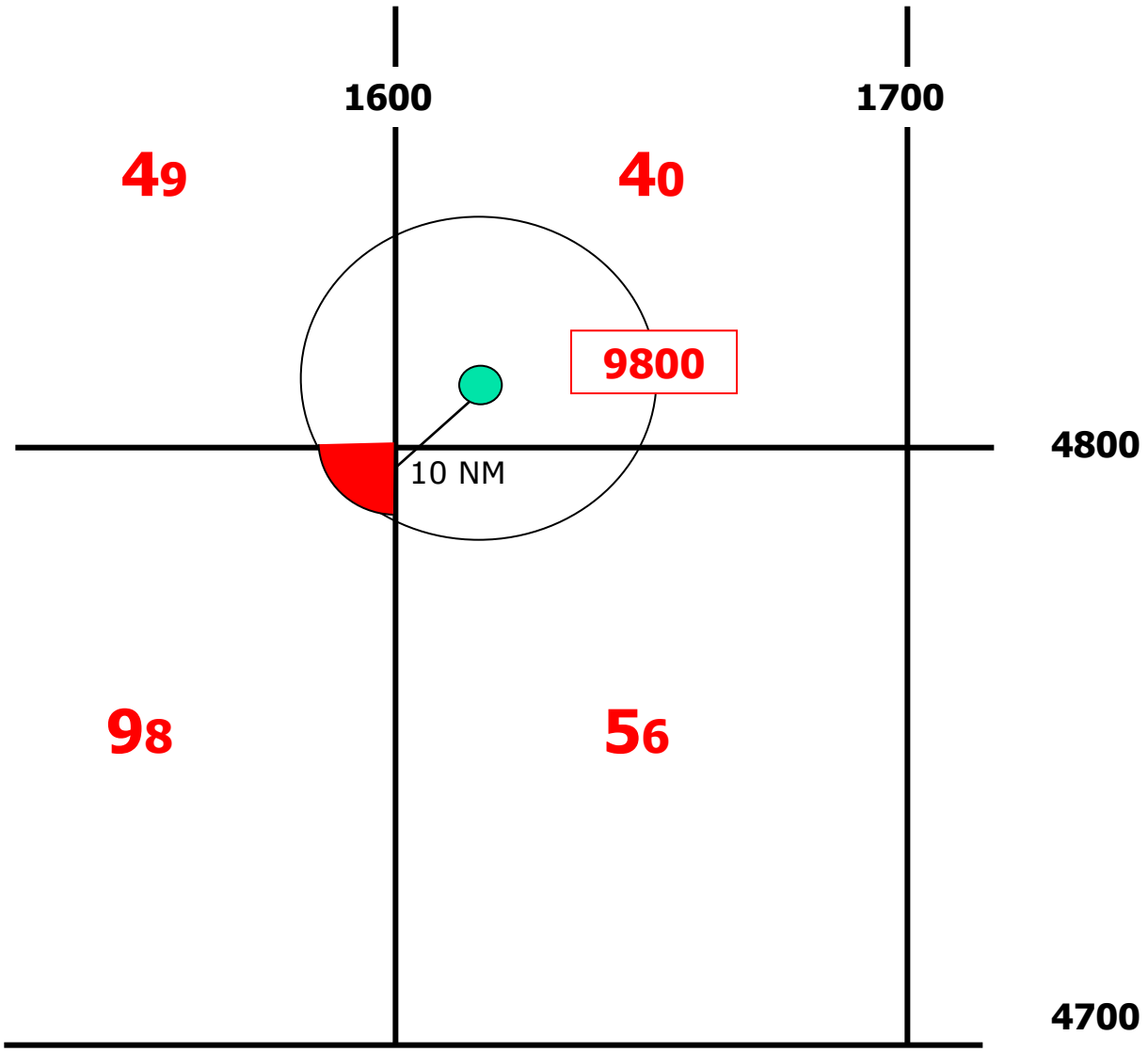
MSA

Минимальная безопасная высота

- Не все версии программного обеспечения **G1000** отображают **MSA**
- Некоторые отображают только безопасную высоту по маршруту **ESA**

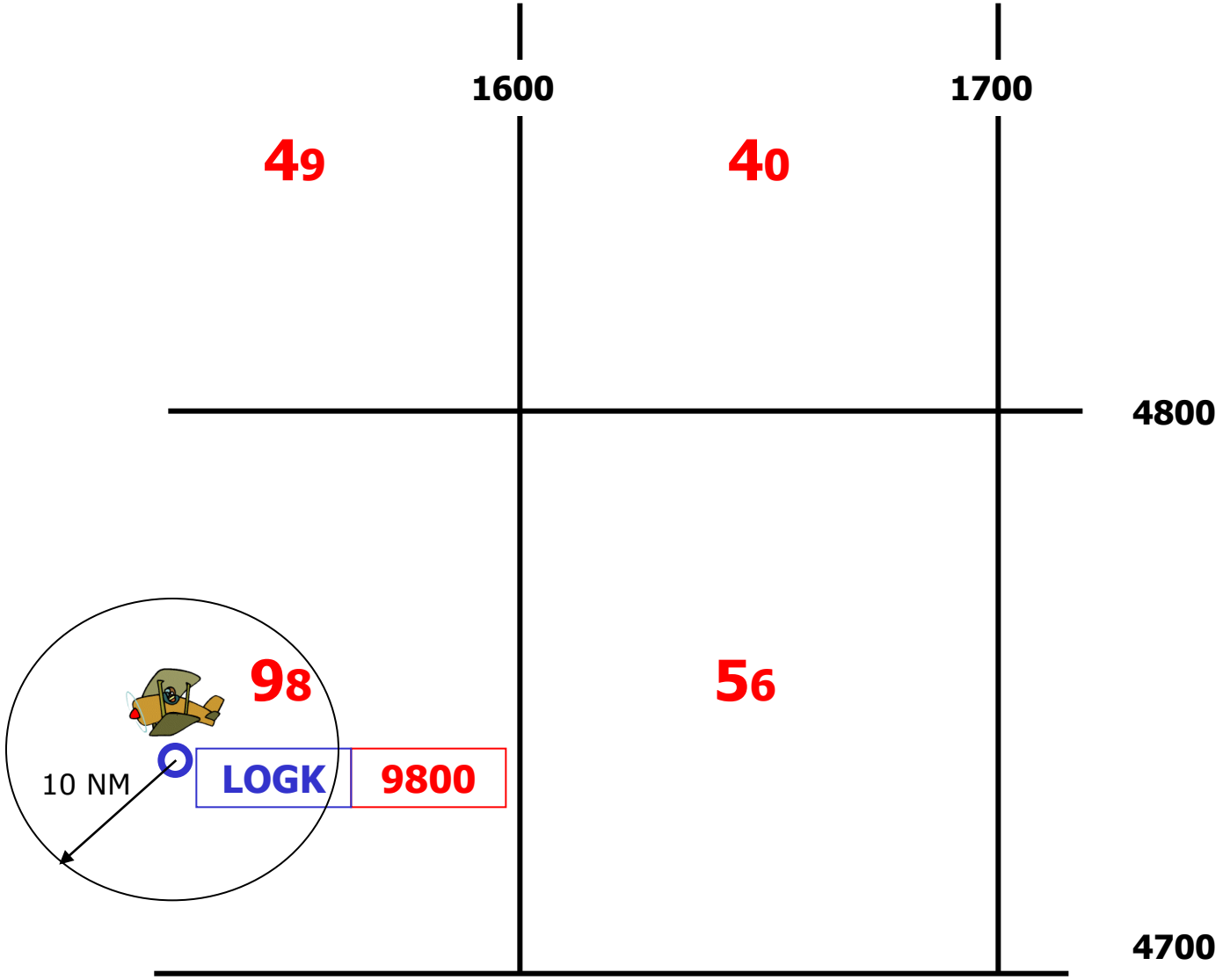
© Diamond Aircraft Industries GmbH

MSA



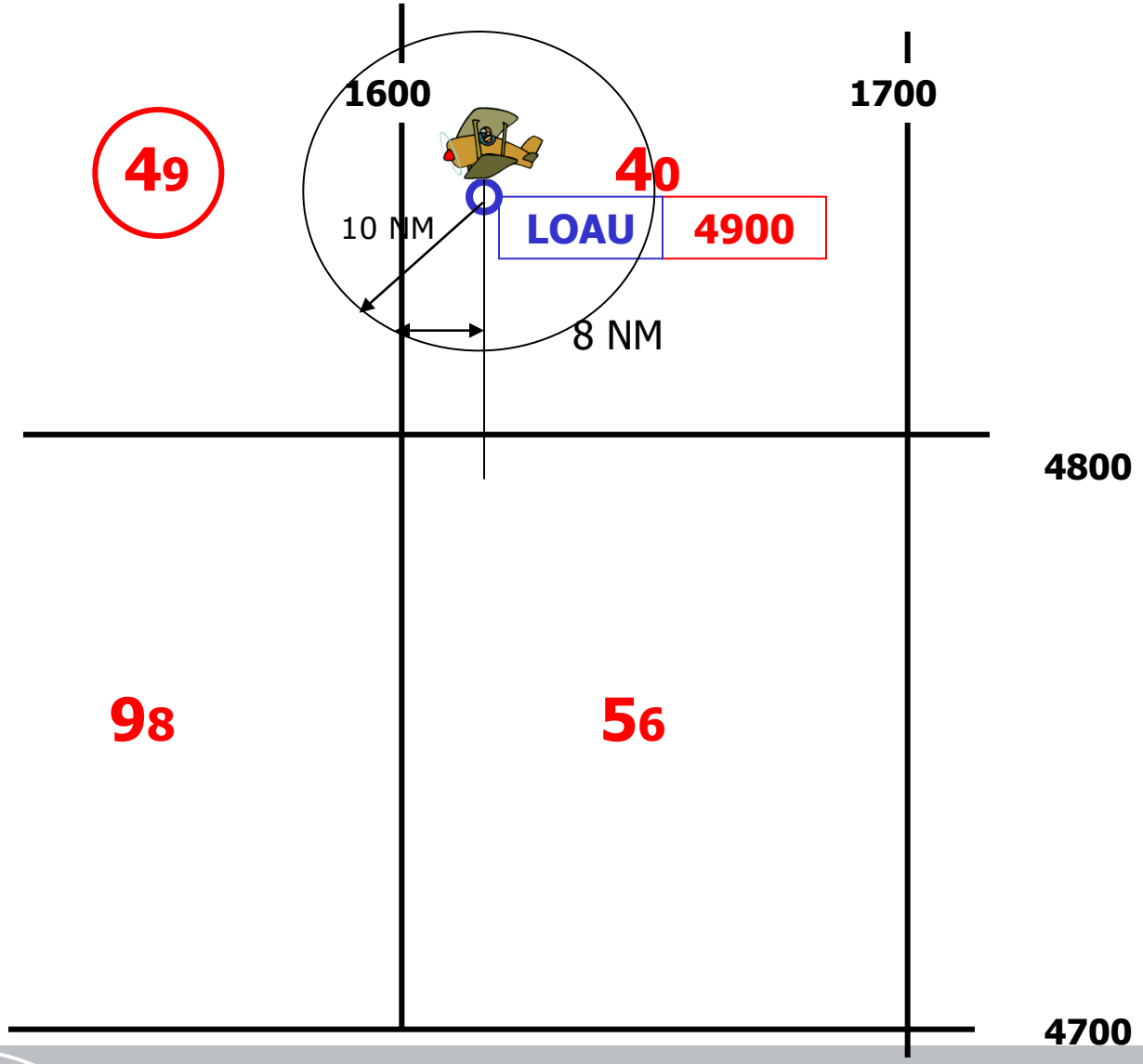
© Diamond Aircraft Industries GmbH

MSA



© Diamond Aircraft Industries GmbH

MSA



© Diamond Aircraft Industries GmbH

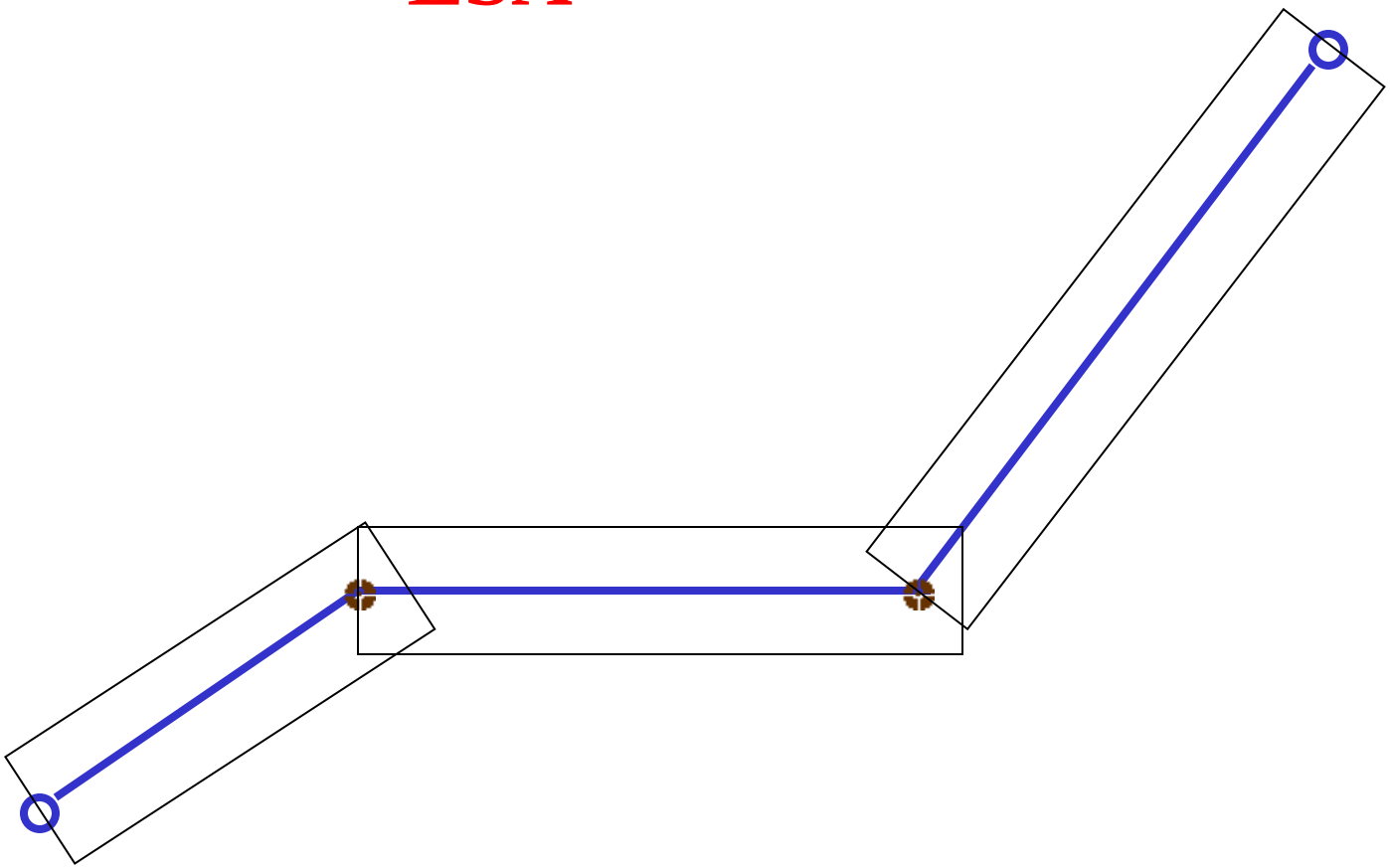
ESA

Безопасная высота по маршруту

- Рекомендуемая минимальная высота в пределах **10** миль, левее или правее, от вашего заданного курса в действующем плане полета или “напрямую„.
- Как и для **MSA**, используется “формула **1000/2000**„ сетки **MORA**.

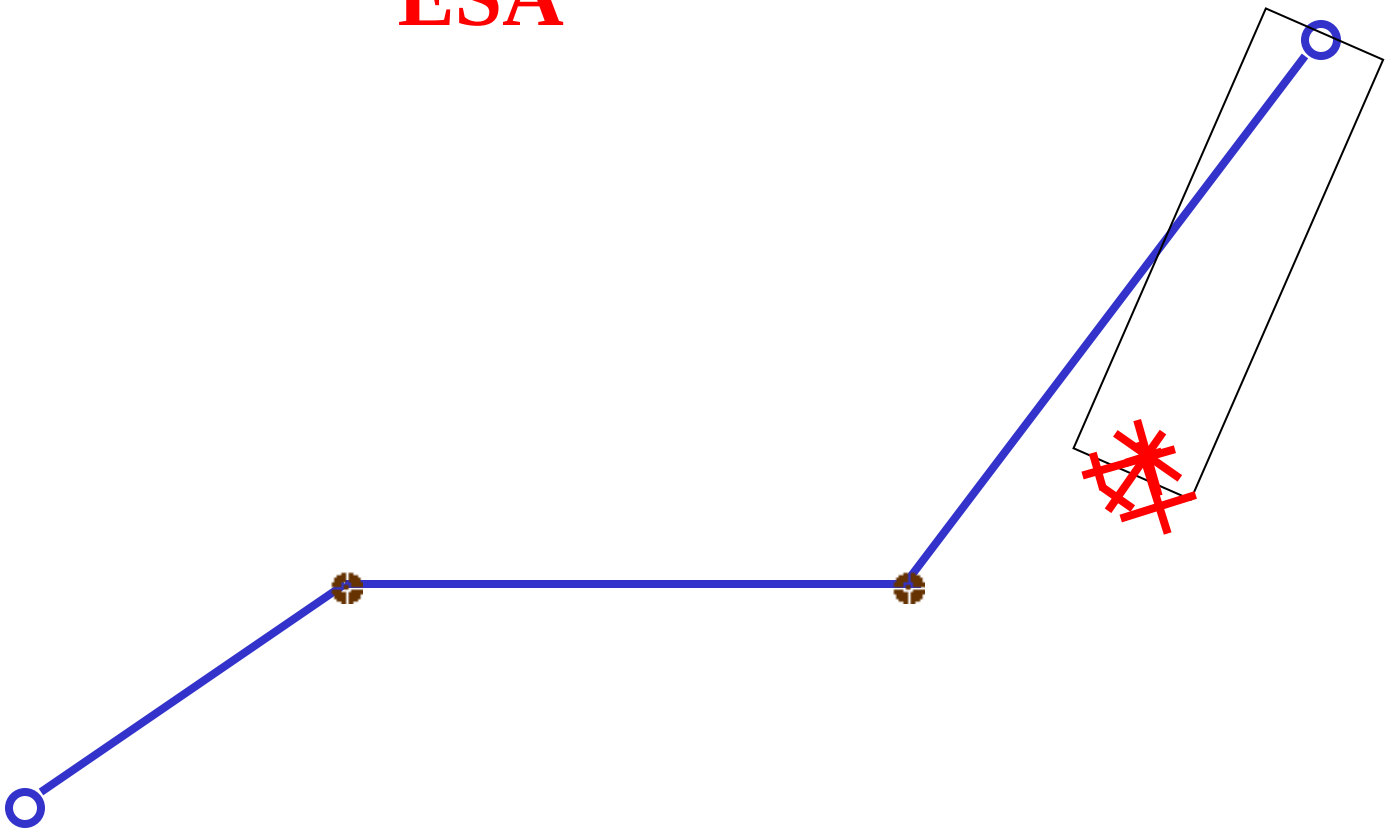
© Diamond Aircraft Industries GmbH

ESA



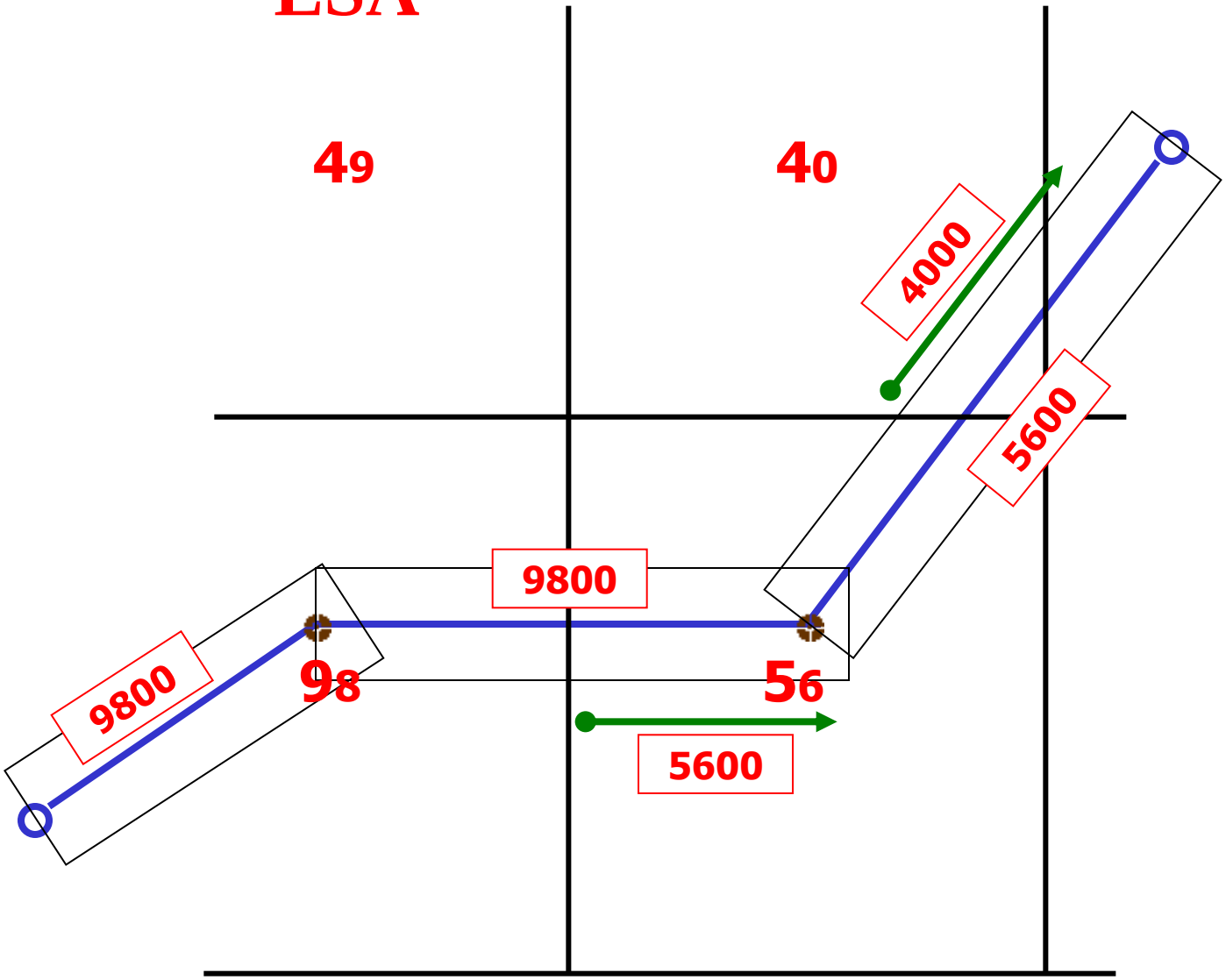
© Diamond Aircraft Industries GmbH

ESA



© Diamond Aircraft Industries GmbH

ESA



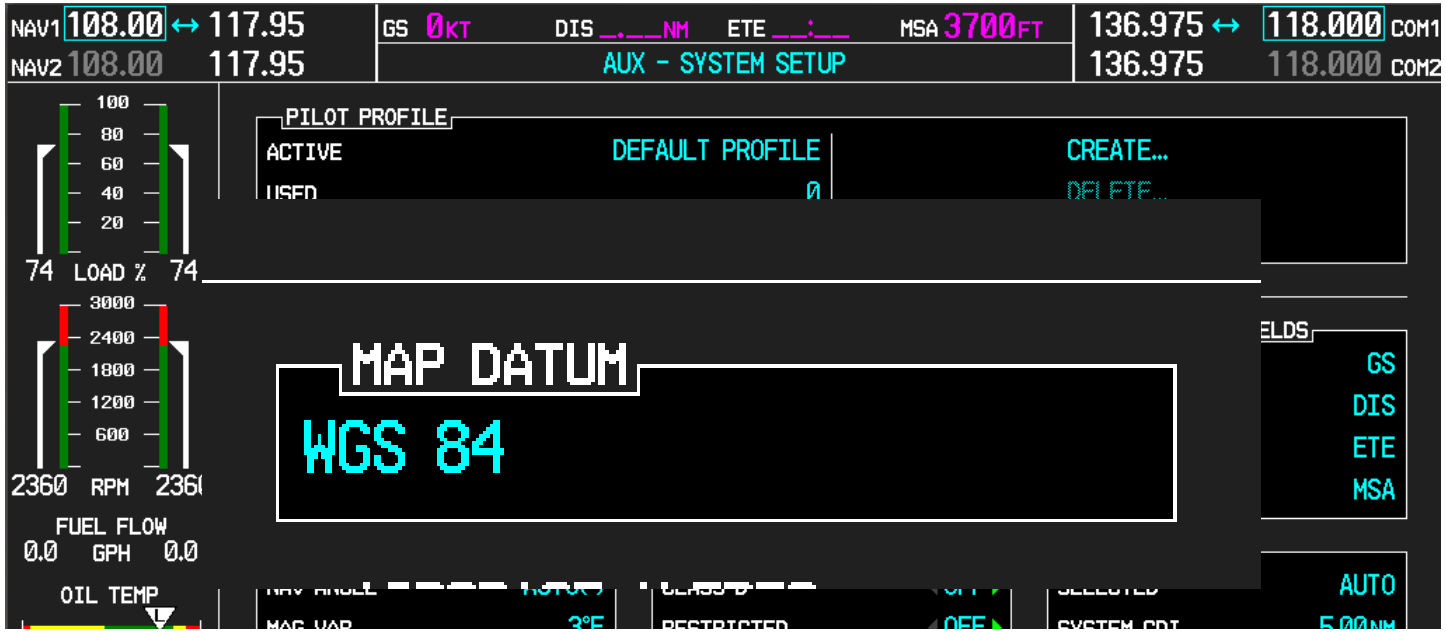
© Diamond Aircraft Industries GmbH

WGS 84

Опорная система геодезических координат

© Diamond Aircraft Industries GmbH

WGS 84



В некоторых версиях программного обеспечения **G1000** можно выбрать систему геодезических координат MAP **DATUM** (напр. **GDU** software 6.x)

Некоторые версии (напр. **GDU** software 8.x) автоматически настроены на **WGS84**

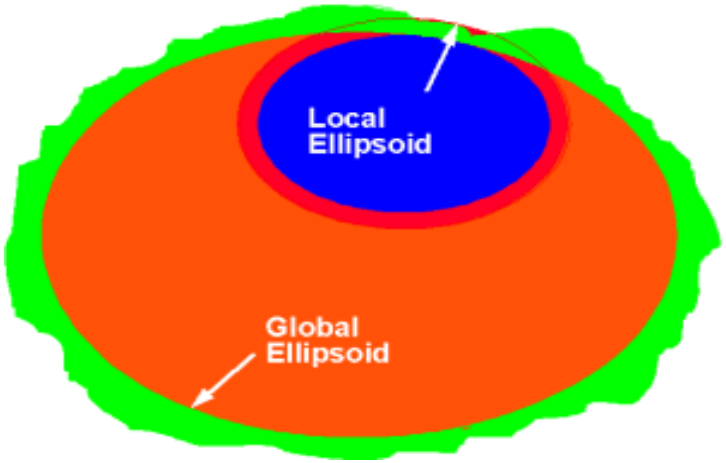
WGS 84

- Земля не является идеально круглой
- Упрощено с точки зрения математики: “эллипсоид вращения„
- При проецировании этой изогнутой поверхности на плоскую топографическую карту возникают искажения

© Diamond Aircraft Industries GmbH

WGS 84

- Искажения сводятся к минимуму с помощью параметров местности для эллипсоида



© Diamond Aircraft Industries GmbH

WGS 84

- Следовательно: множество различных систем координат (“система геодезических координат **MAP DATUM**„)
- Одна и та же точка будет иметь разные “координаты„ в разных системах координат

© Diamond Aircraft Industries GmbH

WGS 84

- **GPS** базируется на опорной системе геодезических координат **WGS 84**
  - следовательно:
- Все координаты должны быть опубликованы в соответствии с “**WGS 84**„

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Автономный контроль целостности в приемнике RAIM

© Diamond Aircraft Industries GmbH

RAIM

Receiver Autonomous Integrity Monitoring

Автономный контроль целостности в приемнике

© Diamond Aircraft Industries GmbH

RAIM

Почему “целостность„?

Возможность системы своевременно выдавать пользователям предупреждения о том, что на данный момент система не должна использоваться для навигации

© Diamond Aircraft Industries GmbH

RAIM

- Контролирует и подтверждает “целостность„, а также “геометрию„ спутников
- Уведомляет пилота о том, что спутники не обеспечивают должное покрытие для **RAIM**
- Прогнозирует покрытие спутников в пункте назначения **DEST**
- Исключает из работы неисправные спутники (**FDE**)

© Diamond Aircraft Industries GmbH

RAIM

- Для работы **RAIM** необходимо **5** спутников
- Геометрия спутников должна обеспечивать точность:
  - **2** м.м. для трансокеанических полетов и полетов по маршруту
  - **1** м.м. на аэродроме посадки
  - **0,3** м.м. при заходе на посадку

© Diamond Aircraft Industries GmbH

RAIM

RAIM не доступен на контрольной точке конечного этапа захода на посадку:

Уход на второй круг !

© Diamond Aircraft Industries GmbH

RAIM

- **3** “нештатных ситуации„ связанные с **RAIM**:
  - **RAIM** выдает “предупреждение о местонахождении„
  - **RAIM** “не обеспечивается„
  - отрицательный прогноз **RAIM**

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Прогнозы RAIM

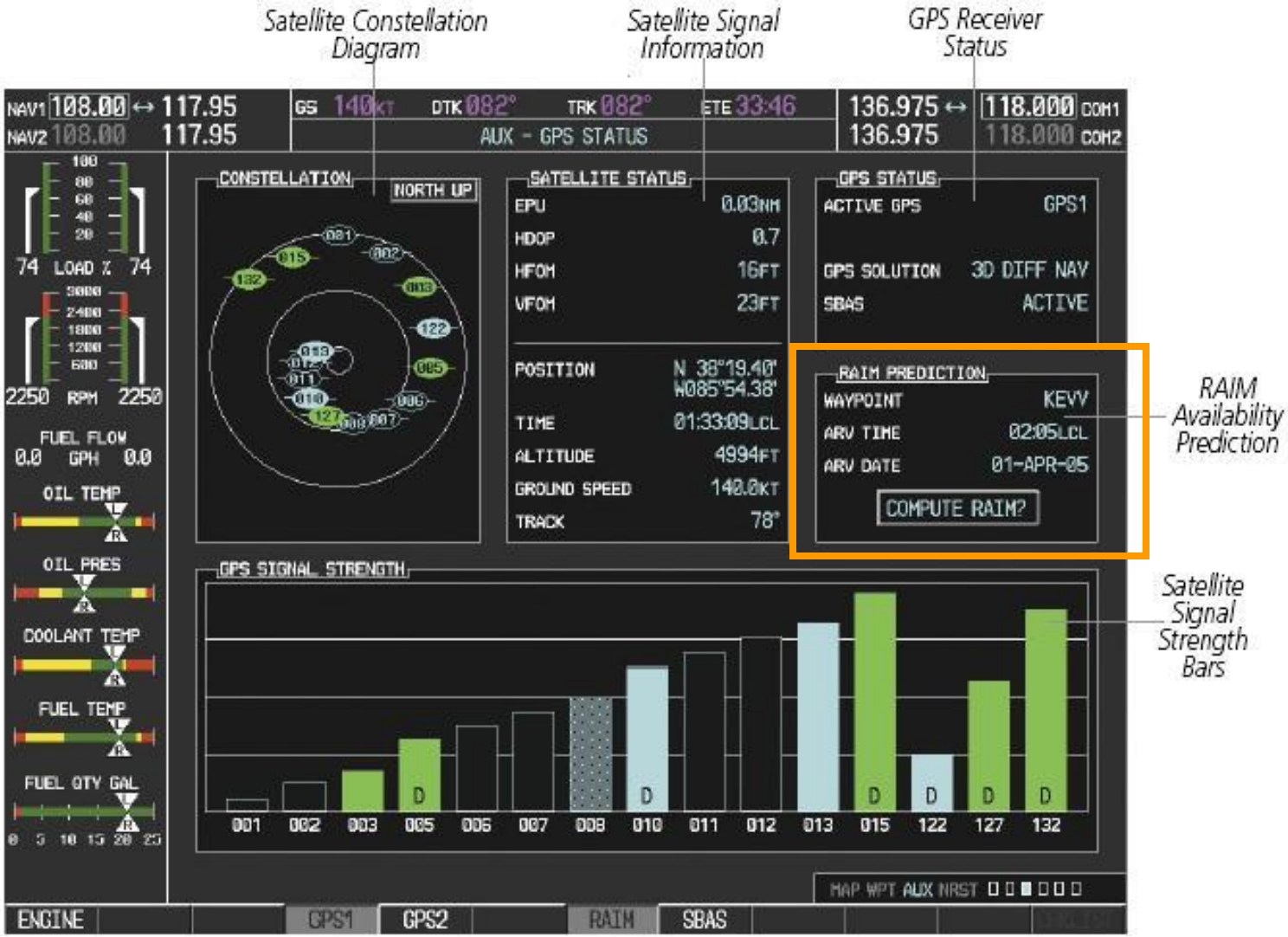


Image reproduced with the permission of Garmin. © Copyright 2006 Garmin Ltd. or its subsidiaries. All Rights Reserved.

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Выявление и локализация неисправностей

FDE

© Diamond Aircraft Industries GmbH

FDE

Fault Detection and Exclusion

Выявление и локализация неисправностей

© Diamond Aircraft Industries GmbH

FDE

- Выявление неисправностей:
  выявляет наличие недопустимо большой погрешности
- Локализация неисправностей:
  исключает из работы источник недопустимо большой погрешности
- **6** спутников необходимы чтобы локализовать неисправный спутник

© Diamond Aircraft Industries GmbH

FDE

- Перед вылетом проверить **FDE**:
- Необходима для полетов над океаном и в отдаленных районах, так как наряду с **GPS** является “единственным средством навигации„
- **G1000**: совмещена с функцией прогнозирования **RAIM**

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Статус GPS (AUX 3)

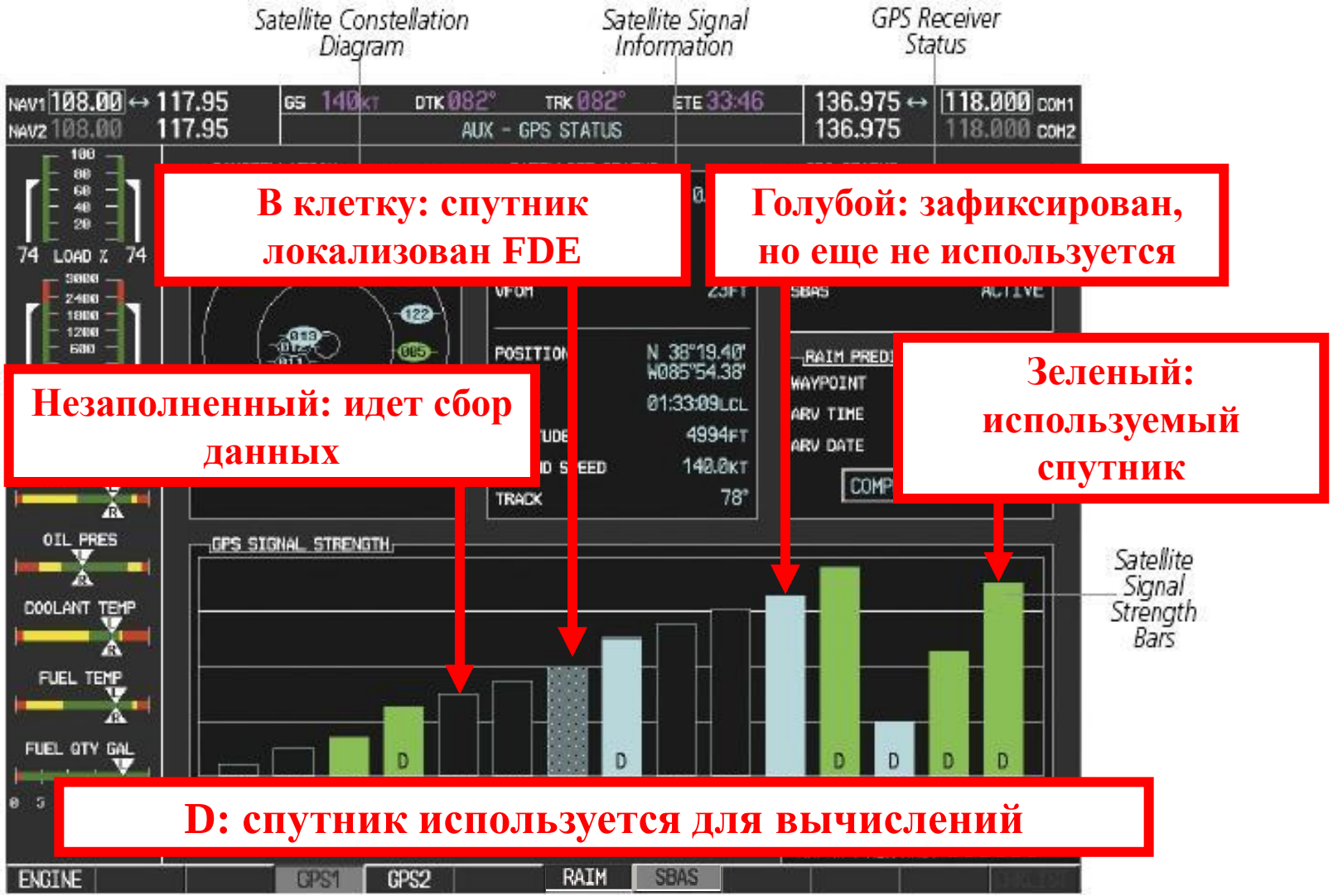


Image reproduced with the permission of Garmin. © Copyright 2006 Garmin Ltd. or its subsidiaries. All Rights Reserved.

© Diamond Aircraft Industries GmbH

Процедуры

Условия эксплуатации

- **ИКАО**: “Систему управления полетом **FMS** /зональную навигацию **RNAV**…можно использовать…при условии:
  - Процедура контролируется с помощью основного индикатора, как правило, связанного с этой процедурой; и
  - Выдерживаются допуски для данного полета с помощью исходных данных на основном индикаторе.„
- Но это не разрешено европейскими требованиями!
  - С **RNAV** можно использовать только “официальные„ процедуры **RNAV** или процедуры “наложения„

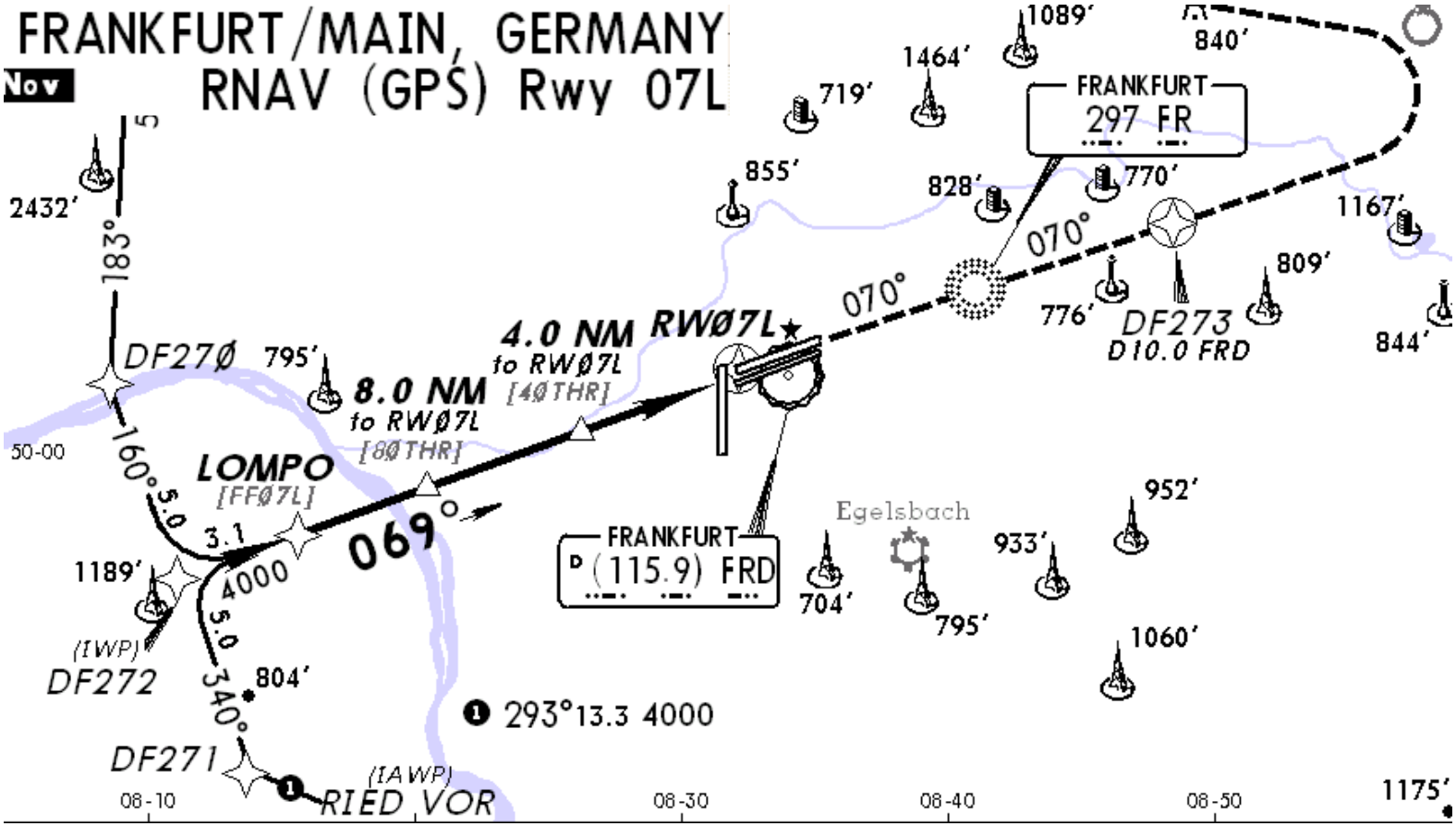
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Типы “Процедур по базе данных„

- Действительны процедуры **RNAV** (напр. **GPS**), с использованием опубликованных точек маршрута
- “официальные„ процедуры наложения (с использованием опубликованных точек маршрута)
- “неофициальные„ процедуры наложения (обычные процедуры, переложенные на “язык базы данных„)

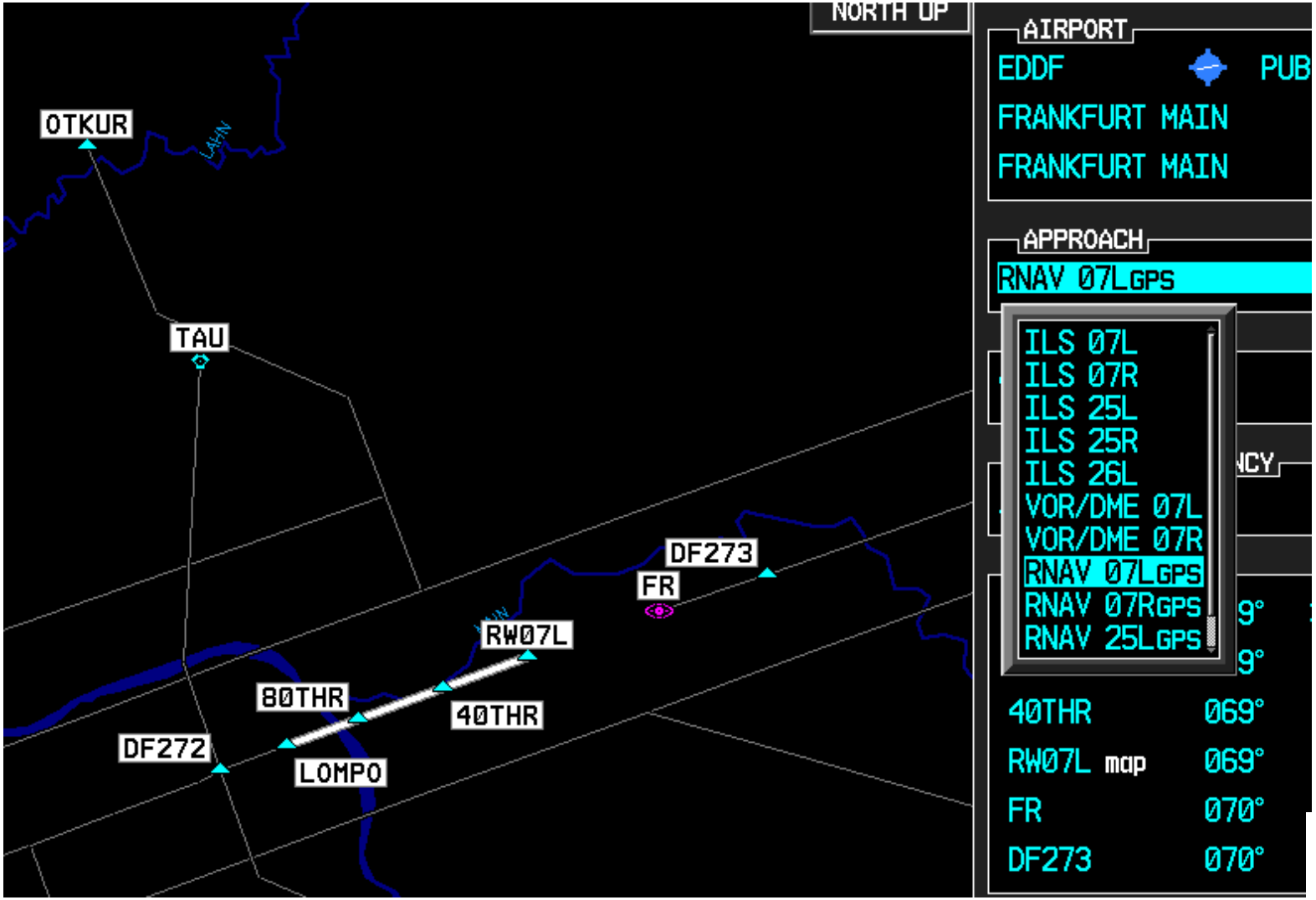
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Настоящий заход RNAV



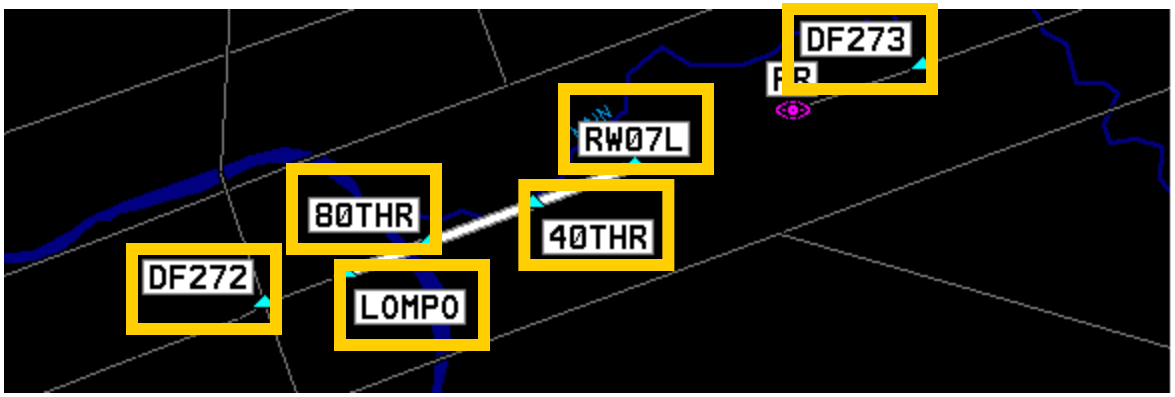
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Настоящий заход RNAV



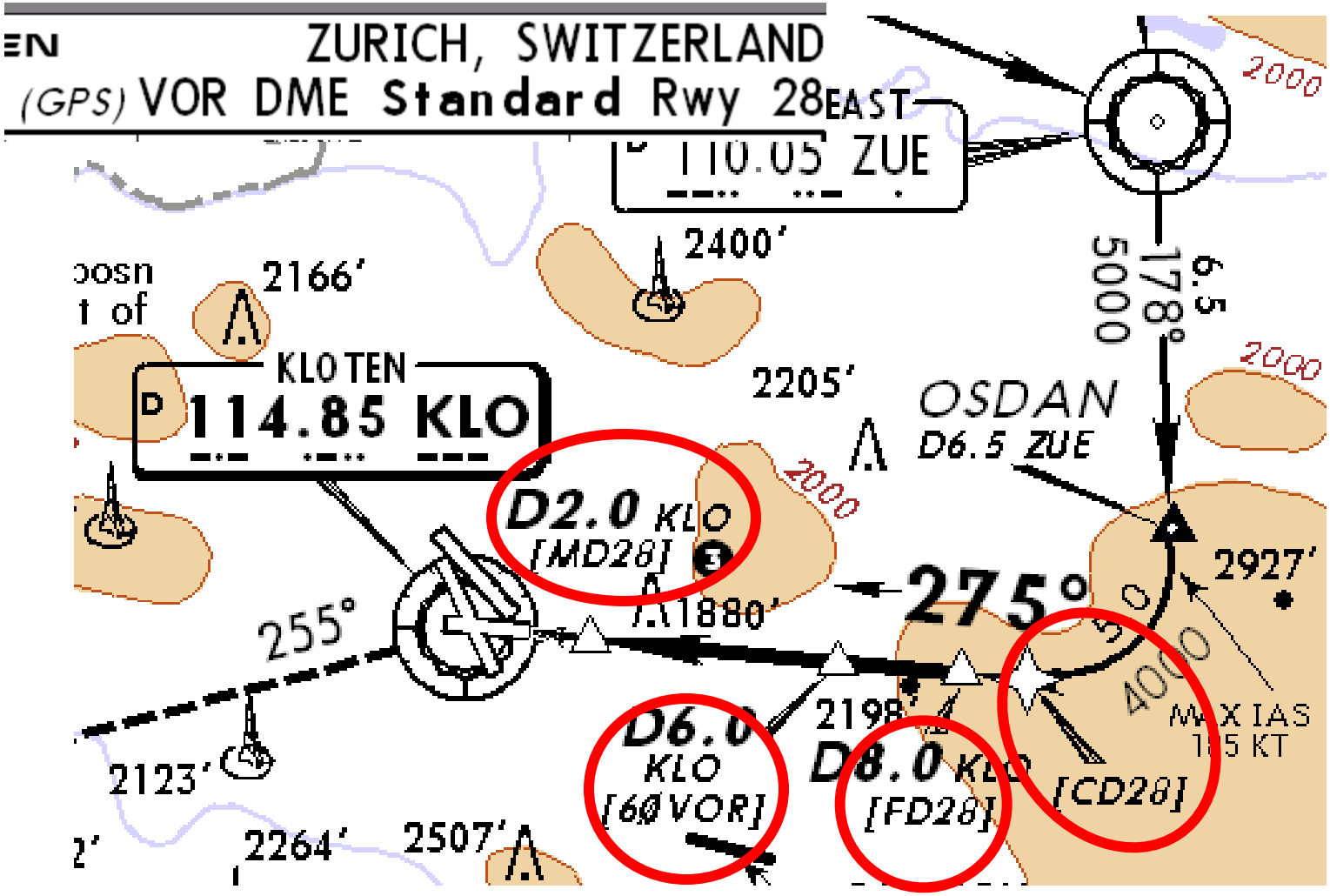
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Настоящий заход RNAV



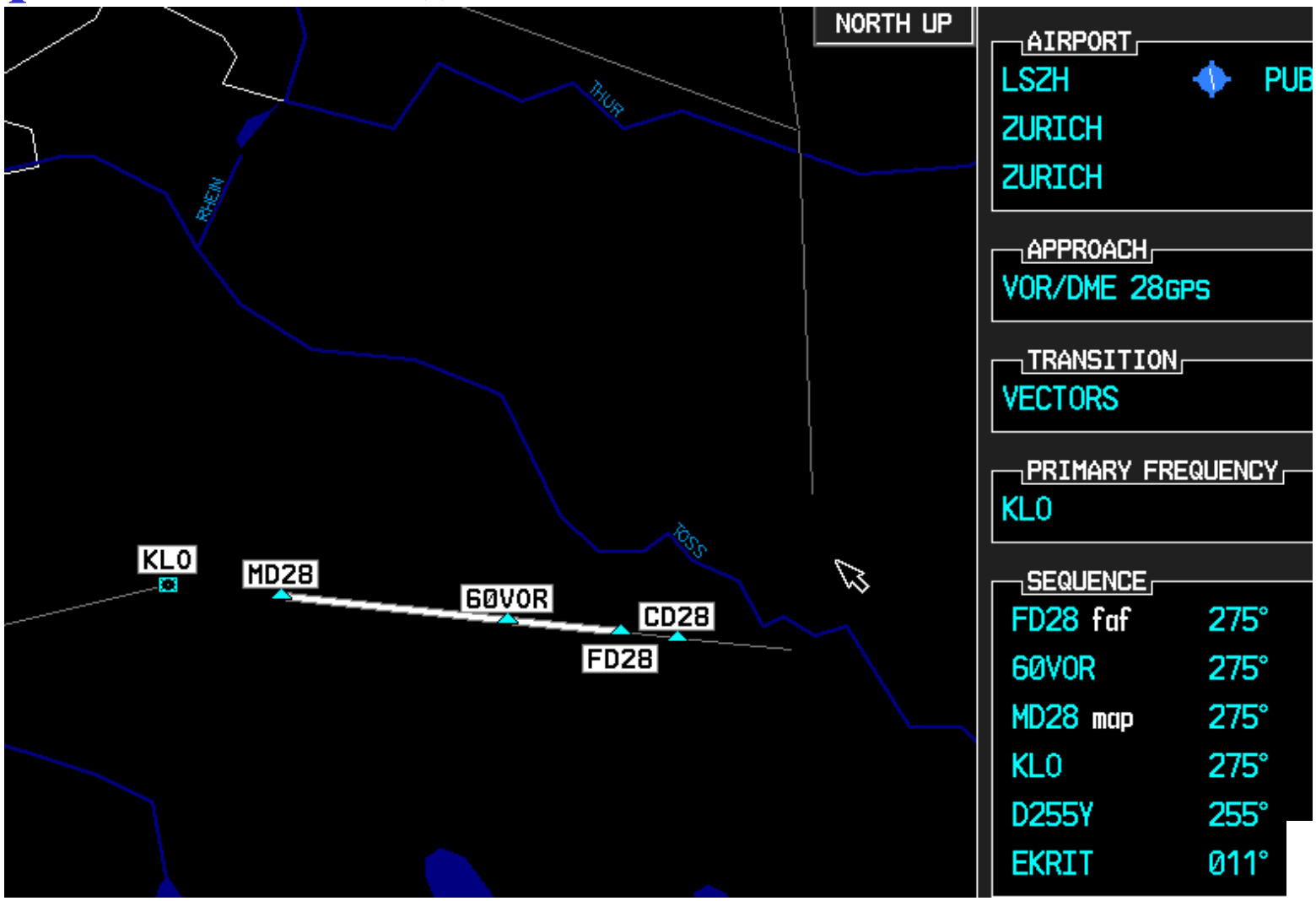
© Diamond Aircraft Industries GmbH

“Официальный„ заход наложением



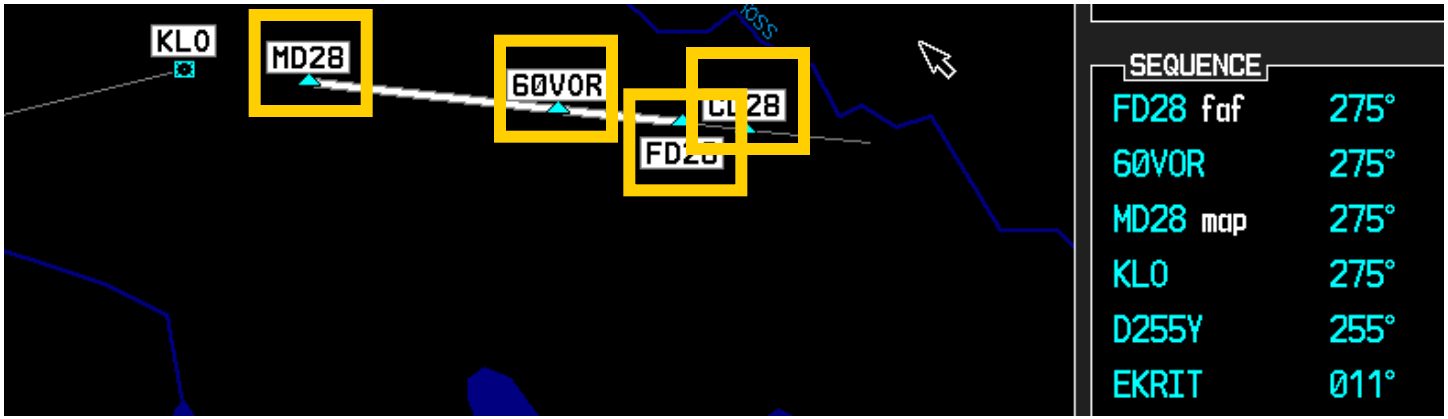
© Diamond Aircraft Industries GmbH

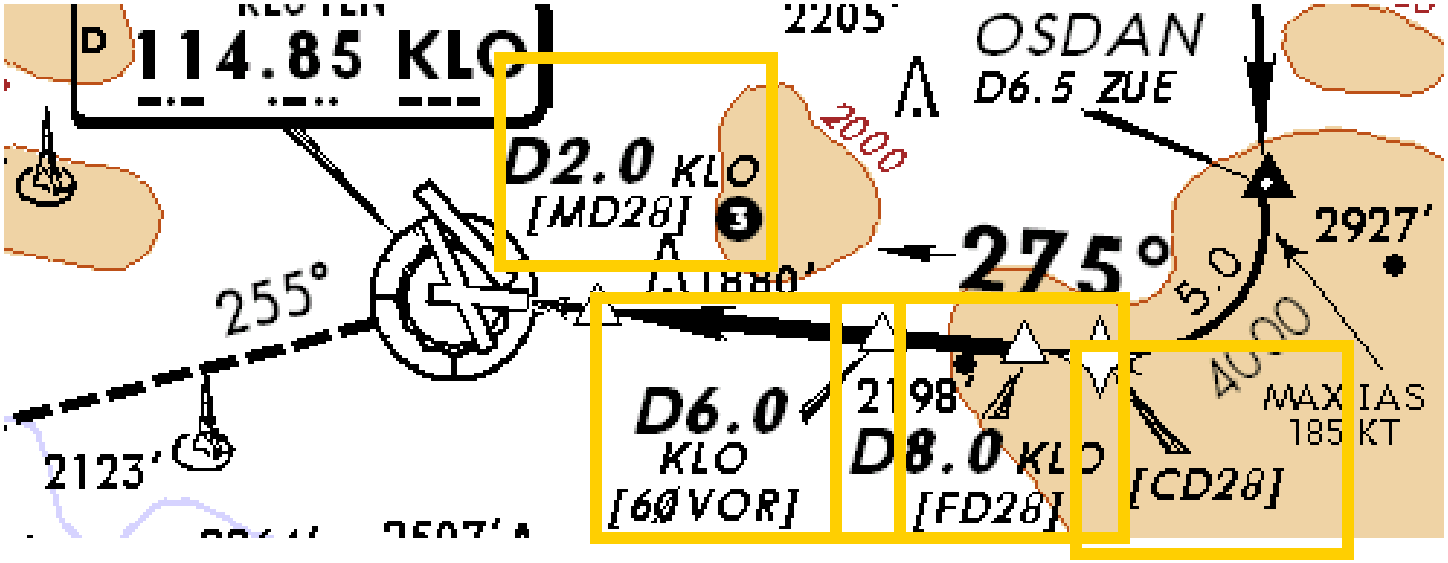
“Официальный„ заход наложением



© Diamond Aircraft Industries GmbH

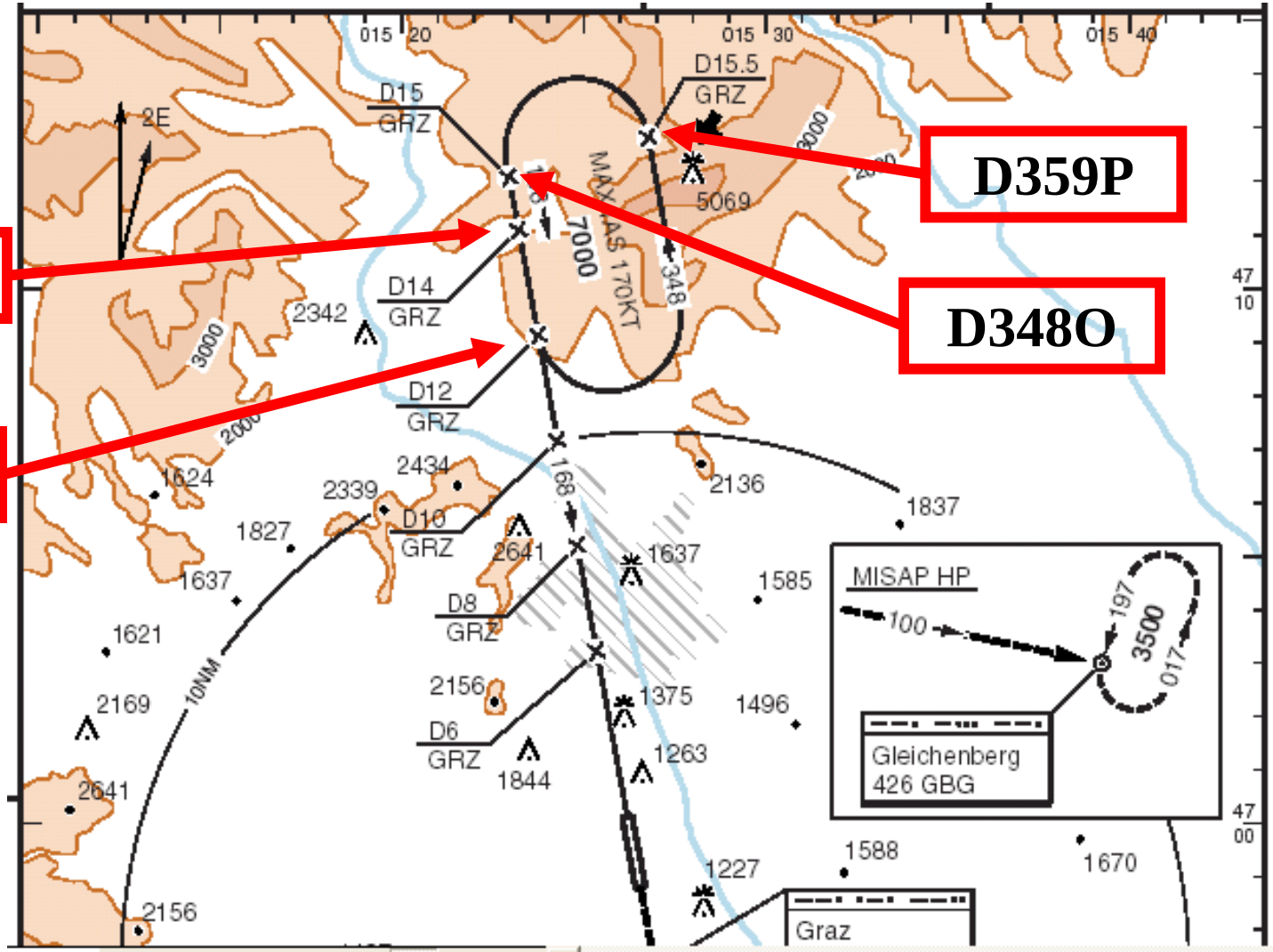
“Официальный„ заход наложением





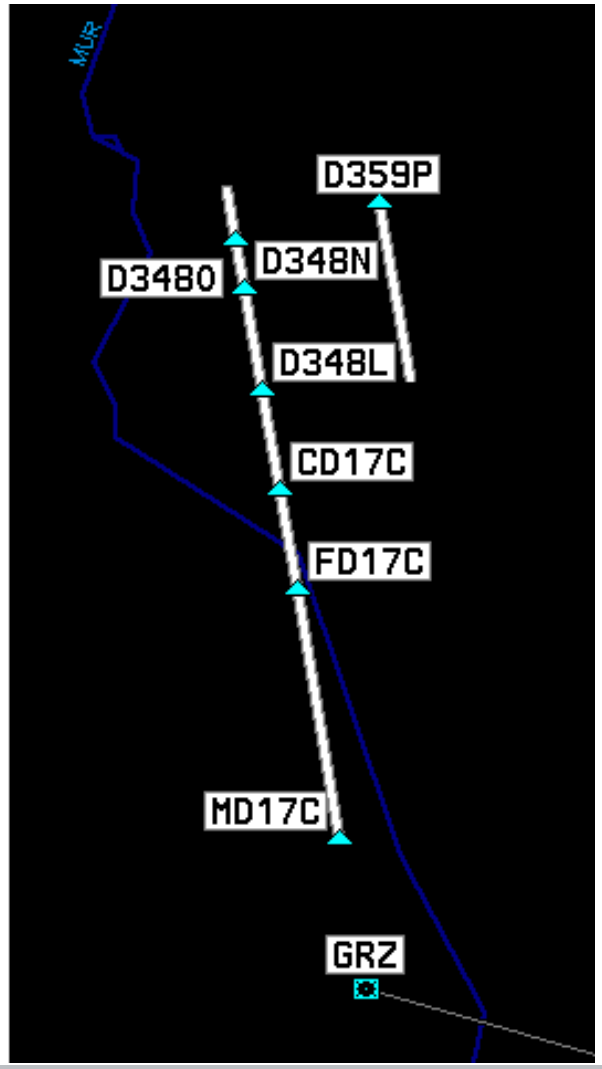
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Обычный / условный заход



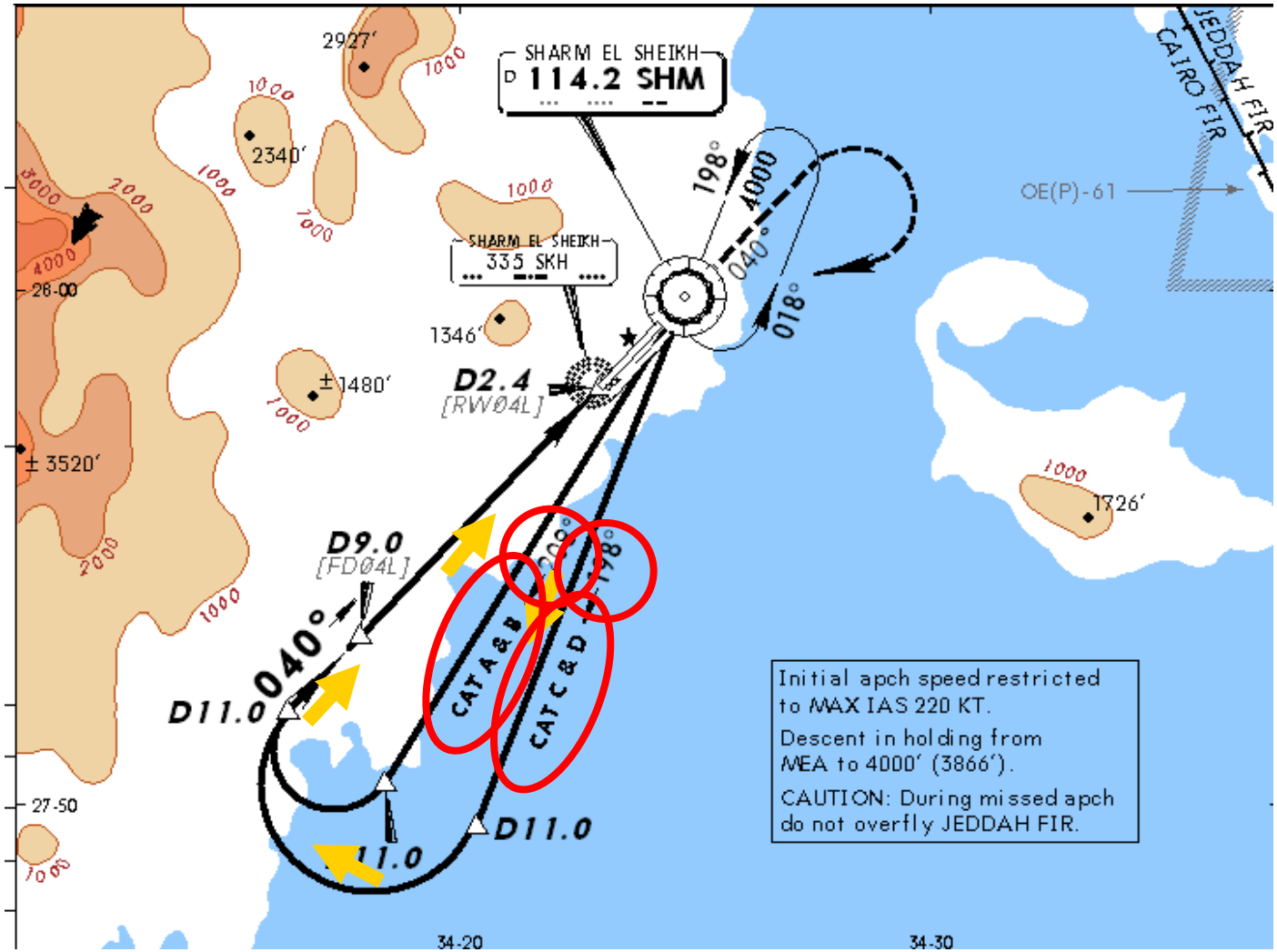
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Обычный / условный заход



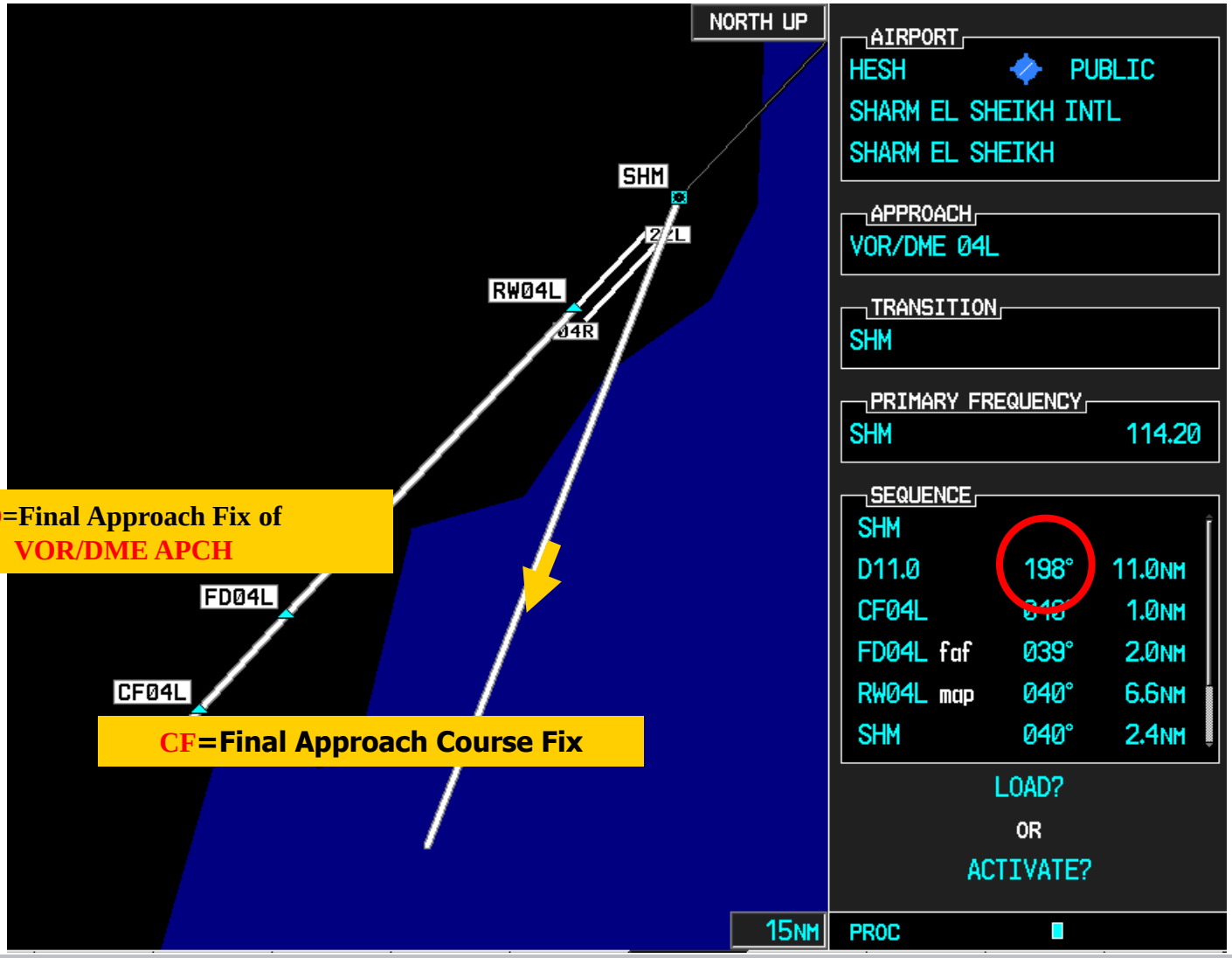
© Diamond Aircraft Industries GmbH

Обычный / условный заход



© Diamond Aircraft Industries GmbH

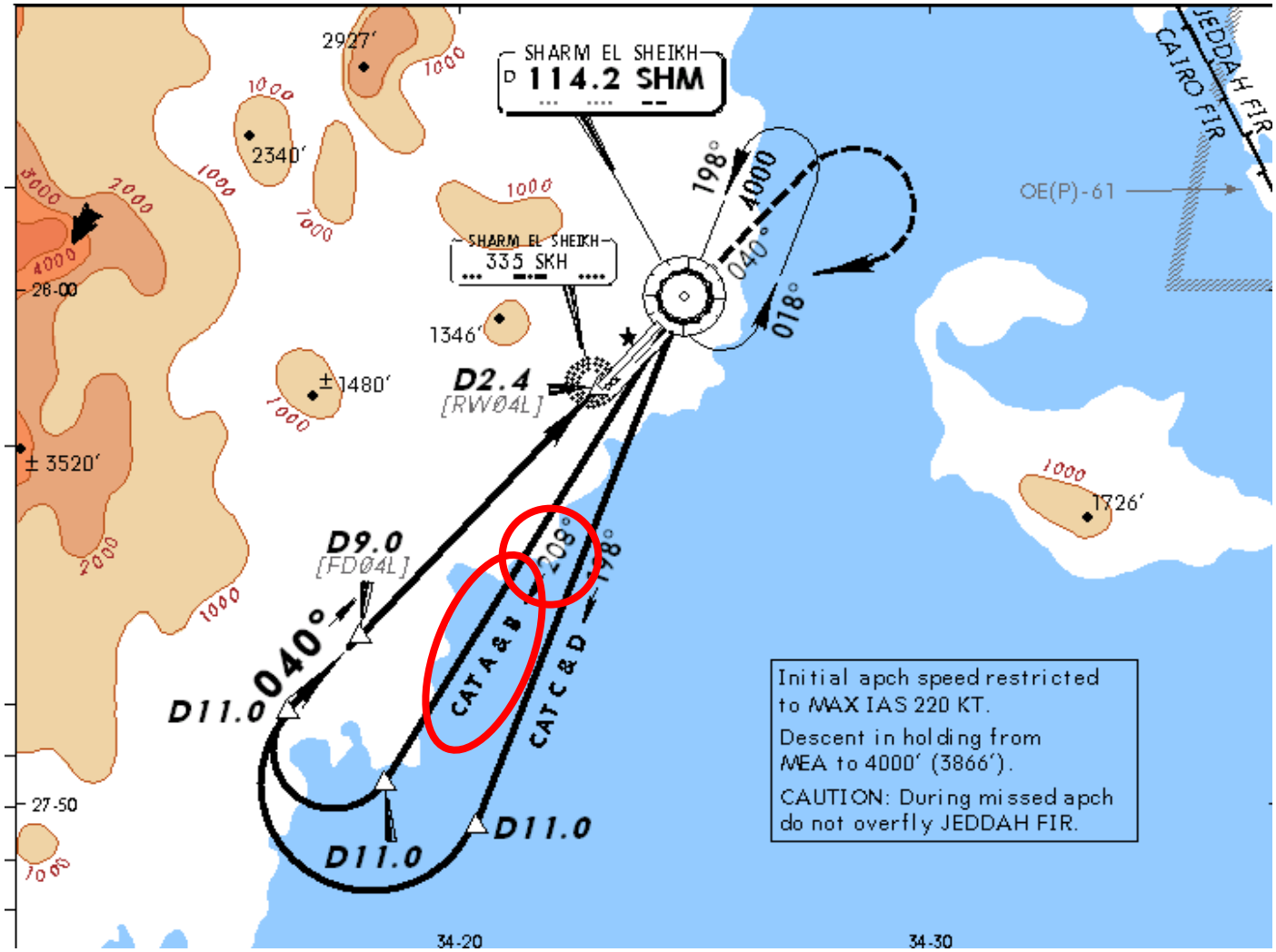
Обычный / условный заход



FD=Final Approach Fix of VOR/DME APCH

CF=Final Approach Course Fix

Обычный / условный заход



© Diamond Aircraft Industries GmbH

Спасибо за внимание!

© Diamond Aircraft Industries GmbH