ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ»
(ГосЦентр безопасности полетов)

Почтовый адрес: 141426, Московская область, Химкинский район, аэропорт Шереметьево, а/я 54
Телефон 578 – 52-88, 578 – 49-51, Факс (495) 737 - 60-94, e-mail root@flysafety.msk.ru
ОКПО 44507562, ОГРН 1037739247039, ИНН/КПП 7712013860/774301001

УДК 629.73.07
№ госрегистрации 01201264787
Инв.№

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ГосЦентра
безопасности полетов
канд. техн. наук
_____ Г.Л. Лившиц
«08» 12 2012г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБОБЩЕНИЕ ПРОИСШЕДШИХ В 2011 ГОДУ ИНЦИДЕНТОВ, СВЯЗАННЫХ С ВЫКАТЫВАНИЕМ САМОЛЕТОВ КОММЕРЧЕСКОЙ АВИАЦИИ ЗА ПРЕДЕЛЫ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ НА ЭТАПЕ ПОСАДКИ. РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ИНСТРУКТОРСКОМУ И ЛЕТНОМУ СОСТАВУ ПО ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ. ВЫПУСК ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПО НАИБОЛЕЕ СЕРЬЁЗНЫМ СОБЫТИЯМ.

(заключительный)

Начальник 102 отдела А.П. Язокас

Руководитель НИР
Начальник сектора 102 отд.
канд. техн. наук Г.Д. Савыков

Москва 2012

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Нач. сектора 102 отд.
канд. техн. наук Г.Д. Савыков (введение, разделы 1, 2, 4.2, 4.3, заключение)

Нач. 102 отд. А.П. Язокас (введение, заключение)

Нач. сектора 102 отд. В.А. Скоркин (разделы 4.1, 4.2.2, приложение А)

Ст. научн. сотр. 102 отд. С.В. Абель (разделы 1, 2.1-2.4)

Ст. научн. сотр. 102 отд. А.А. Штанько (разделы 1, 2, 3, приложение В, визуализация)

Ст. научн. сотр. 102 отд. Л.Г. Махова (раздел 2, приложение В)

Ст. научн. сотр. 102 отд. С.Ю. Махов (разделы 1, 3, визуализация)

Ст. научн. сотр. 102 отд.
канд. техн. наук Е.Г. Униченко (раздел 4.1, 4.2.2, приложение А)

Ст. научн. сотр. 102 отд. В.А. Осипова (приложение А)

Ст. научн. сотр. 102 отд. Л.С. Томашова (приложение А)

Вед. инженер 102 отд. В.П. Макаров (раздел 4.1, 4.2.2, приложения А, Б)

РЕФЕРАТ

Отчет 192 с., 56 рис., 14 табл., 11 источников, 3 прил.

СИСТЕМА «ЭКИПАЖ – ВОЗДУШНОЕ СУДНО - СРЕДА», ИНЦИДЕНТЫ, ДАННЫЕ БОРТОВЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПРИЧИНЫ И ФАКТОРЫ ВЫКАТЫВАНИЙ САМОЛЕТОВ ЗА ПРЕДЕЛЫ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ПОСАДКЕ

Объект исследования - функционирование системы «Экипаж – Воздушное судно – Среда» в особых случаях полета, возникновение которых связано с отказами элементов этой системы.

Цель исследования – выработка новых решений в области обеспечения безопасности полетов, необходимых для предотвращения авиационных происшествий и серьезных инцидентов, связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации за пределы взлетно-посадочной полосы при посадке.

Методы исследований. Обработка данных бортовых регистраторов (расшифровка, устранение сбоев и синхронизация) проведена по специальным программам, разработанным в Государственном Центре безопасности полетов (далее – ГосЦентр) для исследования особых ситуаций и доработанных под перечни регистрируемых параметров воздушных судов типов B-737-800, B-737-400, A-319 и RRJ-95B.

Решение динамических задач, таких как, восстановление нерегистрируемых (или уточнение регистрируемых) бортовыми самописцами параметров движения, а также оценка внешних и внутренних помех, проведено на универсальном моделирующем комплексе ГосЦентра с использованием специально разработанных методов - полного комбинированного метода (ПКМ) и метода оценки возмущений (МВ).

Результаты работы. В результате работы установлены причины и факторы выкатывания воздушных судов за пределы взлетно-посадочной полосы в исследованных особых случаях и разработаны рекомендации, направленные на повышение безопасности полетов.

Для учебно-профилактической работы с летным составом созданы электронные модели самолетов B-737, A-319, RRJ-95B, Ту-204, а также разработаны программы визуализации особых ситуаций на ПЭВМ для данных типов воздушных судов.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 9

ВВЕДЕНИЕ 14

1 Методология исследования системы «экипаж-ВС-среда» при выкатываниях ВС 16

1.1 Полный комбинированный метод 21

1.2 Метод возмущений 25

2 Результаты исследований записей средств объективного контроля и анализ результатов расследований, произошедших в 2011 году инцидентов, связанных с выкатываниями самолетов коммерческой авиации при посадке 34

2.1 Выкатывание ВС ЯК-42Д RA-42439 в а/п Внуково 14.05.2011 35

2.1.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 35

2.1.2 Результаты моделирования особой ситуации 36

2.1.3 Анализ особой ситуации 37

2.1.4 Выводы 39

2.2 Выкатывание ВС А-319 VQ-BAT в а/п Ростов-на-Дону 11.06.2011 44

2.2.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 44

2.2.2 Результаты моделирования особой ситуации 45

2.2.3 Анализ особой ситуации 46

2.2.4 Выводы 47

2.3 Выкатывание ВС В-737-500 VQ-BAD в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011 53

2.3.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 53

2.3.2 Результаты моделирования особой ситуации 54

2.3.3 Анализ особой ситуации 56

2.3.4 Выводы 57

2.4 Выкатывание ВС B-737-800 VP-BPY
в а/п Нижний Новгород 07.12.2011 62

2.4.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 62

2.4.2 Результаты моделирования особой ситуации 63

2.4.3 Анализ развития особой ситуации 68

2.4.4 Выводы 71

2.5 Выкатывание ВС B-737-500
VP-BRK в а/п Архангельск 05.02.2011 77

2.5.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 77

2.5.2 Анализ особой ситуации 78

2.5.3 Выводы 80

2.6 Выкатывание ВС B-737-400 VQ-BAO
в а/п Ростов-на-Дону 12.04.2011 84

2.6.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 84

2.6.2 Анализ особой ситуации 85

2.6.3 Выводы 88

2.7 Выкатывание ВС ЯК-42Д RA-42411
в а/п Ростов-на-Дону 15.05.2011 91

2.7.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 91

2.7.2 Анализ особой ситуации 92

2.7.3 Выводы 93

2.8 Выкатывание ВС Ту-134Б RA-65715
в а/п Мирный 17.05.2011 95

2.8.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 95

2.8.2 Анализ особой ситуации 96

2.8.3 Выводы 97

2.9 Выкатывание ВС ЯК-42Д RA-42550
в а/п Саратов 03.07.2011 101

2.9.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные 101
2.9.2 Анализ особой ситуации 102
2.9.3 Выводы 103
3 Визуализация типовых случаев выкатываний ВС 106
3.1 Продольное выкатывание ВС ЯК-42 RA-42418 в а/п Внуково 20.11.2008 107
3.2 Продольное выкатывание ВС ТУ-204 RA-64018 в а/п Внуково 30.11.2007 110
3.3 Боковое выкатывание ВС B-737-400 VP-BCS в а/п Ростов-на-Дону 30.01.2010 113
3.4Боковое выкатывание ВС RRJ-95B RA-89001 в а/п Казань 6.05.2012 116
3.5 Выкатывание при сруливании с ИВПП ВС B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.2011 121
3.6 Выкатывание при сруливании с ИВПП ВС ИЛ-96-300 RA-96007 в а/п Шереметьево 16.02.2012 124
4 Обобщение результатов исследований и расследований инцидентов, происшедших в 2007–2011 гг., связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации за пределы взлетно-посадочной полосы на этапе посадки. Разработка дополнительных рекомендаций инструкторскому и летному составу по их предотвращению 127
4.1 Статистический анализ выкатываний при посадке ВС 1 и 2 классов коммерческой авиации за пятилетний период (2007-2011 гг.) 127

4.2 Исследование записей средств объективного контроля и анализ результатов расследований инцидентов, происшедших в 2010-2011 гг., связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации при посадке 133
4.2.1 Исследование записей средств объективного контроля 133
4.2.2 Анализ результатов расследований инцидентов, происшедших в 2010–2011 гг. связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации при посадке 133
4.3 Факторный анализ выкатываний ВС коммерческой авиации, происшедших в 2011 г. 136
4.4 Рекомендации инструкторскому и летному составу по предотвращению выкатываний 141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 143
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 144
ПРИЛОЖЕНИЕ А Статистические данные по выкатываниям на посадке ВС 1 и 2 классов за период с 2007 г. по 2011 г. 146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Метод предотвращения в предстоящем полете выкатывания самолета за пределы ВПП при посадке 180
ПРИЛОЖЕНИЕ В Данные бортовых регистраторов ВС Як-42Д Ra-43439, B-737-500 VQ-BAD, A-319 VQ-BAT и B-737-800 VP-BPY 186

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВС - воздушное судно

КВС - командир воздушного судна

МВ - метод возмущений

ПКМ - полный комбинированный метод

РЛЭ - руководство по летной эксплуатации

ТУ - технические условия

РУД - рычаг управления двигателем

АТИС - служба автоматической передачи информации

КВД - контур высокого давления

ИВПП, ВПП - взлетно-посадочная полоса

БПРМ - ближний приводной радиомаяк

РСЗ - равносигнальная зона

НЗП - нормируемая зона приземления

РЗП - рекомендуемая зона приземления

ССК - связанная система координат

ЗСК - земная система координат

Аналоговые параметры бортовых регистраторов

ALF - Угол атаки истинный [°]

Dрв, rv - Отклонение руля высоты [°]

Dрвл, бвЛ - Отклонение левой секции руля высоты [°]

Dрвп - Отклонение правой секции руля высоты [°]

Dрн, брн, бн, rn - Положение руля направления [°]

Dинт - Положение интерцепторов [°]

Dэл - Положение элеронов [°]

бэЛ - Положение левой секции элеронов [°]

бзЛ - Положение левой секции закрылков [°]

Dтщ - Положение тормозных щитков [°]

ВТл - Положение воздушного тормоза левого [°]

Xsbp - Положение воздушного тормоза [°]

Fст, Fiст, st	- Положение стабилизатора [°]
GAM	- Угол крена [°]
Dз, z	- Положение закрылков [°]
Vx	- Путевая скорость [км/час, kts]
Vи	- Скорость индикаторная [kts]
Нг, hg	- Высота геометрическая [м]
Нб	- Высота барометрическая [м]
Xср1	- Отклонение баранки штурвала [°]
Nx, nx	- Продольная перегрузка [g]
Ny, ny	- Вертикальная перегрузка [g]
Nz, nz	- Боковая перегрузка [g]
Nвд1,Nквд1,N2a1	- Обороты КВД двигателя №1 [%]
Nвд2,Nквд2, N2a2	- Обороты КВД двигателя №2 [%]
Nвд3	- Обороты КВД двигателя №3 [%]
Nвд4	- Обороты КВД двигателя №4 [%]
Xн	- Положение педали [мм]
РУпнЛ	- Положение рукоятки управления передней ногой шасси левого пилота [°]
РУпнП	- Положение рукоятки управления передней ногой шасси правого пилота [°]
PSI, PSIм, kr	- Курс магнитный [°]
TET, kk, tg	- Угол тангажа [°]
Vпр	- Приборная скорость [км/ч]
РторЛ	- Давление в левых тормозах [psi]
РторП	- Давление в правых тормозах [psi]
Ек	- Отклонение от РСЗ по курсу [мкА]
Ег	- Отклонение от РСЗ по глиссаде [мкА]
РУД1, ra	- Положение РУД 1 [°]
РУД2, rb	- Положение РУД 2 [°]
РУД3, rc	- Положение РУД 3 [°]

РУД4 - Положение РУД 4 [°]

Rдв1 - Тяга двигателя №1 [кГ]

Rдв2 - Тяга двигателя №2 [кГ]

Rдв3 - Тяга двигателя №3 [кГ]

Rсум - Тяга двигателей суммарная [кГ]

Рппш - Давление в тормозах передней пары колес правой стойки (основные тормоза) [кГ/см^2]

Рзпш - Давление в тормозах задней пары колес правой стойки (основные тормоза) [кГ/см^2]

Рплш - Давление в тормозах передней пары колес левой стойки (основные тормоза) [кГ/см^2]

Рзлш - Давление в тормозах задней пары колес левой стойки (основные тормоза) [кГ/см^2]

Хптпл - Перемещение правой тормозной педали левого летчика [мм]

Хптлл - Перемещение левой тормозной педали левого летчика [мм]

Хптпп - Перемещение правой тормозной педали правого летчика [мм]

Хптлп - Перемещение левой тормозной педали правого летчика [мм]

Разовые команды бортовых регистраторов

НеГот - К взлету/посадке не готов

САУКв - Включен САУ по крену

БПРМ, БПРМ1 - Сигнал пролета БПРМ

Спойл, Спой - Спойлеры выпущены

АОВТл - Агрегат отключения ВТ левого включён

Шлобж - Левая основная стойка шасси обжата

ШПобж - Правая основная стойка шасси обжата

ОСШоб	- Основная стойка шасси обжата
ШНобж,НСШоб	- Носовая стойка шасси обжата
ВнРс, ВнР/С	- Выход на внешнюю радиосвязь
ТрмП	- Тормоза передние включены
ТрмС	- Тормоза средние включены
ТрмЗ	- Тормоза задние включены
АТорм	- Автоматическое торможение
Кт12	- Наличие давления в тормозах колес 1 и 2
Кт34	- Наличие давления в тормозах колес 3 и 4
Кт56	- Наличие давления в тормозах колес 5 и 6
ЗмВз	- ВС на земле
РевЛО	- Створки реверса открыты
РевЛЗ	- Створки реверса закрыты
АвтСп	- Спойлеры в режиме автомат
НеиСп	- Спойлеры не исправны
ABrk	- Реверс двигателей №1 и №2 включен
ДемРН	- Демпфер руля направления включен
А/Твк	- Автомат тяги включен

Расчетные параметры

Vy	-	Вертикальная скорость [м/с]
H	-	Высота полета [м]
Нпш	-	Высота полета по шасси [м]
L	-	Удаление от входного порога ВПП [м]
Z	-	Боковое уклонение от оси ВПП [м]
Rср	-	Тяга средняя [кГ]
Нгл	-	Высота глиссады [м]
Нглш	-	Высота глиссады по шасси [м]
Vпр	-	Приборная скорость [км/час]
бНрр	-	Расчетное превышение рельефа местности [м]

бНрф	-	Фактическое превышение рельефа местности [м]
Vпут	-	Путевая скорость [км/час]
Viз	-	Скорость индикаторная земная
Dycy	-	Угол скольжения на воздушном участке/ Угол увода основных колес шасси при движении по земле [°]
Wx	-	Продольная составляющая скорости ветра [м/с]
Wz	-	Боковая составляющая скорости ветра [м/с]
U	-	Скорость ветра [м/с]
Dw	-	Метеорологическое направление ветра [°]
PSIт	-	Направление движения центра масс ВС [°]
Fztp	-	Коэффициент бокового трения
Fxtp	-	Коэффициент продольного трения
Fxi	-	Продольная возмущающая сила [кг]
Zвоз	-	Боковая возмущающая сила [кг]

ВВЕДЕНИЕ

В 2011 году произошло 9 инцидентов ВС 1-го и 2-го класса, связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации за пределы ВПП при посадке. Выкатывания самолетов за пределы ВПП оказывают существенное влияние на безопасность полетов, так как сопровождаются большим риском повреждений конструкции самолета при его движении на большой скорости по части летного поля, не имеющей искусственного покрытия. Например, в 2010 году выкатывание самолета Boeing-737 VQ-BAC за пределы ВПП при посадке в аэропорту Внуково привело к авиационному происшествию.

По оценкам большинства различных организаций, занимающихся вопросами обеспечения безопасности полетов гражданской авиации, проблема выкатывания за пределы ВПП при взлете и посадке занимает, по частоте проявления, третье место после случаев потери управляемости в полете и столкновения с землей в управляемом полете.

В Российской Федерации изучение проблем, приводящих к выкатыванию самолетов при посадке, с обобщением и изучением факторов их обусловивших, в течение последних 10 лет не проводилось. С учетом изменившейся за этот период структуры парка воздушных судов (с существенным увеличением доли ВС иностранного производства) и правил выполнения полетов имеется необходимость дополнительного исследования проблем предотвращения выкатываний и подготовки рекомендаций летному составу.

В настоящем отчете представлены результаты детальных исследований по данным бортовых регистраторов 4-х случаев выкатываний самолетов 2-го класса, произошедших в 2011 году, а также приведены результаты анализа по материалам комиссий по расследованию остальных пяти случаев выкатываний, по которым исходные данные бортовых регистраторов в формате, необходимом для исследования, у ГосЦентра отсутствуют.

На основании обобщенного анализа выкатываний ВС, происшедших в 2011 году, выявлены определяющие факторы инцидентов и разработаны рекомендации летному и инструкторскому составу по их предотвращению. Для учебно-профилактической работы с летным составом созданы программы визуализации характерных инцидентов, причина которых связана с выкатыванием.

1 Методология исследования системы «экипаж-ВС-среда» при выкатываниях ВС

Структурно в операторном виде систему «экипаж-ВС-среда» можно представить в следующем виде

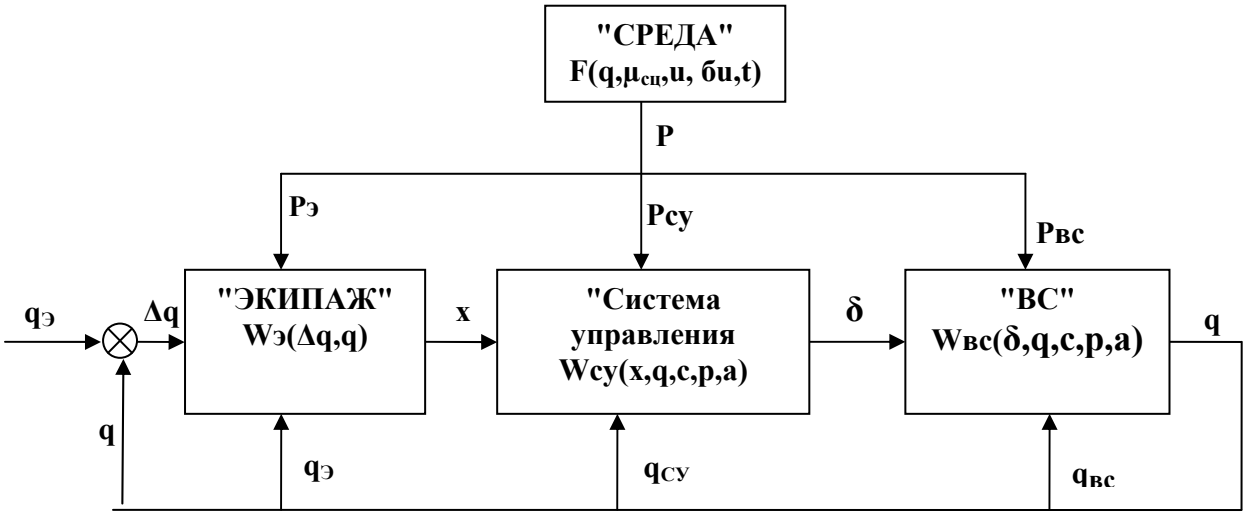


Рисунок 1.

где:

X - отклонения рычагов управления экипажем (штурвала, педалей и т.п.);

$\mu_{сц}$ - коэффициент сцепления на ВПП;

δ - отклонения управляющих органов (рулей, механизации и т.п.);

q - переменные движения ВС (углы и угловые ускорения, координаты, углы крена, курса и тангажа, углы увода шасси и т.п.);

P - переменные внешних и внутренних помех (составляющие скорости ветра, неуправляемые отклонения рулей и т.п.).

C - параметры воздушного судна и систем управления (коэффициентов сил и моментов, передаточные числа СУ и т.п.);

a - параметры внутренних помех (отличие параметра C конкретного ВС от параметров ВС-типа вследствие отказов, изменений в экслуатации и т.п.;

W - передаточные функции, характеризующие статические и динамические свойства объекта;

F - функции состояния среды (зависит от координат и времени);

Индексы:

"э" - относится к экипажу;

"СУ" - относится к системам управления;

"ВС" - относится собственно к воздушному судну;

"З" - заданные (рекомендуемые) значения переменных движения.

U, бU - скорость и направление ветра в ЗСК

Для анализа функционирования данной системы необходимо знать не только переменные входа и выхода всех звеньев (координаты, скорости, ускорения т.п.), но также структуру и параметры операторов этой системы (аэродинамические характеристики ВС, коэффициенты передаточных функций и т.п.). В виду очень большого объема и сложности замера, даже самые современные бортовые самописцы, не в полном объеме и с не достаточной точностью регистрируют необходимую для анализа информацию по переменным движения и параметрам системы. Однако, учитывая взаимосвязи переменных и параметров (например, через уравнения движения или кинематические соотношения), во многих случаях можно восстановить неизвестные переменные (или их уточнить), а также, при известной структуре операторов, оценить параметры этих операторов.

Для решения данных задач разработаны специальные методы, в основе которых лежит решение дифференциальных уравнений, описывающих линейное и вращательное движения самолета. При этом наиболее рационально использовать дифференциальные уравнения движения в связанной системе координат. Это обусловлено тем, что известные переменные движения и управления, которые могут быть использованы при решении этих уравнений, регистрируются самописцами в связанной системе, что позволяет исключить трудоемкий и вносящий дополнительные ошибки этап их преобразования, например, в скоростную систему координат.

Полные уравнения движения центра масс ВС и его углового движения относительно центра масс можно упростить, вводя следующие допущения, практически не влияющие на точность решения:

- пренебрежем инерциальностью земной системы отсчета (влиянием вращения земли);
- самолет рассматривается как тело, имеющее шесть степеней свободы, нежесткость которого учитывается только статической аэроупругостью его корпуса;
- влияние перекрестных инерциальных связей учитывается только одним моментом инерции *Jxy,* так как *Jzy, Jzx* пренебрежимо малы.

При этих допущениях система дифференциальных уравнений движения ВС принимает следующий вид:

$$\dot{V}_x + (V_z\omega_y - V_y\omega_z) = g(n_x - \sin\vartheta) \quad (1)$$

$$\dot{V}_y + (V_x\omega_z - V_z\omega_x) = g(n_y - \cos\vartheta\cdot\cos\gamma) \quad (2)$$

$$\dot{V}_z + (V_y\omega_x - V_x\omega_y) = g(n_z - \cos\vartheta\cdot\sin\gamma) \quad (3)$$

$$V_{x_g} = V_x\cdot c_{11} + V_y\cdot c_{12} + V_z\cdot c_{13} \quad (4)$$

$$V_{y_g} = V_x\cdot c_{21} + V_y\cdot c_{22} + V_z\cdot c_{23} \quad (5)$$

$$V_{z_g} = V_x\cdot c_{31} + V_y\cdot c_{32} + V_z\cdot c_{33} \quad (6)$$

$$\dot{\omega}_x + \frac{J_z - J_y}{J_x}\omega_y\omega_z - \frac{J_{xy}}{J_x}(\dot{\omega}_y + \omega_x\omega_z) = \frac{M_x}{J_x} \quad (7)$$

$$\dot{\omega}_y + \frac{J_x - J_z}{J_y}\omega_x\omega_z - \frac{J_{xy}}{J_y}(\dot{\omega}_x + \omega_y\omega_z) = \frac{M_y}{J_y} \quad (8)$$

$$\dot{\omega}_z + \frac{J_y - J_x}{J_z}\omega_x\omega_y - \frac{J_{xy}}{J_z}(\omega_x^2 - \omega_y^2) = \frac{M_z}{J_z} \quad (9)$$

$$\dot{\psi} = \omega_x\cdot b_{11} + \omega_y\cdot b_{12} + \omega_z\cdot b_{13} \quad (10)$$

$$\dot{\vartheta} = \omega_x\cdot b_{21} + \omega_y\cdot b_{22} + \omega_z\cdot b_{23} \quad (11)$$

$$\dot{\gamma} = \omega_x\cdot b_{31} + \omega_y\cdot b_{32} + \omega_z\cdot b_{33} \quad (12)$$

В уравнения (1) – (12) приняты следующие обозначения:

V_x, V_y, V_z – составляющие вектора скорости ВС в ССК;

V_{xg}, V_{yg}, V_{zg} – составляющие вектора скорости ВС в ЗСК;

n_x, n_y, n_z – составляющие вектора перегрузки ВС в ССК;

ω_x, ω_y, ω_z – составляющие вектора угловой скорости ВС в ССК;

ψ, ϑ, γ - углы Эйлера (курс, тангаж, крен);

M_x, M_y, M_z – составляющие вектора момента, действующего на ВС в ССК;

J_x, J_y, J_z - главные моменты инерции ВС в ССК;

J_{xy} - перекрестный момент инерции ВС в ССК;

g - ускорение земного притяжения.

Для решения дифференциальных уравнений систему (1) - (12) необходимо дополнить следующими соотношениями:

$$V_X = (V_{пр} + \delta V_a) \cdot \frac{1}{\sqrt{\Delta}} - W_x; \qquad (13)$$

$$\alpha = -\text{arctg}\left(\frac{V_y + W_y}{V_x + W_x}\right) \qquad (14)$$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{V_z + W_z}{(V_x + W_x)^2 + (V_y + W_y)^2 + (V_z + W_x)^2}\right) \qquad (15)$$

где:

W_x, W_y, W_z – составляющие вектора скорости ветра ВС в ССК;

$V_{пр}$ - приборная скорость ВС;

бVa – аэродинамическая поправка к приборной скорости;

α, β – углы атаки и скольжения;

Δ - поправка на сжимаемость воздуха.

$$\begin{Vmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} A4 \cdot A6 & A3 \cdot A1 - A5 \cdot A4 \cdot A2 & A3 \cdot A2 + A5 \cdot A4 \cdot A1 \\ A5 & A2 \cdot A6 & -A6 \cdot A1 \\ -A3 \cdot A6 & A4 \cdot A1 + A5 \cdot A3 \cdot A2 & A4 \cdot A2 - A5 \cdot A3 \cdot A1 \end{Vmatrix} \qquad (16)$$

$$\begin{Vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} 0 & \frac{A2}{A6} & \frac{A1}{A6} \\ 0 & A1 & A2 \\ 1 & \frac{-A5 \cdot A2}{A6} & \frac{A5 \cdot A1}{A6} \end{Vmatrix} \qquad (17)$$

где:

A1=sin γ; A2=cos γ; A3=sin ψ; A4= cos ψ; A5=sin ϑ; A6= cos ϑ. (18)

Составляющие перегрузок связаны с силами соотношениями:

$$n_z=F_z/mg,\quad n_x=F_x/mg \text{ и } n_y=F_y/mg. \qquad (19)$$

где:

F_x, F_y, F_z – составляющие вектора силы, действующего на ВС в ССК;

m – масса ВС.

Активные силы (F) и моменты (M), действующие на воздушное судно, представляют собой сумму составляющих: аэродинамических (F^A,M^A), тяговых ($F^{ДВ}$, $M^{ДВ}$), возмущающих (F^B, M^B), а также от шасси ($F^Ш$, $M^Ш$).

$$\begin{aligned} F_x &= F^A{}_x + F^{ДВ}{}_x + F^{Ш}{}_x + F^B{}_x; \\ F_y &= F^A{}_y + F^{ДВ}{}_y + F^{Ш}{}_y + F^B{}_y; \\ F_z &= F^A{}_z + F^{ДВ}{}_z + F^{Ш}{}_z + F^B{}_z. \end{aligned} \qquad (20)$$

$$\begin{aligned} M_x &= M^A{}_x + M^{ДВ}{}_x + M^{Ш}{}_x + M^B{}_x; \\ M_y &= M^A{}_y + M^{ДВ}{}_y + M^{Ш}{}_y + M^B{}_y; \\ M_z &= M^A{}_z + M^{ДВ}{}_z + M^{Ш}{}_z + M^B{}_z. \end{aligned} \qquad (21)$$

При исследовании выкатываний ВС за пределы летного поля с использованием данных бортовых регистраторов в основном возникают две задачи.

Во-первых – задача восстановления нерегистрируемых самописцами переменных движения и внешних помех (или уточнение переменных движения регистрируемых самописцами, но с неудовлетворительной для анализа точностью). К основным переменным, которые должны быть известны для анализа особой ситуации при выкатываниях, можно отнести координаты ВС, три составляющих его скорости в ЗСК, скорость и направление ветра на этапах захода на посадку, выравнивании, приземлении и пробеге, а также углы увода шасси на пробеге. Для решения данной задачи используется специально разработанный для этих целей полный

комбинированный метод (ПКМ).

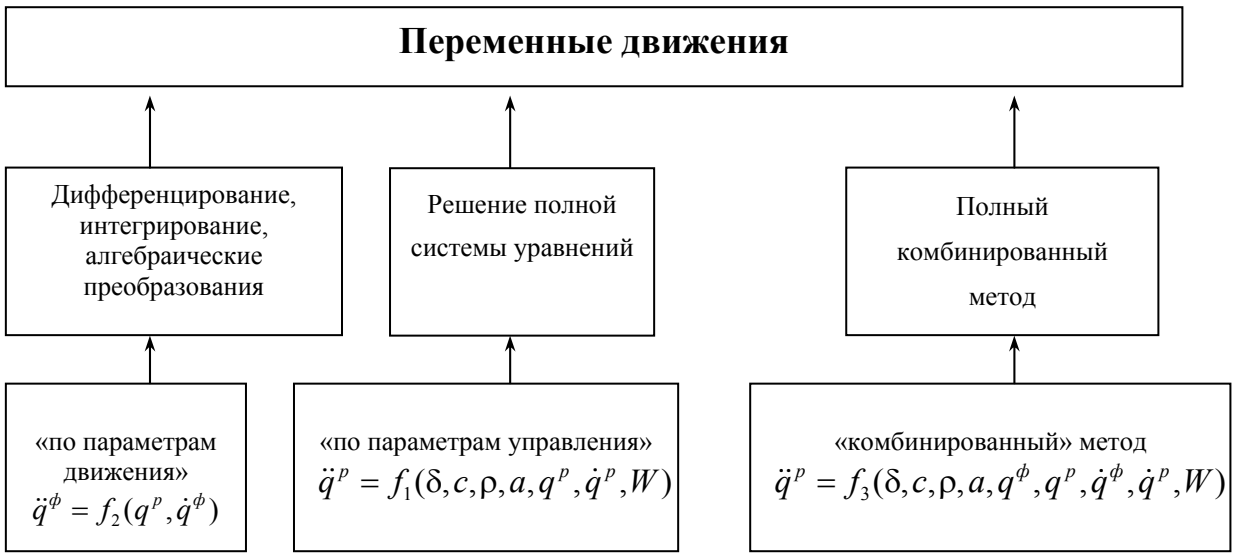
Во-вторых - задача оценки летных характеристик ВС (путевой устойчивости и управляемости и т.п.) и состояния ВПП по коэффициенту сцепления. Для решения данной задачи используется также специально разработанный для этих целей метод «возмущений» (МВ).

Рассмотрим кратко сущность данных методов (подробное описание данных методов, алгоритмы и программы их реализации в рамках интерактивного моделирующего комплекса (ИМК) изложены в [1] и [2]).

1.1 **Полный комбинированный метод**

Все методические подходы восстановления переменных движения основаны на решении прямой задачи динамики полета. Прямая задача динамики полета (по классическому определению - найти "выход" динамической системы при известном "входе", операторе системы и помехах) в приложении к целям исследования особых ситуаций несколько видоизменяются (расширяется), т.к. всегда на практике неизвестны помехи (внешние и внутренние возмущения). Остановимся кратко на сущности методологии восстановления переменных возмущенного движения.

В принципе возможны три методических подхода при восстановлении переменных движения нерегистрируемых бортовыми самописцами (см. рисунок 2). При этом можно выделить два крайних подхода: классический метод решения прямой задачи динамики полета - интегрирование уравнений движения, когда правые части уравнений движения априори неизвестны и интегрирование уравнений движения, когда правые части уравнений движения известны по данным регистраторов, т.е. известны вектор перегрузки (n) и углы Эйлера (ψ, υ, γ).



$$\begin{cases} \ddot{q}^p = \{\ddot{q}^p_k\}, \text{ (k=1, 2, …, N-n)} \\ \dot{q}^p = \{\dot{q}^p_j\}, \text{ (j=1, 2, …, N-m)} \\ q^p = \{q^p_i\}, \text{ (i=1, 2, …, N-l)} \end{cases} \qquad \begin{cases} \ddot{q}^{\phi} = \{\ddot{q}^{\phi}_{k'}\}, \text{ (k′=1, 2, …, n)} \\ \dot{q}^{\phi} = \{\dot{q}^{\phi}_{j'}\}, \text{ (j′=1, 2, …, m)} \\ q^{\phi} = \{q^{\phi}_{i'}\}, \text{ (i′=1, 2, …, l)} \end{cases}$$

Рисунок 2

Использование второго методического подхода наиболее рационально, так как при этом не требуется знания оператора ВС (т.е. его аэродинамических, тяговых и т.п. характеристик). Однако не все самописцы в настоящее время регистрируют необходимые параметры для решения уравнений движения с использованием данного подхода. Для того чтобы в максимальной степени использовать его преимущества разработан полный комбинированный метод (ПКМ). Сущность его состоит в том, что на решения дифференциальных уравнений по первому способу, накладываются жесткие связи, в форме известных по данным регистратора переменных движения (составляющих векторов перегрузки, угловых скоростей или углов Эйлера).

Метод ПКМ универсален (поэтому он и назван полным), так как в пределе может переходить как в первый, так и во второй, но его использование имеет две особенности.

Первая особенность заключается в том, что возникает проблема с устойчивостью решения вырождающейся (из-за уменьшения порядка)

системы дифференциальных уравнений. Исследования, проведенные с целью решения данной проблемы [1] , показали, что практически во всех особых случаях, используя краевые условия можно выбрать интервал по времени интегрирования системы, на котором сохраняется техническая устойчивость и можно получить приемлемые по точности для практики результаты.

Вторая особенность связана с необходимостью устранения систематических погрешностей в переменных по данным регистраторов, используемых в качестве жестких связей, т.к. их не учет приводит к недопустимо большим ошибкам при решении системы уравнений. Решение данной проблемы было найдено вводом средне-интегральных поправок к данным регистратора по перегрузкам и угловым скоростям, которые можно рассчитать, используя информацию по краевым условиям. Эти поправки можно оценить решением следующей системы алгебраических уравнений, (вывод данных уравнений приведен в [1]):

$$\begin{cases} \Delta X_g = g\dfrac{\tau^2}{2}\left[\Delta n_x \iint C_{11} d^2t + \Delta n_y \iint C_{12} d^2t + \Delta n_z \iint C_{13} d^2t\right] \\ \Delta Y_g = g\dfrac{\tau^2}{2}\left[\Delta n_x \iint C_{21} d^2t + \Delta n_y \iint C_{22} d^2t + \Delta n_z \iint C_{23} d^2t\right] \\ \Delta Z_g = g\dfrac{\tau^2}{2}\left[\Delta n_x \iint C_{31} d^2t + \Delta n_y \iint C_{32} d^2t + \Delta n_z \iint C_{33} d^2t\right] \end{cases} \qquad (22)$$

$$\begin{cases} \Delta\Psi = \tau\left[\Delta\omega_x \int_\tau b_{11}dt + \Delta\omega_y \int_\tau b_{12}dt + \Delta\omega_z \int_\tau b_{13}dt\right] \\ \Delta\vartheta = \tau\left[\Delta\omega_x \int_\tau b_{21}dt + \Delta\omega_y \int_\tau b_{22}dt + \Delta\omega_z \int_\tau b_{23}dt\right] \\ \Delta\gamma = \tau\left[\Delta\omega_x \int_\tau b_{31}dt + \Delta\omega_y \int_\tau b_{32}dt + \Delta\omega_z \int_\tau b_{33}dt\right] \end{cases} \qquad (23)$$

В уравнениях (22) и (23) приняты следующие обозначения:

ΔXg, ΔYg и ΔZg – отклонения конечных расчетных координат от фактических в ЗСК;

Δn_x, Δn_y и Δn_z – средне-интегральные составляющие перегрузки в ССК;

$C_{i,g}$ – направляющие косинусы связи ЗСК и ССК;

$\Delta\psi$, $\Delta\upsilon$ и $\Delta\gamma$ – отклонение конечных расчетных углов Эйлера от фактических;

$\Delta\omega_x$, $\Delta\omega_y$ и $\Delta\omega_z$ – средне-интегральные составляющие угловых скоростей в ССК;

$b_{n,m}$ – косинусы связи между производными углов Эйлера и угловыми скоростями в ССК;

τ – время полета на участке интегрирования уравнений движения;

g – ускорение свободного падения.

Оценка средне-интегральных поправок проводится совместно с решением уравнений движения методом последовательных приближений (на практике, как правило, для устойчивого результата достаточно не более трех приближений).

Оценка ветровых возмущений. Для оценки ветровых возмущений в ПКМ используются кинематические соотношения (13) – (15).

Необходимо отметить две особенности оценки ветровых возмущений.

Во-первых – оценка всех составляющих скорости ветра возможна, если известны три переменные - приборная скорость ($V_{пр}$), угол атаки (α) и угол скольжения (β). Если углы атаки и скольжения не регистрируются самописцем, то они могут быть оценены с использованием аэродинамических характеристик по соотношениям

$$\alpha = \frac{n_y G}{C_y^{\alpha} qS} \qquad (24) \qquad\qquad \beta = \frac{1}{C_z^{\beta}}\left(n_z \frac{G}{qS} - C_z^{\delta_н} \cdot \delta_н \right) \qquad (25)$$

где:

G – вес ВС;

q – скоростной напор;

S – площадь крыла;

C_y^{α}, C_z^{β} и $C_z^{бн}$ – производные аэродинамических коэффициентов;

бн – угол отклонения руля направления.

Во-вторых – оценка ветровых возмущений с использованием соотношений (24) и (25) возможна только на воздушных этапах движения ВС.

1.2 **Метод возмущений**

Метод возмущений представляет собой решение обратной задачи динамики полета. Обратная задача динамики полета формулируется следующим образом - при заданных управляющих воздействиях δ и известном фазовом векторе U оценить оператор W_B конкретного самолета или его отличие от оператора W_B самолета-типа (см. рис.3).

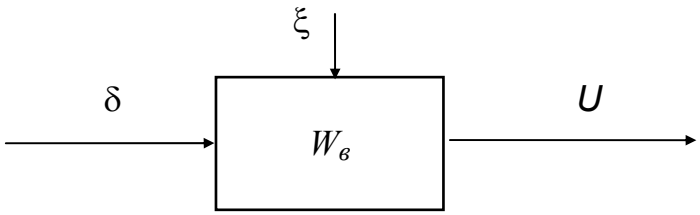


Рисунок 3.

где: W_B - оператор воздушного судна;

δ - вектор управления;

U - вектор фазовых координат;

ξ - возмущающие воздействия.

Нахождение отличий оператора W_B конкретного самолета от оператора W_B^* самолета-типа и является сутью метода возмущений (МВ). Структурно в общем виде метод возмущений представлен на рис.4. При этом

отличие (e_1), например, фактических продольных перегрузок, зарегистрированных бортовыми регистраторами ($n_x^{ф}$), от рассчитанных на модели ВС ($n_x^{р}$) при известных характеристиках ВС-типа, могут определять как дополнительные возмущающие силы ($F_x^{в}$), так и изменение характеристик конкретного самолета от характеристик ВС-типа в виде дополнительного коэффициента сопротивления (ΔC_x).

$$F_x^{в} = mg\cdot(n_x^{ф} - n_x^{р}) \qquad \Delta Cx = \frac{F_x^{B}}{qS} \qquad M_x^{в} = I_x(\dot{\omega}_x^{ф} - \dot{\omega}_x^{р}) \qquad \Delta m_x = \frac{M_x^{B}}{qSl}$$

$$F_x^{в} = mg\cdot(n_x^{ф} - n_x^{р}) \qquad \Delta Cy = \frac{F_y^{B}}{qS} \qquad M_y^{в} = I_y(\dot{\omega}_y^{ф} - \dot{\omega}_y^{р}) \qquad \Delta m_y = \frac{M_y^{B}}{qSl}$$

$$F_z^{в} = mg\cdot(n_z^{ф} - n_z^{р}) \qquad \Delta Cz = \frac{F_Z^{B}}{qS} \qquad M_z^{в} = I_z(\dot{\omega}_z^{ф} - \dot{\omega}_z^{р}) \qquad \Delta m_z = \frac{M_Z^{B}}{qSl}$$

Рисунок 4.

Рассмотрим применение метода возмущений для решения одной из основных задач, возникающей при исследовании выкатываний ВС, а именно - оценке коэффициента сцепления шасси ($\mu_{сц}$), который фактически реализовался в особом случае на пробеге.

Исходными данными для оценки коэффициента сцепления являются три составляющие вектора силы реакции земли на шасси в ЗСК, которые рассчитываются с использованием вышеописанного метода возмущений:

$$F_{хш}^{\Sigma} = F_{хш}^{ок} + F_{хш}^{нк} \qquad (26)$$

$$F_{уш}^{\Sigma} = F_{уш}^{ок} + F_{уш}^{нк} \qquad (27)$$

$$F_{zш}^{\Sigma} = F_{zш}^{ок} + F_{zш}^{нк} \qquad (28)$$

где:

- индексом «Σ» обозначены суммарные силы, действующие на шасси;
- индексом «ок» обозначены силы, действующие на основные колеса шасси;
- индексом «нк» обозначены силы, действующие на передние колеса шасси.

При этом возможны два способа оценки коэффициента сцепления по коэффициенту трения ($f_{тр}$).

Первый способ основан на расчете продольной составляющей коэффициента трения шасси ($f_{xтр}$), который может быть рассчитан по формуле:

$$f_{x_{тр}} = \frac{F^{\Sigma}_{xш}}{F^{\Sigma}_{уш}} \qquad (29)$$

Далее, используя известные зависимости $\mu_{сц} / \mu_{сц0} (V_{пут})$ (см. рис.5) и $\mu_{сц}^{эфф}(f_{тр})$ (см. рис.6), можно оценить эффективный коэффициент сцепления, реализовавшийся на пробеге.

Данный способ применяется при реализации на пробеге небольших углов увода основных колес шасси и позволяет оценивать эффективный коэффициент сцепления, т.е. фактически реализовавшийся, который равняется располагаемому (например, замеренному с помощью тормозной тележки АТТ-2) только если экипаж использовал тормозное давление при котором начинает работать антиюзовая автоматика, а характеристики тормозной системы ВС соответствуют ТУ (это условие использования зависимостей, представленных на рис.5 и 6).

Второй способ основан на расчете боковой составляющей коэффициента трения шасси по соотношению:

$$f_{z_{тр}} = \frac{F^{\Sigma}_{zш}}{F^{\Sigma}_{уш}} \qquad (30)$$

Далее, используя экспериментальные зависимости

$$f_{z_{тр}} = f(\delta_{ув}, \frac{F_{уш}}{F_{уш0}}) \qquad (31)$$

где: $\delta_{ув}$ – угол увода колес шасси;

$F_{уш}$ – фактическая вертикальная сила контактного давления колес;

$F_{уш0}$ – вертикальная сила контактного давления при проведении испытаний.

Например, для ВС Ту-134 эти зависимости представлены на рис.7. Используя их, можно определить величины коэффициентов боковых сил от шасси на сухом бетоне для основных и передних колес шасси.

Полагая, что величины продольной составляющей коэффициента трения ($f_{хтр)}$ и боковой составляющей коэффициента трения ($f_{zтр}$) изменяются пропорционально, рассчитывается эквивалентное значение $fтр^{экв}$ по формуле:

$$fтр^{экв} = f_{тр}{}^{СБ} (f_{zтр}{}^{факт} / f_{zтр}{}^{СБ}) \qquad (32)$$

где: $f_{zтр}{}^{СБ}$ - коэффициент боковой силы от шасси на сухом бетоне;

$f_{zтр}{}^{факт}$ – фактически реализовавшийся коэффициент боковой силы от шасси;

$f_{тр}{}^{СБ}$ – коэффициент трения на сухом бетоне;

$f_{тр}{}^{экв}$ –эквивалентное значение коэффициента трения.

Далее, используя зависимость $\mu_{сц}{}^{эфф}(f_{тр})$, представленную на рис.6, по значению $f_{тр}{}^{экв}$ можно определить значение $\mu_{сц}{}^{эфф}$.

Данный способ используется в случаях реализации на пробеге больших углов увода основных колес шасси.

По значениям расчетного коэффициента трения, полученного 1-ым или 2-ым вышеописанными способами, можно, используя таблицы 1…4, качественно оценить состояние ИВПП.

Таблица 1 **Соответствие принятых в ИКАО и России коэффициентов сцепления**

Оценка	$\mu_{сц}$	
	ИКАО	Россия
Good	>0,4	0,5 > Ксц > 0,42
Med / Good	0,39…0,36	0,41…0,4
Medium	0,35…0,3	0,39…0,37
Med / Poor	0,29…0,26	0,36…0,35
Poor	0,25…0,18	0,34…0,31

Таблица 2 **Данные по эффективности торможения в кратком справочнике по ВС В-737**

Состояние ИВПП	Коэффициент торможения ($f_{сц}^{ЭФФ}$)	Оценка пилотом
Сухая	~0,4	Сухо
Мокрая	0.2	Хорошее
Уплотненный снег	0.1	Среднее
Скопление льда, мокрый снег	0.05	Слабое

Таблица 3 **Рекомендации по оценке коэффициента сцепления по состоянию ИВПП (выписка из РЛЭ Ту-134, раздел 0.8)**

Состояние поверхности ВПП	Средний коэффициент сцепления
Сухая, расчищенная влажная	Более 0,65
Мокрая (включая лужи)	0.45
Иней или изморозь (толщина слоя не более 1мм)	0.35
Сухой снег (расчищено местами)	0.45
Сухой снег (по всей ВПП)	0.4
Мокрый снег, слякоть (расчищено местами)	0.35
Мокрый снег, слякоть (по всей ВПП)	0.35
Лед (расчищено местами)	0.3
Лед по всей ВПП	Менее 0,3
Утрамбованный снег (равномерное распределение)	0.4
Мерзлый снег со льдом	0.4

Таблица 4 **Классификация состояния поверхности ИВПП**

(Отчет ГосНИИ ГА № 294-309-76, 1976 г. Справочное пособие для специалистов расчетной группы летной подкомиссии)

Вид осадков	Состояние ВПП	Качественная характеристика атмосферных осадков на ИВПП	Количественная характеристика осадков	μ	$f_{сц}$
-	Сухая	Осадки отсутствуют	-	0,75	0,25…0,35
Жидкие (вода)	Влажная	ВПП покрыта жидкой пленкой без скопления воды на поверхности ИВПП. Такая поверхность образуется при большой росе, тумане, моросящем дожде.	$d < \Delta$	0,5…0,7	0,15…0,25
	Мокрая	Вода сосредоточена в лужах на поверхности ИВПП, причем большая часть поверхности выступает над водой. Такое состояние образуется при дожде средней интенсивности.	$d \approx \Delta$	0,35…0,55	0,1…0,2
	Слой воды	Большая часть или вся поверхность ИВПП покрыта сплошным слоем воды, что может быть при сильном дожде, ливне.	$d > \Delta$	0,35…0,4	0,07…0,1
Твердо-жидкие (слякоть)	Слой слякоти	Смесь небольших кристаллов льда и воды. По физическим свойствам слякоть больше подходит к жидкости, чем к твердому веществу.	$d > \Delta$ $0,4 < \rho < 0,9$	0,3	0,05

Условные обозначения:

1. d – толщина слоя атмосферных осадков;

Δ - средняя высота шероховатости поверхности ИВПП;

ρ - плотность атмосферных осадков;

μ - нормативный коэффициент сцепления;

$f_{сц}$ – коэффициент трения шасси.

Зависимость относительного коэффициента сцепления от скорости

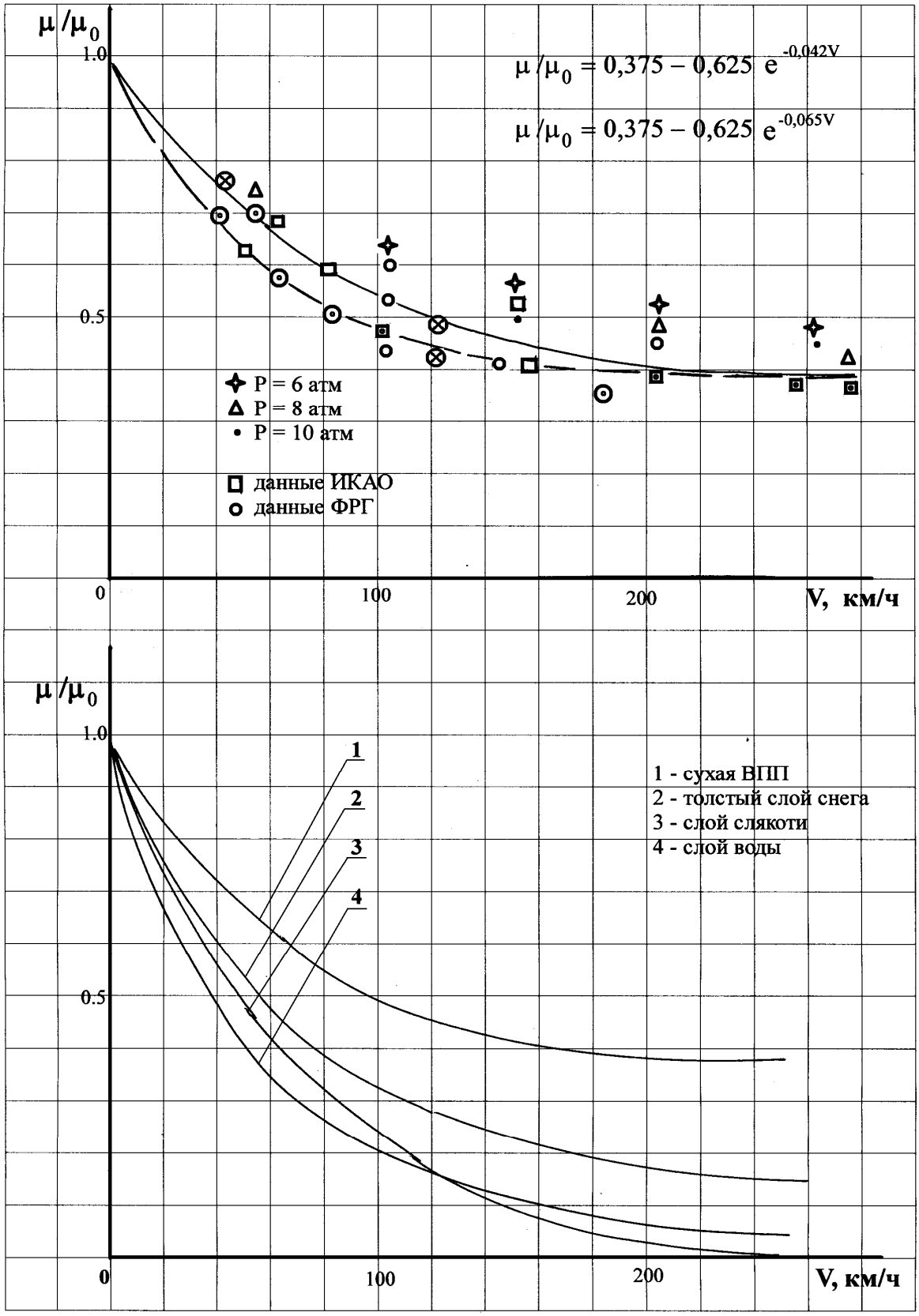


Рисунок 5.

Зависимость коэффициента трения ($f_{тр}$) от нормативного коэффициента сцепления ($\mu_{сц}$)

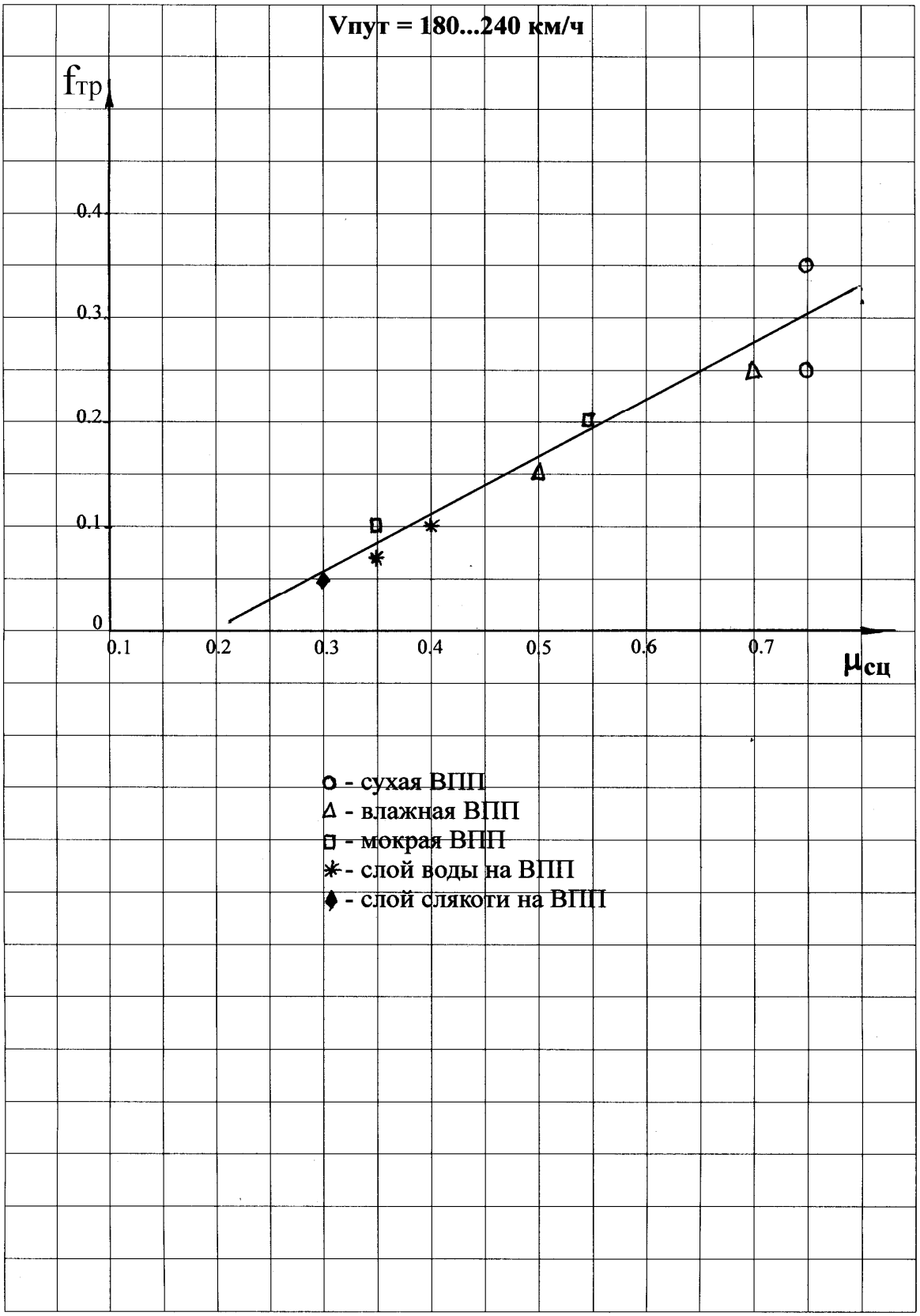


Рисунок 6.

Коэффициент боковой силы основной и носовой тележек шасси самолета Ту-134.

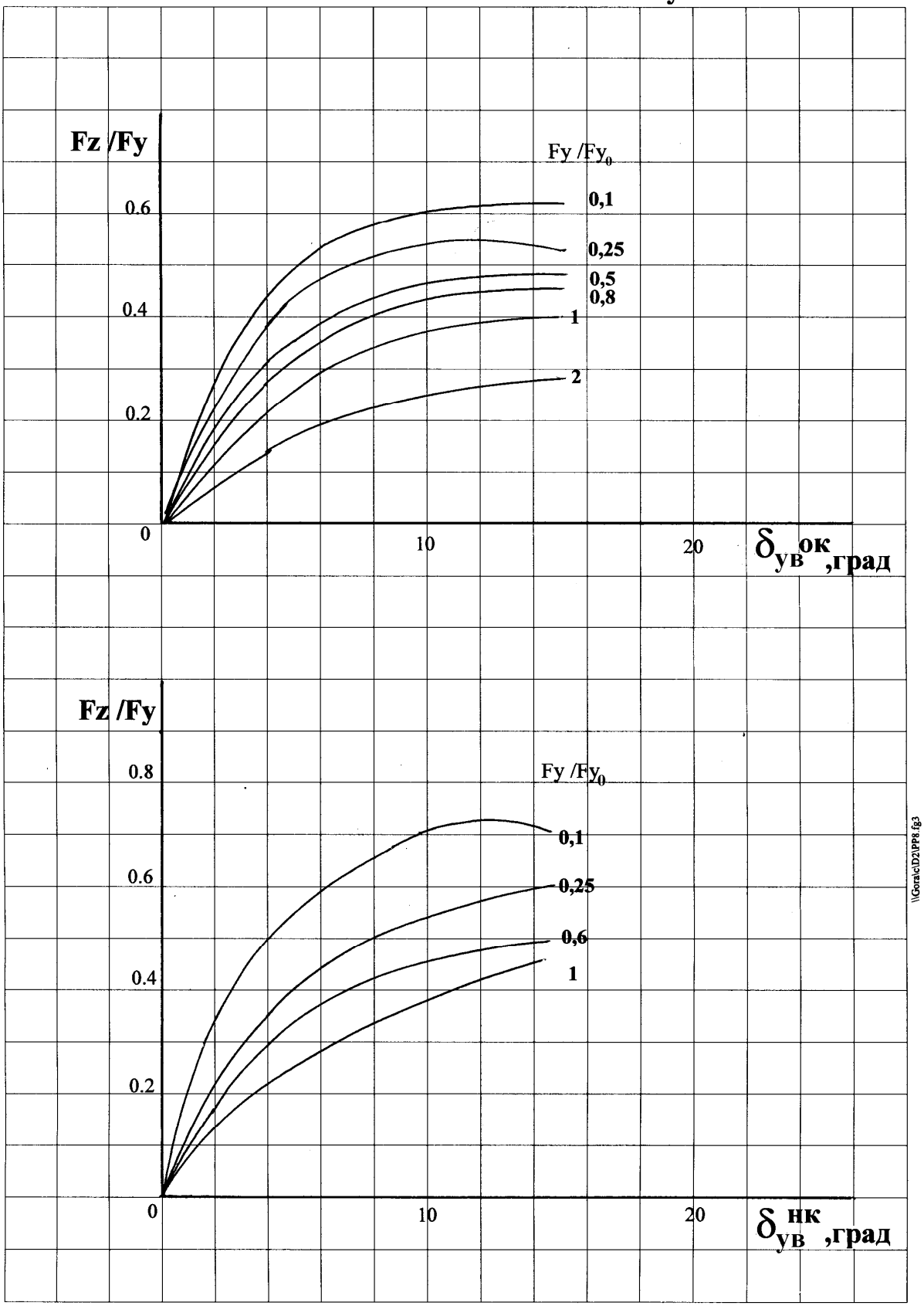


Рисунок 7

2 Результаты исследований записей средств объективного контроля и анализ результатов расследований, произошедших в 2011 году инцидентов, связанных с выкатываниями самолетов коммерческой авиации при посадке

В 2011г. произошло 9 случаев выкатываний самолетов 2-го класса за пределы взлетно-посадочный полосы при посадке (см. перечень и основные данные по этим выкатываниям в таблице 5). В четырёх особых случаях (см. случаи, отмеченные знаком (*) в таблице 5) сохранились копии данных бортовых регистраторов в формате, необходимом для исследования выкатываний с использованием методов математического моделирования. В соответствии с техническим заданием на данную работу эти случаи исследованы детально. Остальные случаи выкатываний проанализированы по материалам комиссий по расследованию.

Таблица 5.

№ п.п.	Место события	Дата события	Тип ВС	Бортовой номер	Тип события
1	а/п Внуково	14.05.11	Як-42Д*	RA-42439	Продольное выкатывание
2	а/п Ростов-на-Дону	11.06.11	А-319*	VQ-BAT	Продольное выкатывание
3	а/п Ростов-на-Дону	23.07.11	B-737-500*	VQ-BAD	Продольное выкатывание
4	а/п Нижний Новгород	07.12.11	B-737-800*	VP-BPY	Продольное выкатывание
5	а/п Архангельск	05.02.11	B-737-500	VP-BRK	Выкатывание при сруливании с ВПП
6	а/п Ростов-на-Дону	12.04.11	B-737-400	VQ-BAO	Продольное выкатывание
7	а/п Ростов-на-Дону	15.05.11	Як-42Д	RA-42411	Продольное выкатывание
8	а/п Мирный	17.05.11	Ту-134Б	RA-65715	Продольное выкатывание
9	а/п Саратов	03.07.11	Як-42Д	RA-42550	Продольное выкатывание

2.1 **Выкатывание ВС ЯК-42Д RA-42439 в а/п Внуково 14.05.2011**

2.1.1 **Обстоятельства инцидента и исходные данные**

Краткие обстоятельства инцидента. При выполнении посадки по системе ОПРС на ИВПП с МК=14° с перенесенным (для ремонта) порогом на 1030м и располагаемой посадочной дистанцией 2030м произошло выкатывание ВС на 301м за выходной порог ИВПП и левее её оси на 18м. В результате выкатывания разрушено 5 огней приближения. Самолет получил повреждение – вмятина на концевой секции предкрылка.

Данные по экипажу:

КВС – 43года, пилот 1-го класса, образование: специальное – Кировоградское ВЛУГА в 1982 г., переучивание на Як-42 в Ульяновском УТЦ-22 в 1997 г., метеоминимумы: посадка - 60х550м, взлет -400, общий налет 8950час, налет на ВС Як-42 - 6050час, в качестве КВС Як-42 – 2250час, авиационных происшествий не имел.

2-ой пилот – 30лет, образование высшее – окончил Ульяновское ВЛУГА в 2003 г., переучивание на Як-42 в Ульяновском УТЦ-22 в 2007 г., общий налет на Як-42 - 1800час., авиационных происшествий не имел.

Бортмеханик – 57лет, бортмеханик 1-го класса, образование – среднее, окончил Егорьевское АТУ ГА в 1975 г., общий налет – 16270час., на Як-42 – 5700час., авиационных происшествий не имел.

Данные по самолету. По данным полетной документации посадочная масса составляла 42000кг.

Данные о метеообстановке:

- атмосферное давление у земли 742мм.рт.ст.;
- температура воздуха у земли +6°С, точка росы +5°С;
- ветер: у земли - по данным АТИС 80° 5м/с, по данным контрольного замера после инцидента - 80° 4м/с, на круге -130° 14м/с;

– видимость – 10000м;
– облачность кучево-дождевая 8окт., нижняя граница 1200м, слабый ливневый дождь.

Данные об аэродроме посадки:

– класс аэродрома «Г»;
– размер ИВПП22 - 2030×45м;
– состояние ИВПП – мокрая, местами лужи со слоем воды до 2мм;
– коэффициент сцепления нормативный: по данным АТИС - 0.48, по данным контрольного замера - 0.5/.0.5/0.5.

Данные о схеме захода по ОПРС:

– магнитный курс посадки - 14°;
– угол наклона глиссады - 3°;

Данные параметрического регистратора

Полные данные параметрического бортового регистратора (МСРП-64) при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены в приложении В на рис.В.1 и В.2.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло продольное выкатывание ВС на 301м за выходной порог ИВПП10 и левее её оси на 18м.

2.1.2 **Результаты моделирования особой ситуации**

Результаты расчета переменных движения и внешних помех. Оценка переменных движения и внешних помех проведена на моделирующем комплексе ГосЦентра с использование полного комбинированного метода (ПКМ).

Результаты расчетов траекторных переменных на участке полета с удаления 4000м до ВПП и до останова ВС после посадки представлены в функции времени на рис.8 и в функции дальности (за ноль отсчета дальности принят перенесённый входной порог ИВПП) на рис.9. По данным этих расчетов приземление самолета произошло на удалении 910м от входного

порога ИВПП, т.е. с перелетом установленной зоны приземления на 460м (установленная зона приземления для данного аэродрома 150-450мм) и на 310м относительно нормируемой зоны приземления (150…600м), на нормальной приборной скорости, равной 200км/час ($V_{зп}^{РЛЭ}$=210км/час).

Результаты расчета ветровых возмущений на предпосадочном снижении (профиль ветра по высоте полета) представлен на рис.10. По данным этих расчетов при приземление самолета реализовался ветер с со встречной составляющей ~1м/с, что соответствует метеопрогнозу.

Результаты оценки состояния ИВПП. Расчет исходных данных для оценки состояния ИВПП (путевой скорости, составляющих сил от шасси, углов увода и коэффициентов трения) проведен с использованием метода возмущений (МВ). Результаты расчета исходных данных представлены на рис.11. В соответствии с результатами расчетов на пробеге в диапазоне путевых скоростей (60…30м/с) в среднем реализовалась продольная составляющая коэффициента трения, равная 0.15. Этому значению коэффициента трения соответствует коэффициент сцепления ~0.4.

Вследствие неоптимальной работы антиюзовой автоматики из-за преждевременного (до полной раскрутки колес шасси) начала торможения и использовании импульсного и аварийного торможения экипажем, а также с учетом методической погрешности расчетной оценки ($б\mu_{сц.}^{расч}$=±0.02) эффективное значение коэффициента сцепления, реализовавшегося на пробеге, соответствует прогнозируемому нормативному значению коэффициента сцепления ($\mu_{сц.}^{АТИС}$= 0.48).

2.1.3 **Анализ особой ситуации**

Заход на посадку осуществлялся по ОПРС на ИВПП с располагаемой дистанцией 2030м. При посадочной массе 42000кг и условиях посадки по данным АТИС потребная посадочная дистанция составляла 1680м. При этом коэффициент запаса посадочной дистанции составлял 2.02 при требуемом значении 1.67.

Рассмотрим функционирование системы «экипаж-ВС-среда» по этапам посадки.

Предпосадочное снижение. Предпосадочное снижение экипаж выполнял в штурвальном режиме в продольном канале и в автоматическом режиме в боковом канале (автоматический режим был отключен на высоте 90м). К особенности данного этапа можно отнести выполнением полета с отклонением от установленной схемы снижения (вниз от глиссады) на ~40м в начале снижения, с последующим уменьшением этого отклонения до 25м к моменту начала выравнивания (см. рис.9). По курсу отклонения были малы и по величине не превышали ±7м. Приборная скорость изменялась в допустимых пределах ($V_{пр}^{факт}$=224…212км/час, при $V_{зп}^{РЛЭ}$=210км/час).

Выравнивание. Выравнивание экипаж начал при вертикальной скорости снижения 3м/с, за 700м до перенесенного порога ИВПП и с высоты 25м (рекомендуемая РЛЭ высота начала выравнивания составляет 6…8м) плавным уменьшением вертикальной скорости снижения. Преждевременное начало выравнивания и стремление экипажа произвести приземление после перелома продольного профиля ИВПП (см. профиль ИВПП и траекторию выравнивания на рис.9) привело к приземлению ВС с перелетом на 310м рекомендуемой зоны приземления (150….600м).

Приземление и пробег. Приземление самолета произошло на нисходящий участок ИВПП на удалении 910м от входного порога, с вертикальной скоростью снижения ~0.1м/с относительно земной поверхности и на приборной скорости 200км/час. После «мягкого» касания самолетом ИВПП экипаж (с темпом за 2.5с) опустил переднюю стойку шасси, уменьшил режим работы двигателей до МГ через 3с и приступил к торможению на Vпр=195км/час. Из-за малого контактного давления шасси до момента начала торможения, не произошла раскрутка основных колес шасси до уровня срабатывания автоматического выпуска спойлеров, поэтому весь дальнейший пробег происходил с не выпущенными спойлерами. Полное использование тормозных свойств ВС экипажем в

дальнейшем не обеспечило останов самолета в пределах ИВПП. Самолет выкатился за пределы ИВПП на 301м.

2.1.4 **Выводы**

1. Причиной выкатывания ВС при посадке явилось превышение фактической посадочной дистанции (2331м) над располагаемой (2030м) вследствие следующих ошибочных и неправильных действий экипажа:

- перелет на 310м нормируемой зоны приземления (150…600м);
- задержка в уменьшение режима работы двигателей (двигатели переведены на режим МГ только через 3с после приземления);
- преждевременное (на Vпр=195км/час) начало торможения экипажем не обеспечило необходимую раскрутку колес шасси как для срабатывания системы автоматического выпуска спойлеров, так и для нормальной работы антиюзовой автоматики, что привело к уменьшению эффективного коэффициента сцепления.

2. Фактором, повлиявшим на причину инцидента, является конструктивный недостаток – отсутствие ручного выпуска спойлеров (данный экземпляр самолета не доработан для ручного выпуска спойлеров).

Результаты моделирования захода на посадку и посадки самолета Як-42Д RA-42439 в а/п Внуково 14.05.2011г. в функции времени.

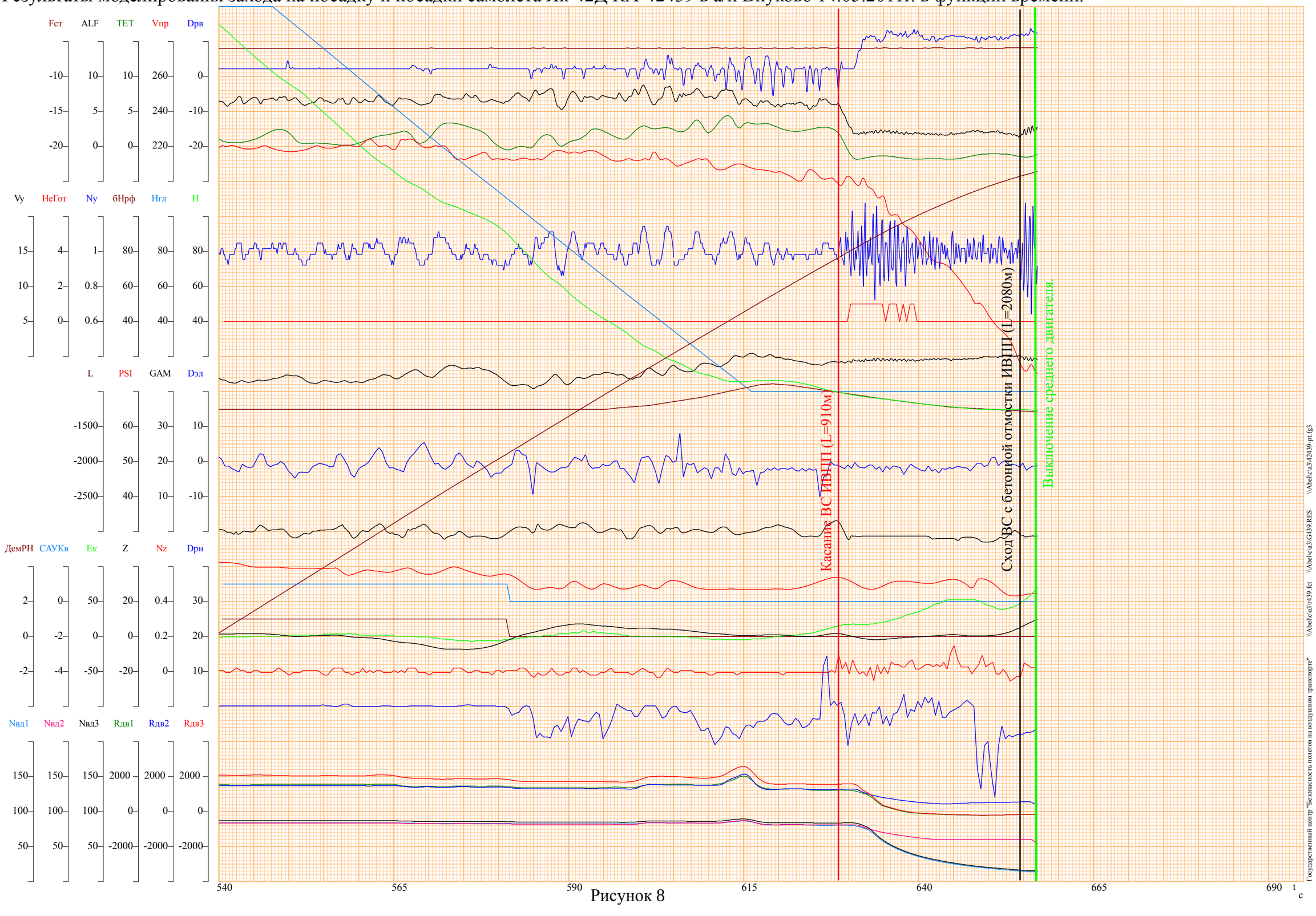


Рисунок 8

Результаты моделирования захода на посадку и посадки самолета Як-42Д RA-42439 в а/п Внуково 14.05.2011г. в функции дальности.

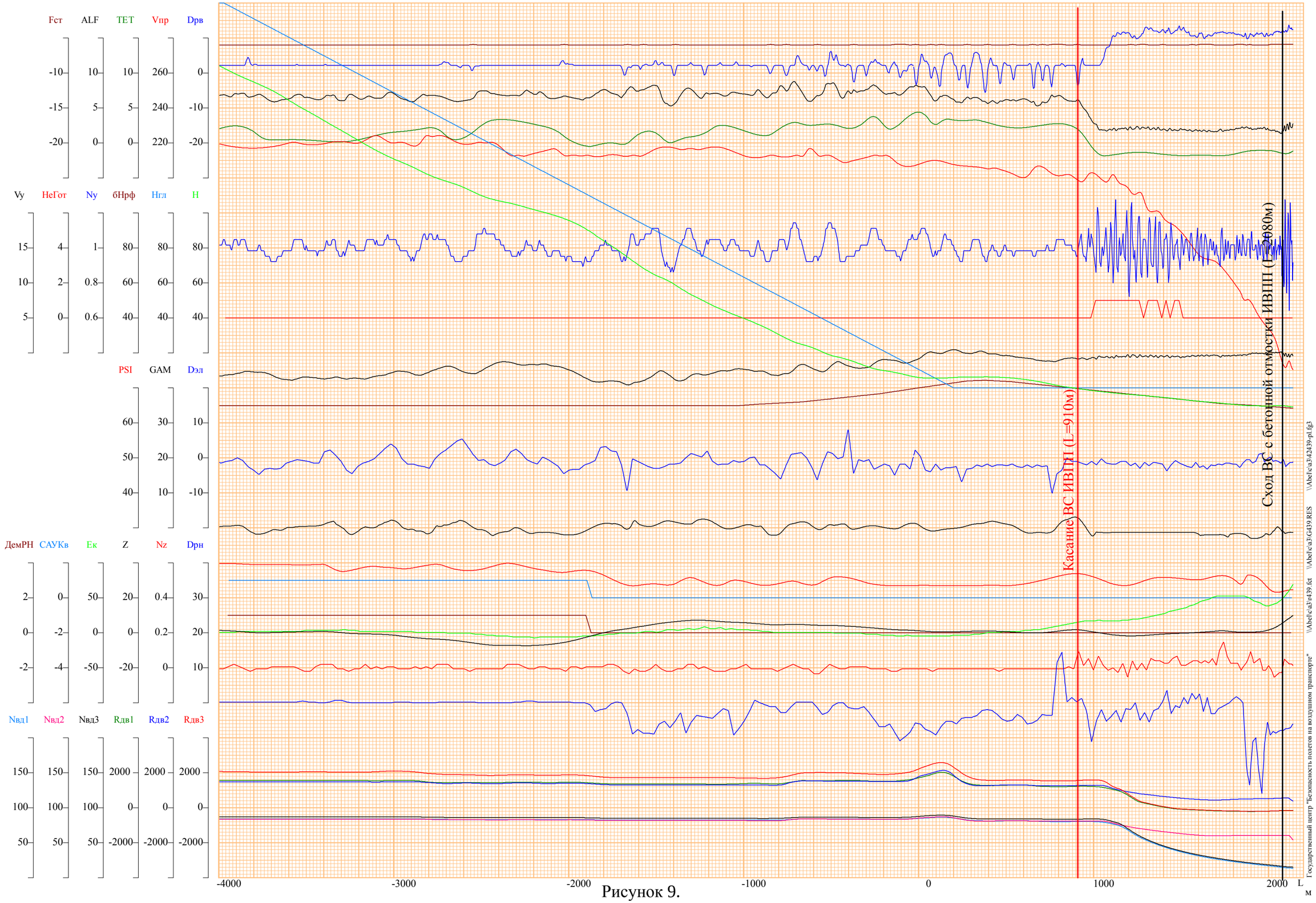


Рисунок 9.

Расчетное изменение скорости и метеорологического направления ветра по высоте

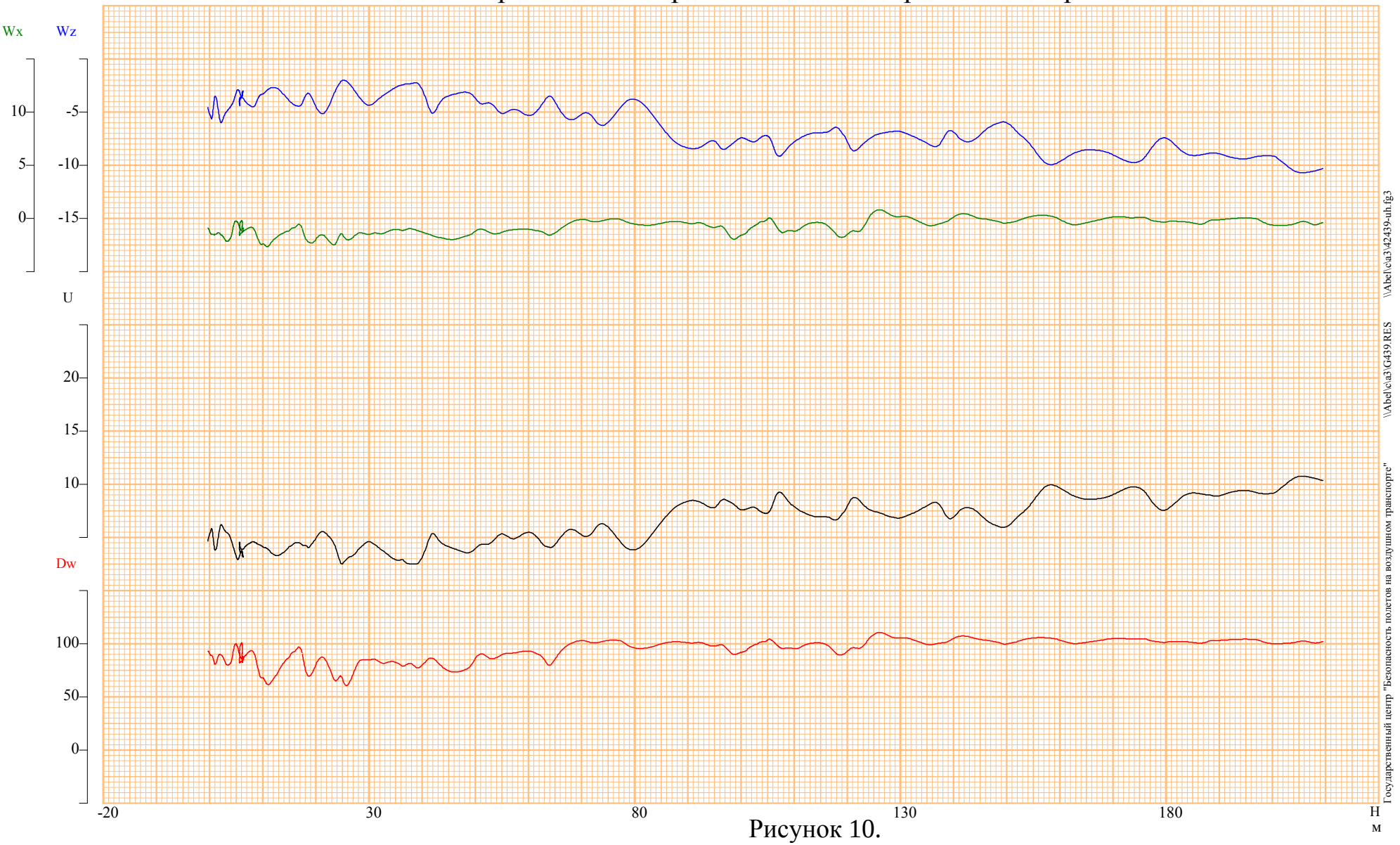


Рисунок 10.

Исходные данные для оценки эффективного коэффициента сцепления на участке устойчивого пробега по ИВПП в функции времени.

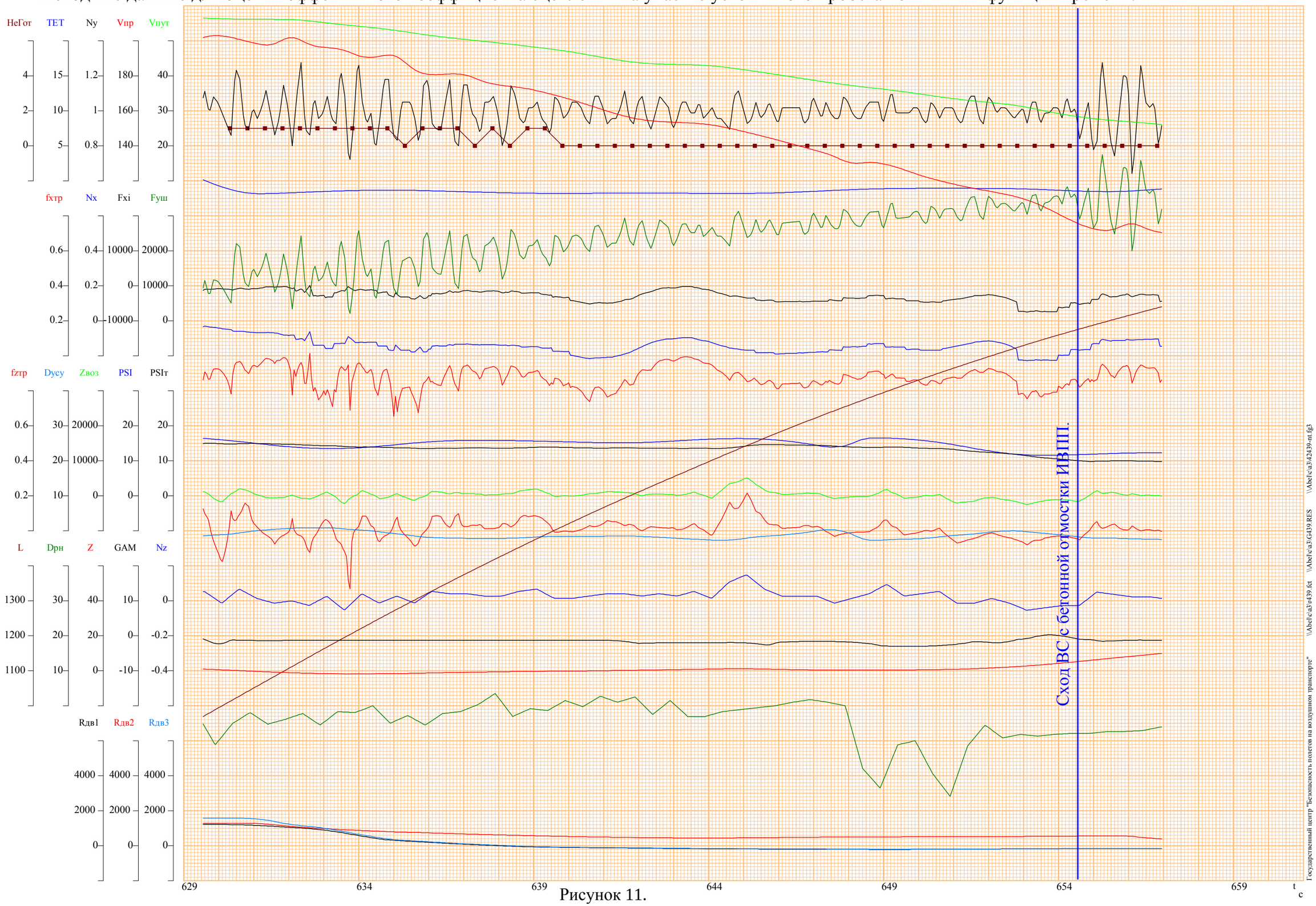


Рисунок 11.

2.2 **Выкатывание ВС А-319 VQ-BAT в а/п Ростов-на-Дону 11.06.2011**

2.2.1 **Обстоятельства инцидента и исходные данные**

Обстоятельства события. При посадке на ВПП22 в усложнённых метеорологических условия (гроза в районе аэродрома, переменный ветер с попутной составляющей, ливневые осадки и наличие слоя воды на ИВПП) произошло продольное выкатывание самолета на 100м. При сходе с ИВПП были сбиты два фонаря светотехнической системы на торце ВПП-04 и повреждена авиашина внешнего колеса левой стойки шасси.

Данные по экипажу:

КВС – 51год, пилот 1-го класса, закончил Бугурусланское ЛУГА в 1985 г. и Академию ГА в 1987 г., общий налет – 14679час, налет на данном типе ВС -1923час, в качестве КВС на ВС А-319 - 1660час, минимумы: на посадке – 15х200м, на взлете – 150м, авиационных происшествий и инцидентов в прошлом не имел;

2-ой пилот – 30лет, пилот 3-го класса, образование высшее - закончил Кировоградское ВЛУГА в 1992 г., общий налет - 4850час, налет на данном типе в качестве второго пилота– 2100час, авиационных происшествий и инцидентов в прошлом не имел.

Данные по самолету: по данным полетной документации посадочная масса ВС составляла 57300кг.

Данные о метеобстановке:

- атмосферное давление у земли 742мм.рт.ст.;
- температура воздуха у земли +19°С, точка росы +16°С;
- ветер: за 3мин до посадки - у земли 130° 6м/с, с порывами до 9м/с, на высоте круга 140° 4м/с, через 1мин после посадки - у земли 100° 4м/с, с порывами до 7м/с, на высоте круга 140° 7м/с
- видимость – 10км;

– облачность значительная кучево-дождевая 1500м, разорвано-дождевая 250м.

Данные о аэродроме посадки:

– размер ВПП22 - 2501×45м;

– магнитный курс посадки - 219°;

– состояние ИВПП – мокрая (100%), коэффициент сцепления 0.45/0.45/0.43

Данные о схеме захода:

– угол наклона глиссады - 2°40′;

– удаление от порога ИВПП: БПРМ – 1.04км, ДПРМ – 4.05км, ТВГ – 12.52км;

– установленные высоты пролета: БПРМ – 70, ДПРМ – 210м, ТВГ– 600м.

Данные параметрического регистратора.

Полные данные бортового параметрического регистратора при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены в приложении В на рис.В.3 и В.4.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло продольное выкатывание самолета на 100м за выходной порог ИВПП22.

2.2.2 **Результаты моделирования особой ситуации**

Результаты расчета переменных движения и внешних помех. Оценка переменных движения и внешних помех проведена на моделирующем комплексе ГосЦентра с использование полного комбинированного метода (ПКМ).

Результаты расчетов траекторных переменных на участке полета с удаления 3400м до ВПП и до останова ВС после посадки представлены в функции времени на рис.12 и в функции дальности (за ноль отсчета

дальности принят перенесённый входной порог ИВПП) на рис.13. По данным этих расчетов приземление самолета произошло на удалении 950м от входного порога ИВПП, т.е. с перелетом на 340м нормируемой зоны приземления (НЗП составляет для данного типа ВС 1000 – 2000ft или 305 – 610м), на приборной скорости, равной 116kts ($V_{зп}^{РЛЭ}$=130kts)).

Результаты расчета ветровых возмущений на предпосадочном снижении (профиль ветра по высоте полета) представлен на рис.14. По данным этих расчетов при приземление самолета реализовался ветер с попутной составляющей 2.5м/с.

Результаты оценки состояния ИВПП. Оценка состояния ИВПП с использованием метода возмущений в данном случае невозможна, так как ГосЦентр не располагает аэродинамическими и тяговыми характеристиками данного типа ВС. Однако, в первом приближении, оценка состояния может быть проведена по величине продольной перегрузки, реализовавшейся на пробеге . Так, среднее значение продольной перегрузки на этапе пробега составляла 0.12 (см. рис.15). Этому значению продольной перегрузки (с учетом аэродинамического сопротивления и реверсивной тяги двигателей) может соответствовать коэффициент трения шасси от 0.07 до 0.1. Данному коэффициенту (см. табл. 4) соответствует коэффициент сцепления 0.35- 04.

Качественно о низком коэффициенте сцепления свидетельствует и низкий уровень давления в тормозах ($Р_т^{факт}$=192-384psi, $Р_т^{макс.}$=2400-2700 psi) при полном обжатии тормозных педалей экипажем. При этом сформировалось сообщение "Delayed Breaking at Landing", что говорит о неэффективности торможения на посадке.

2.2.3 **Анализ особой ситуации**

Заход на посадку и посадка проходили в условиях быстро меняющихся параметров ветра, как по направлению, так и по скорости (перед снижением 220° 18/26kts, в момент производства посадки 100° 8/14kts, по индикации на навигационном дисплее ВС 60° 10kts.),

обусловленных наличием грозовой деятельности.

Полет по глиссаде и пролет торца ВПП22 проходил без отклонений. Торец ВПП22 пройден на высоте 50ft. Исходя из профиля ВПП, КВС визуально оценил большую скорость приближения ВС к ВПП, имеющей в зоне приземления значительный восходящий уклон (до 1.3%), и для предотвращения грубой посадки, произвел плавное затянутое выравнивание, что в совокупности с попутным ветром привело к увеличению дистанции выравнивания. Посадка произведена на удалении 950м от торца ВПП22, с перегрузкой 1.18 и на скорости 116kts. КВС, оценив место касания ВС как в зоне приземления, дальнейшие действия выполнил без учета состояния ВПП, попутной составляющей ветра и уклона ВПП. КВС, наиболее вероятно, ощутив сразу после касания достаточный эффект торможения, выключение максимального реверса произвел на Vпр=73.9kts (рекомендованная FCOM и SOP скорость выключения реверса не менее 70kts).

На Vпр=61kts экипаж произвел повторное включение максимального реверса и применил его до момента выкатывания с ВПП. После схода ВС с ИВПП экипаж выключил реверс и произвел отворот в правую сторону, чтобы избежать столкновения с фонарями на торце ВПП-04.

2.2.4 **Выводы**

1. Причиной выкатывания самолета за пределы ВПП явилось превышение фактической длины посадочной дистанции над располагаемой вследствие недопустимого перелета регламентируемой зоны приземления (приземление произошло на удалении 950м от входного порога ИВПП при максимально допустимом по РЛЭ - 610м). Эксплуатационным фактором, повлиявшим на причину перелета, является значительный восходящий уклон ИВПП (до 1.3%) в зоне приземления.

2. На увеличение дины пробега повлияли следующие эксплуатационные факторы:

- наличие слоя воды на ИВПП, что привело к снижению эффективного коэффициента сцепления с 0.45 - 0.43 до 0.4 - 0.35;

- наличие у земли ветра с попутной составляющей 2.5м/с.

Результаты моделирования конечного этапа захода на посадку, посадки и пробега самолета А-319 VQ-BAT в а/п Ростов-на-Дону 11.06.11г. в функции времени

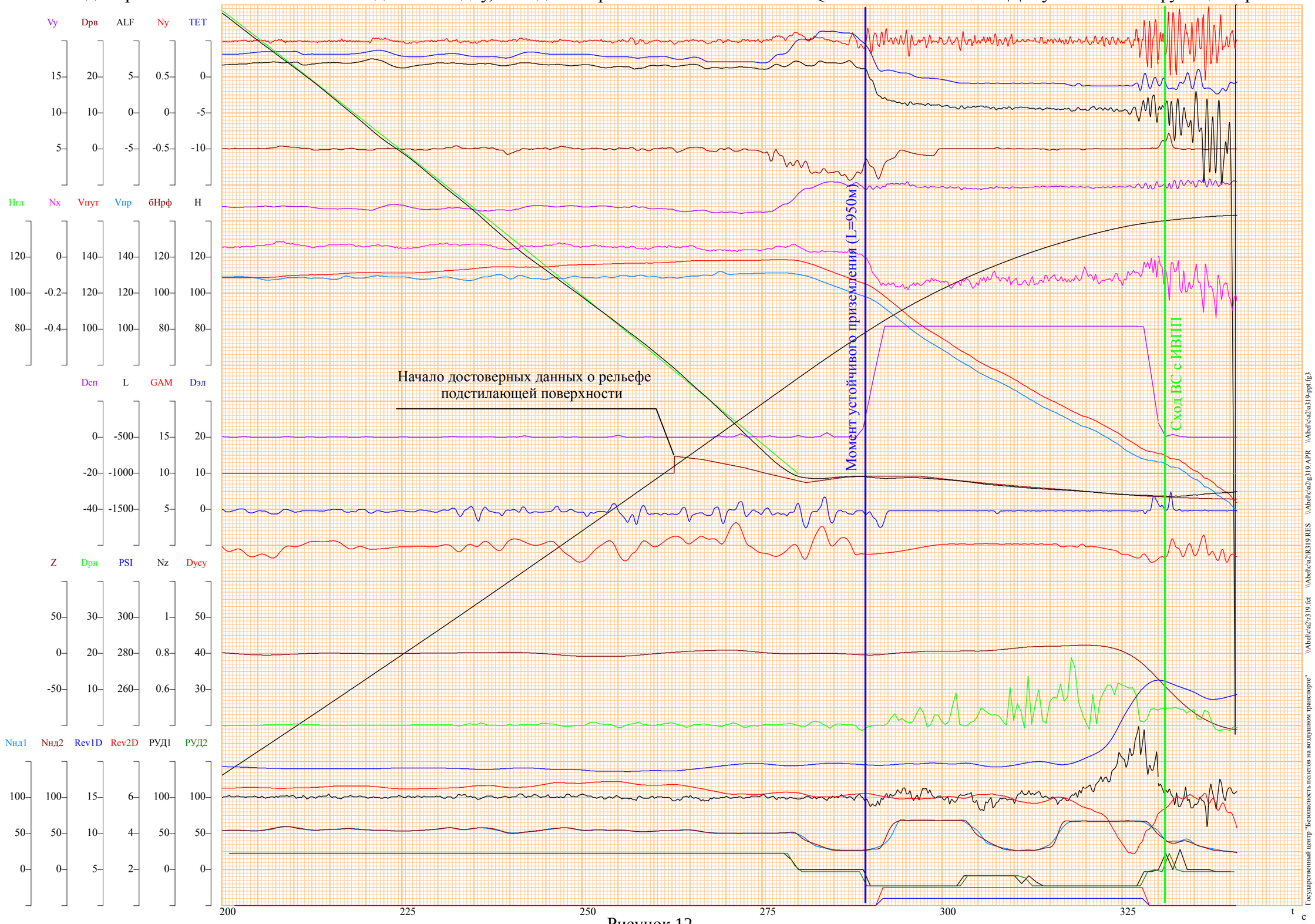


Рисунок 12

Результаты моделирования конечного этапа захода на посадку, посадки и пробега самолета А-319 VQ-BAT в а/п Ростов-на-Дону 11.06.11г. в функции дальности

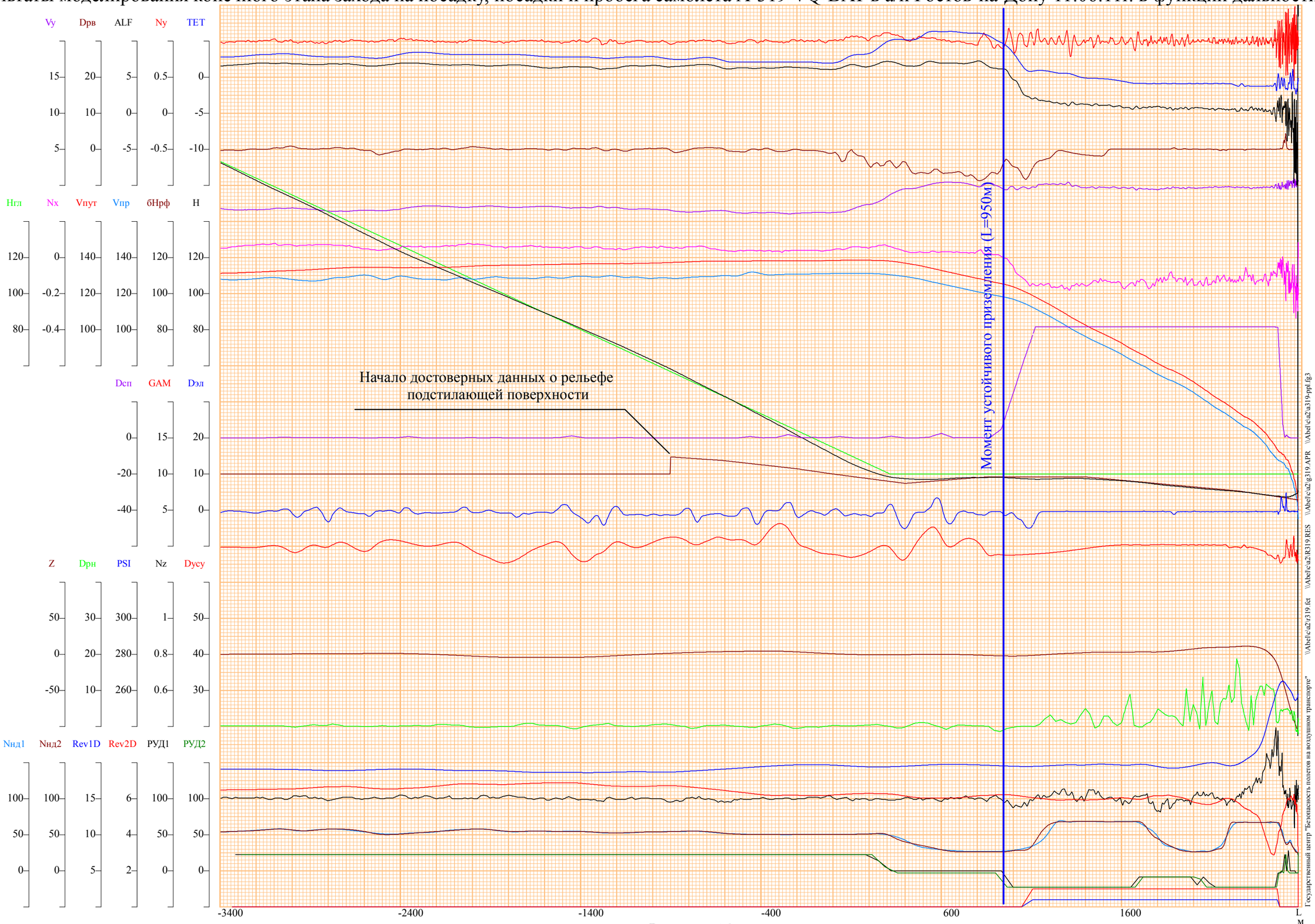


Рисунок 13.

Расчетное изменение скорости и метеорологического направления ветра по высоте
при заходе на посадку ВС А-319 VQ-BAT в а/п Ростов-на-Дону 11.06.2011г.

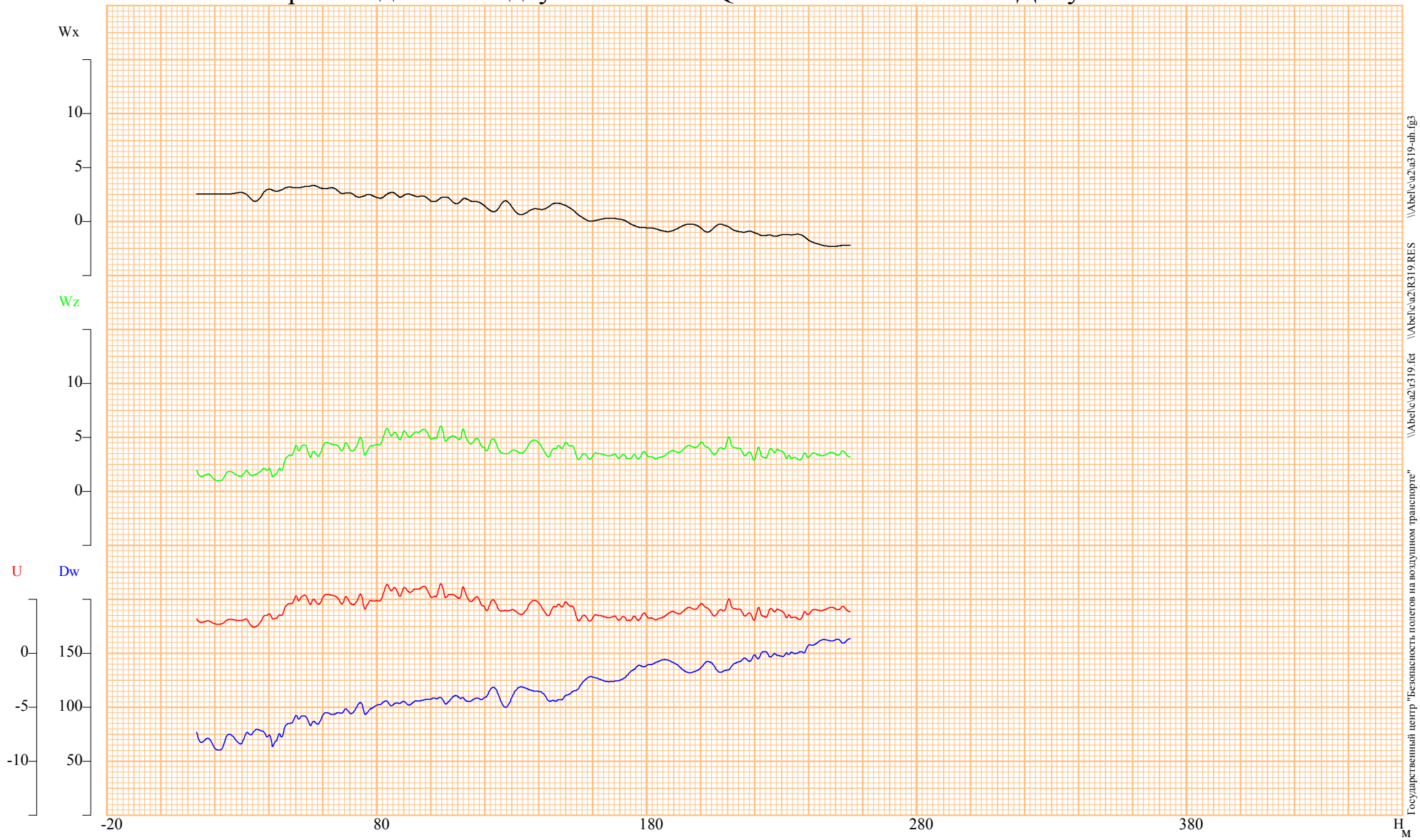


Рисунок 14.

Изменение расчетных и фактических (от DFDR) параметров на участке устойчивого пробега
ВС А-319 VQ-BAT при посадке в а/п Ростов-на-Дону 11.06.2011г. в функции времени

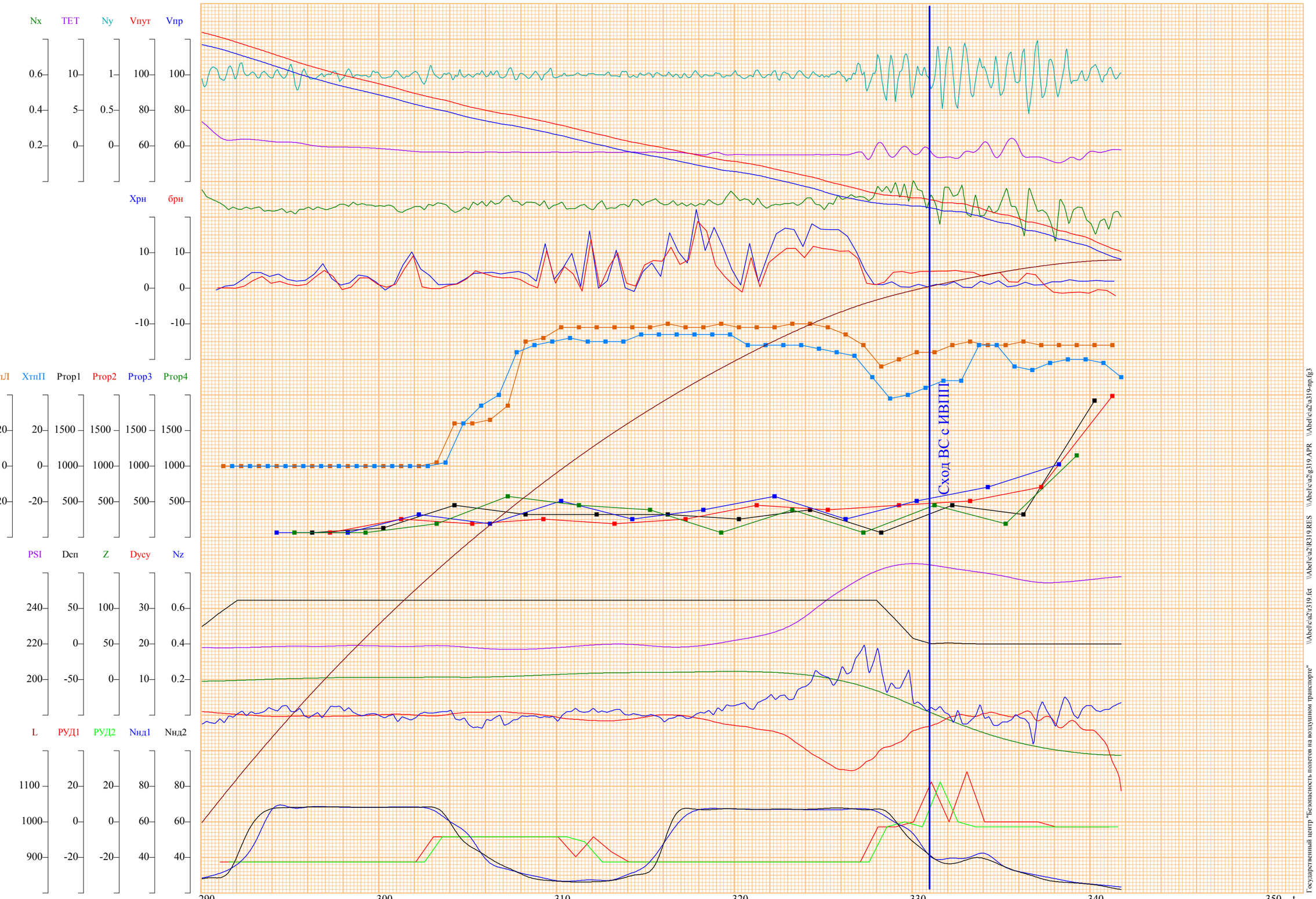


Рисунок 15.

2.3 **Выкатывание ВС B-737-500 VQ-BAD в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011**

2.3.1 **Обстоятельства инцидента и исходные данные**

Обстоятельства события. При посадке на ВПП22 с деактивированным реверсом двигателя №1 и в усложненных метеорологических условиях (неустойчивый ветер, ливневые осадки и наличие слоя воды на ИВПП) произошло продольное выкатывание самолета на 100м за выходной порог ВПП. При выкатывании были повреждены колеса шасси и лопатки вентиляторов двигателей.

Данные по экипажу:

КВС – 45лет, пилот 1-го класса, образование высшее - закончил Кировоградское ВАУГА в 1987 г., переучивание – Центр ЛП Санкт-Петербурской ГУГА 2007 г., общий налет – 8327час, налет на данном типе ВС - 2073час, в качестве КВС на ВС B-737 - 973час, минимумы: на посадке – 15х200м, на взлете – 150м, авиационных происшествий и инцидентов в АК «ЮТэйр» не имел;

2-ой пилот – 37лет, пилот 3-го класса, образование высшее - закончил Армавирское ВВАУЛ в 1997 г., переучивание – Центр ЛП Санкт-Петербурской ГУГА 2010 г. общий налет - 1200час, налет на данном типе в качестве второго пилота – 560час, авиационных происшествий и инцидентов в прошлом не имел.

Данные по самолету: по данным полетной документации посадочная масса ВС составляла 47500кг.

Данные о метеобстановке:

- атмосферное давление у земли 750мм.рт.ст.;
- температура воздуха у земли +22°С, точка росы +19°С;
- ветер (замер по сигналу «Тревога)» - у земли 260° 4м/с, на высоте круга 100° 15м/с;

– видимость– 4км;
– облачность значительная кучево-дождевая 1000м, разорвано-дождевая 260м, слабый ливневой дождь.

Данные о аэродроме посадки:

– размер ВПП22 - 2501×45м;
– магнитный курс посадки - 219°;
– состояние ИВПП – мокрая (100%), коэффициент сцепления 0.39.

Данные о схеме захода:

– угол наклона глиссады - 2°40′;
– удаление от порога ИВПП: БПРМ – 1.04км, ДПРМ – 4.05км, ТВГ – 12.52км;
– установленные высоты пролета: БПРМ - 70, ДПРМ - 210м, ТВГ-600м

Данные параметрического регистратора.

Располагаемые данные бортового параметрического регистратора при заходе на посадку и посадке представлены в приложении В на рис. В.5.

К особенностям информации DFDR следует отнести:

- отсутствие данных DFDR с момента достижении самолетом приборной скорости 50kts на пробеге;

- неудовлетворительное качество записи боковой перегрузки (запись зашумлена помехой с частотой ~1гц).

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло продольное выкатывание самолета на 100м за выходной порог ИВПП22.

2.3.2 **Результаты моделирования особой ситуации**

Результаты расчета переменных движения и внешних помех. Оценка переменных движения и внешних помех проведена на моделирующем комплексе ГосЦентра с использование полного

комбинированного метода (ПКМ).

Результаты расчетов траекторных переменных на участке предпосадочного снижения с высоты 340м и до останова ВС после посадки представлены в функции времени на рис.16 и в функции дальности (за ноль отсчета дальности принят перенесённый входной порог ИВПП) на рис.17. По данным этих расчетов приземление самолета произошло на удалении 230м от входного порога ИВПП, т.е. до нормируемой зоны приземления (НЗП составляет для данного типа ВС 1000 – 2000ft или 305 – 610м), на приборной скорости, равной 139.5kts ($V_{зп}^{РЛЭ}$=140kts)).

Результаты расчета ветровых возмущений на предпосадочном снижении (профиль ветра по высоте полета) представлен на рис.18. По данным этих расчетов при приземление самолета реализовался ветер со встречной составляющей 2.3м/с.

Результаты оценки состояния ИВПП. Оценка состояния ИВПП с использованием метода возмущений в данном случае невозможна, так как ГосЦентр не располагает точными аэродинамическими и тяговыми характеристиками данного типа ВС. Однако, в первом приближении, оценка состояния может быть проведена по величине продольной перегрузки, реализовавшейся на пробеге. Так, среднее значение продольной перегрузки на начальном этапе составляла ~0.13 при полном использовании тормозного давления (см. рис.18). Этому значению продольной перегрузки (с учетом аэродинамического сопротивления и реверса тяги одного двигателя) может соответствовать коэффициент трения шасси не менее 0.07. Данному коэффициенту трения соответствует коэффициент сцепления не менее 0.35 (см. табл.4). В дальнейшем, при переходе пробега на нисходящий уклон ИВПП (с удаления 1700м от входного порога ИВПП, см. рис.16), произошло уменьшение продольной перегрузки до 0.07, что соответствует коэффициенту трения менее 0.05. Данное значение коэффициента сцепления свидетельствует, что эффективный коэффициент сцепления стал менее 0.3.

2.3.3 **Анализ особой ситуации**

Посадка производилась с дезактивированным реверсом двигателя №1, при положение закрылков - 30° и с использованием автоматического режима торможения. Скорость захода - 140 узлов, режим AUTOBRAKE было установлено на максимум, что должно было обеспечить потребную посадочную дистанцию без использования реверса силовой установки (для прогнозируемых условий без использования реверса обоих двигателей потребная посадочная дистанция составляла 2434м, а с использованием реверса 1-го двигателя 1975м)..

При пролете высоты 1000ft диспетчер сообщил экипажу о наличии на ВПП слоя воды 4мм, а на высоте 500ft - о видимости - 3000м., НТО - 200м.

Самолет вошел в зону интенсивных осадков и стеклоочистители были включены на максимальный режим. В процессе снижения по глиссаде наблюдалась болтанка, автопилот и автомат тяги были включены. При подходе к высоте принятия решения (на Н~100м), были отключены автопилот и автомат тяги.

Посадка произведена до рекомендуемой зоны приземления (1000-2000ft), на удалении 230 метров от входного порога ИВПП и на расчетной приборной скорости, равной 140kts. В течение последующих 6 секунд положение ВС было согласовано с МК = 219°. При устойчивом движении ВС параллельно оси ВПП, через 10 сек. после касания самолетом ИВПП, экипаж включил малый режим реверса тяги двигателей, а затем (с Vпр=80kts) максимальный реверс. Вследствие работы реверса тяги только СУ № 2 создался разворачивающий момент вправо. Опасаясь дефицита боковой управляемости, при достижении Vпр=65kts и на удалении 1700м от входного порога ИВПП, экипаж выключил реверс двигателей. В дальнейшем, меры принятые КВС для остановки ВС в пределах ИВПП, не привели к положительному результату. Самолет выкатился на грунт с уклонением вправо от оси ВПП (с МК = 240°) на 100 метров от торца ИВПП. В момент выкатывания двигатели были выключены.

2.3.4 **Выводы**

Причиной выкатывания ВС за пределы ИВПП на грунт при посадке явилось превышение потребной посадочной дистанции по отношению к располагаемой вследствие реализации на пробеге низкого, и не соответствующего прогнозу эффективного коэффициента сцепления ($\mu_{сц}^{факт} \leq 0.3$, при $\mu_{сц}^{прогн} = 0.39$). Реализация низкого фактического коэффициента сцепления на пробеге обусловлена наличием значительного слоя воды на ИВПП (d >3мм).

Результаты моделирования конечного этапа захода на посадку, посадки и пробега (до выключенеия DFDR)
самолета B-737 VQ-BAD в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011г. в функции времени

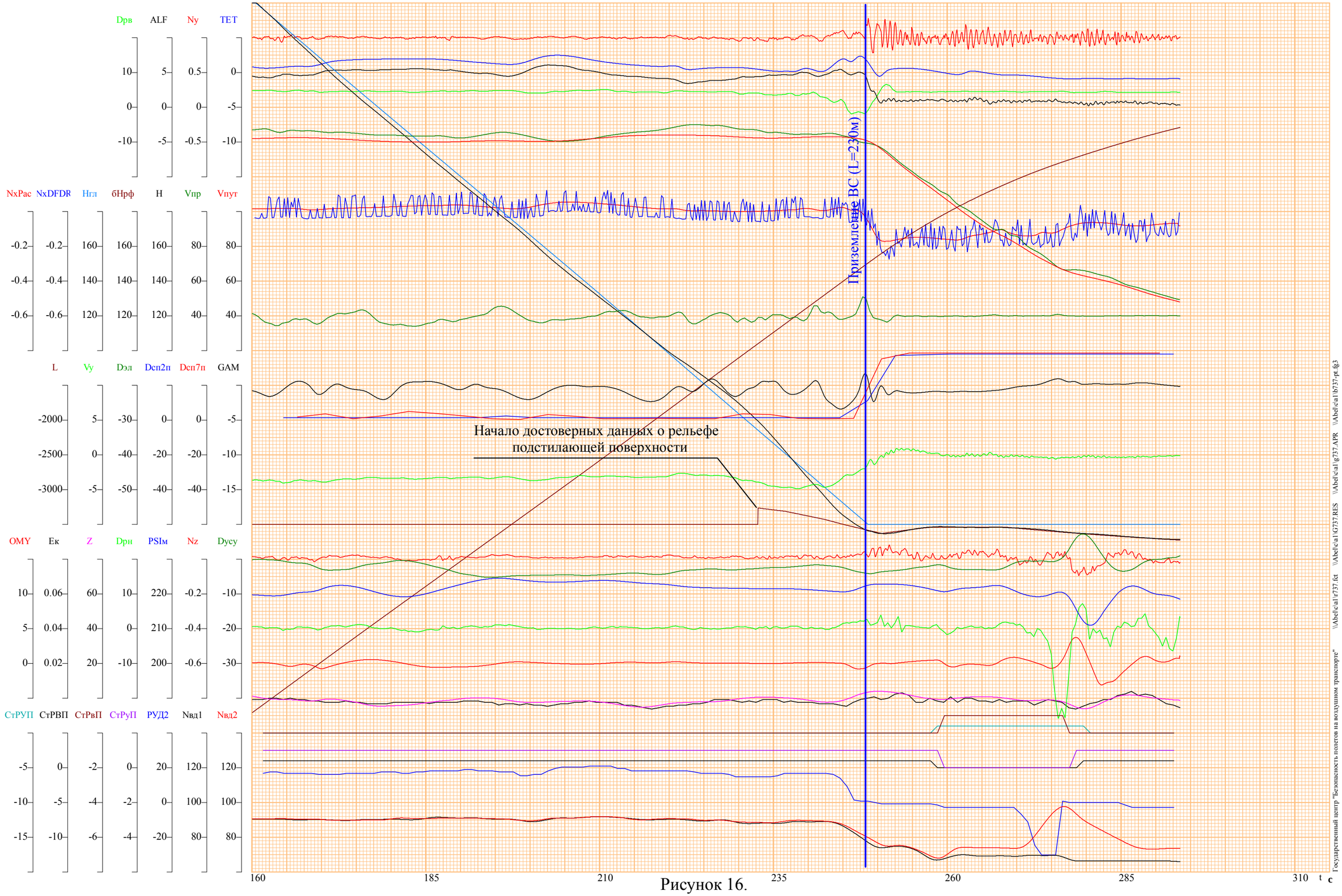


Рисунок 16.

Результаты моделирования конечного этапа захода на посадку, посадки и пробега (до выключенеия DFDR)
самолета B-737 VQ-BAD в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011г. в функции дальности

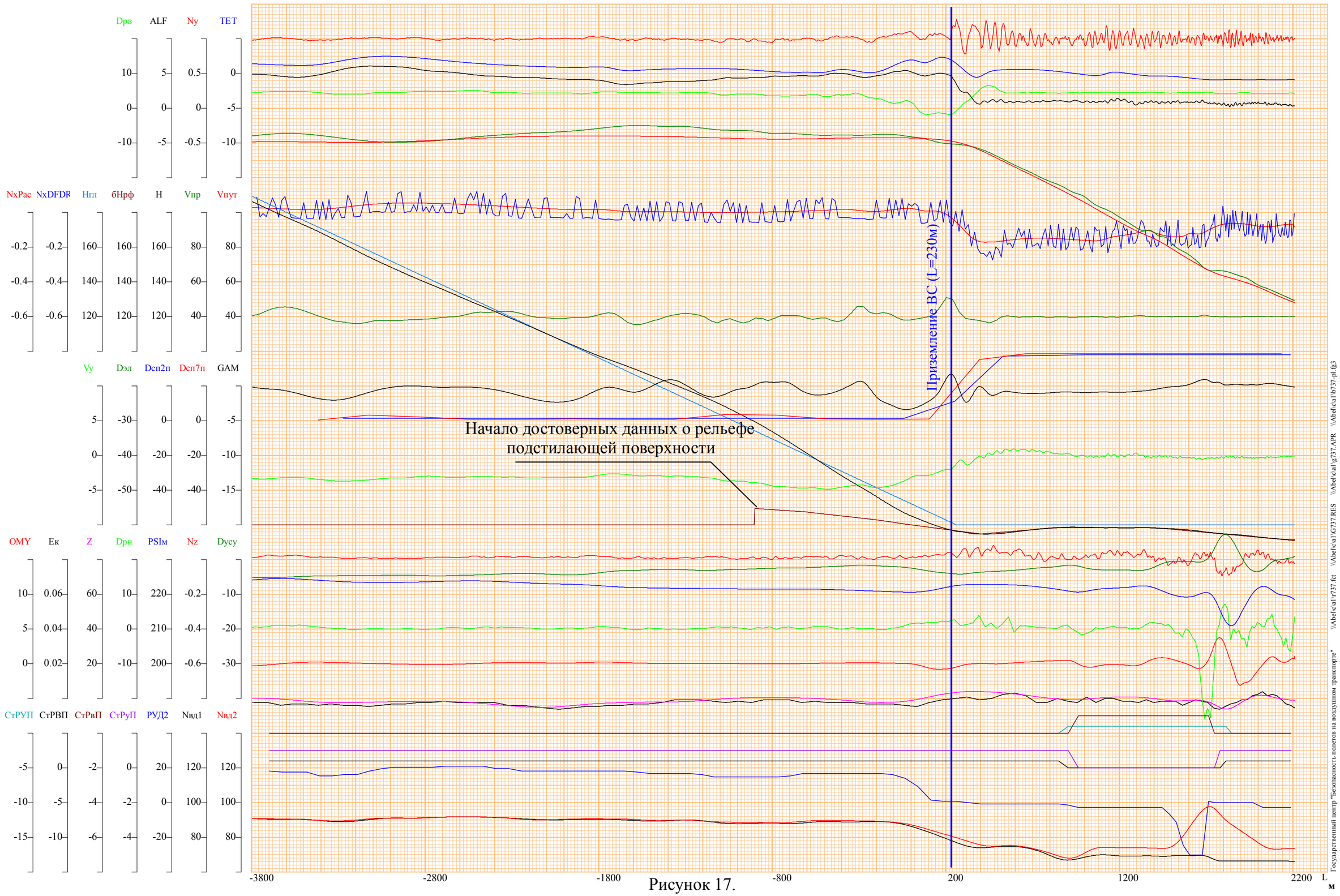


Рисунок 17.

Расчетное изменение скорости и метеорогического направления ветра по высоте при заходе на посадку ВС B-737 VQ-BAD в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011г.

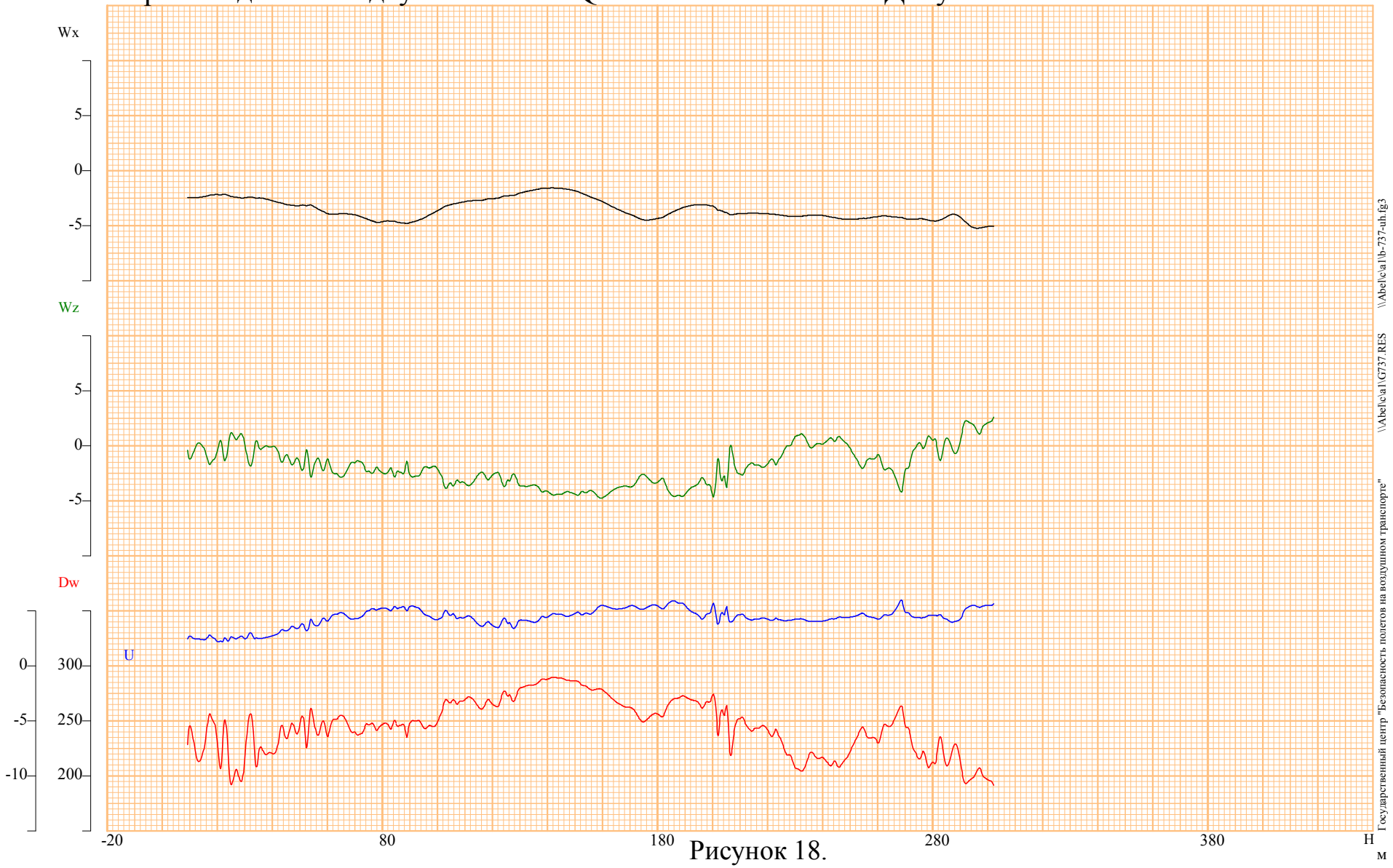


Рисунок 18.

Изменение расчетных и фактических (от DFDR) параметров на участке устойчивого пробега по ИВПП при посадке ВС B-737 VQ-BAD в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011г. в функции времени.

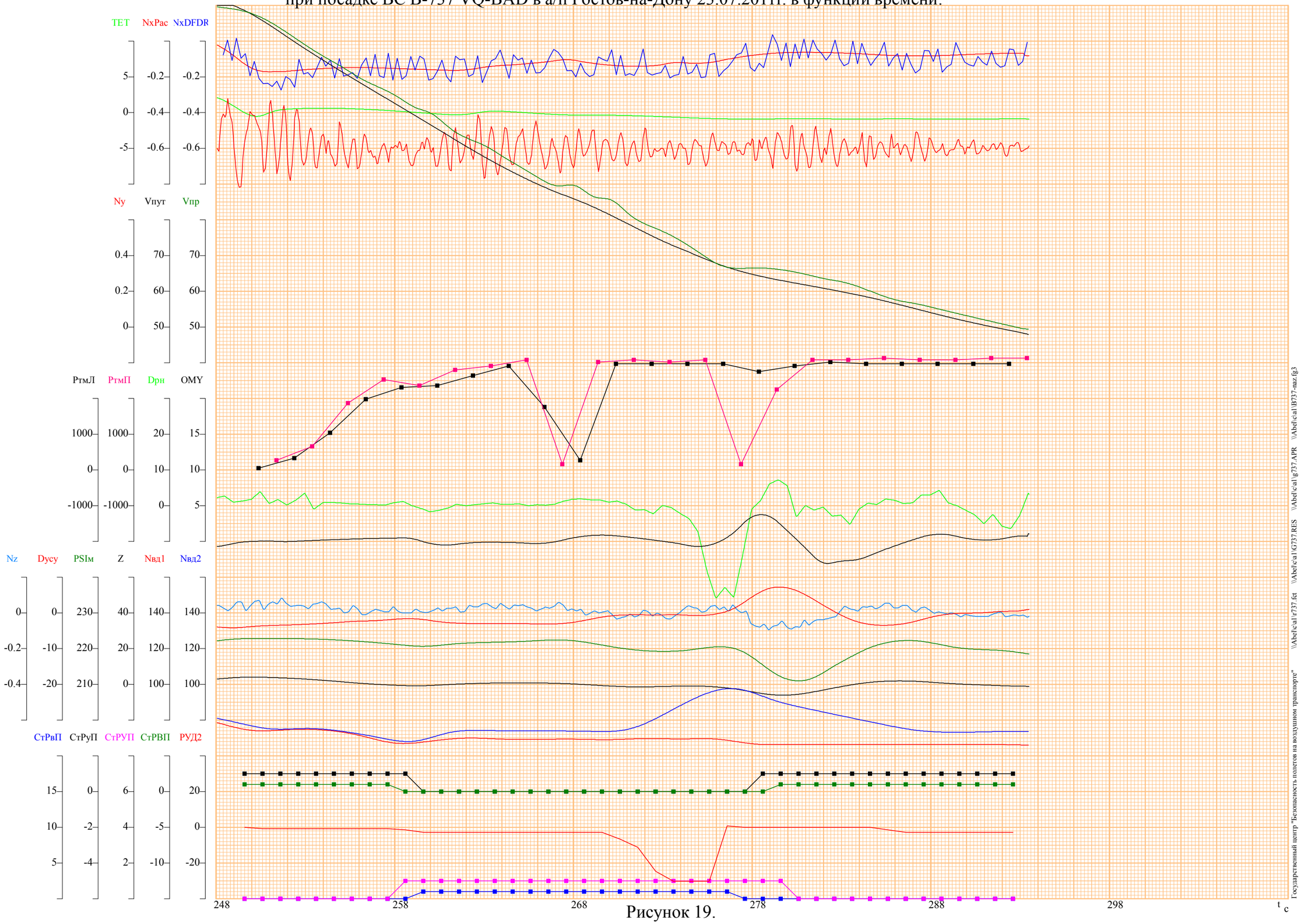


Рисунок 19.

2.4 Выкатывание ВС B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.2011

2.4.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные

Обстоятельства события. При выполнении посадки ночью в сложных метеорологических условиях произошло выкатывание ВС за выходной порог ВПП36л (по передней стойке шасси самолет выкатился на 46м по оси ИВПП и вправо на 31м от оси ИВПП). При выкатывании самолета поврежден один торцевой фонарь ИВПП.

Данные по экипажу:

КВС – 57лет, пилот 1-го класса, закончил Бугурусланское ЛУГА в 1974 г. и Академию ГА в 1984 г., переучивание на В-737 в Санкт-Петербурской ГУ ГА в 2009 г., общий налет – 14858час, налет на ВС В-737-300/400/500 -702час, на ВС В-737-600/700/800 – 850час., в качестве КВС на В-737-600/700/800 – 850час, минимумы: на посадке – 30х300м, на взлете – 250м.

2-ой пилот – 42 года, пилот 3-го класса, закончил Уфимское ВВАУЛ в 1991 г., переучивание на В-737 в SABENAVITA 2010 г., общий налет - 2411час, налет на В-737- 600/700/800 - 535час, минимумы: на посадке - 60/550м, на взлете -250м.

Данные по самолету. По данным полетной документации посадочная масса составляла 61644кг, центровка 20.% САХ.

Данные о метеообстановке (по сигналу «Тревога»):

- атмосферное давление у земли 750 мм.рт.ст.;
- температура воздуха у земли +1.5°С, точка росы +1.5°С;
- ветер: у земли - 170° 1 м/с, на высоте круга – 210°, 7 м/с;
- видимость – 600 м (по ОВИ – 1400 м), временами 400 м, туман;
- облачность слоистая 8 октантов, нижняя граница 90 м.

Данные об аэродроме посадки:

– размер ИВПП36л - 2805×45м;
– состояние ИВПП – влажная, толщина покрытия – менее 1мм;
– коэффициент сцепления по АТИС – 0.5, по данным контрольного замера после инцидента – 0.5/0.5/0.5/0.5/0.5/0.5.

Данные о схеме захода:

– магнитный курс посадки - 360°;
– угол наклона глиссады - 3°;
– удаление от порога ИВПП: БПРМ – 1.00км, ДПРМ – 4.49км, ТВГ - 9.25км;
– установленные высоты пролета: БПРМ - 70, ДПРМ - 250м, ТВГ-500м.

Данные параметрического и речевого регистраторов.

Данные бортовых регистраторов (DFDR и CVR) при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены в приложении В на рис.В.6. Информация DFDR достоверна и соответствует (по точности и перечню параметров) ТУ по всем каналам записи.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло продольное выкатывание самолета (по передней стойке шасси ВС выкатился на 46м по оси ИВПП36л и вправо на 31м от её оси).

2.4.2 **Результаты моделирования особой ситуации**

Результаты расчетов переменных движения и внешних помех. Расчет переменных движения и внешних помех (ветровых возмущений) проведен полным комбинированным методом (ПКМ) по данным информации от бортового регистратора и крок инцидента. Для траекторных расчетов выбран участок полета с высоты ~260м и удаления ~4780м от порога ИВПП (непосредственно перед пролетом ДПРМ) до момента

остановки ВС после пробега.

Результаты траекторных расчетов представлены в функции времени на рис.20 и в функции дальности (за «0» отсчета дальности принят входной порог ИВПП) на рис.21, а оценки ветровых возмущений в функции высоты полета (профиль ветра по высоте) представлены на рис.22 Расчетные значения скорости и направления ветра на конечном этапе предпосадочного снижения практически соответствуют данным метеозамеров. Величина попутной составляющей скорости ветра у земли при приземлении ВС составляла ~ 1м/с.

Качественный анализ реакции ВС на отклонение органов управления показал, что на всех этапах посадки особенностей характеристик устойчивости и управляемости самолета по всем каналам не наблюдается.

Результаты оценки состояния ИВПП. Состояние ИВПП в данном случае оценивалось по эффективному коэффициенту сцепления, реализовавшемуся на пробеге. При этом для расчета сил реакции земли на шасси использовался метод возмущений (МВ), а расчет коэффициента сцепления проведен по первому способу (см. методику в разделе 1.2).

Результаты расчета эффективного коэффициента сцепления при движении самолета на участке пробега по ИВПП представлены в функции дальности на рис.23.

Необходимо отметить одну особенность тормозных характеристик самолета B-737-800 при использовании экипажем в данном случае режима «AUTOBRAKE 2». При использовании этого режима автоматикой должно выдерживается отрицательное продольное ускорение самолета не менее 1.524ед. Так как суммарное значение отрицательного продольного ускорения от тяги полного реверса двигателей и от аэродинамического сопротивления самолета при выпущенных спойлерах до скорости 84kts превышает эту величину, то на участке пробега от момента касания самолетом ИВПП и до скорости 84kts тормоза шасси практически не используются. На этом участке пробега расчетными методами оценить

состояние ИВПП не представляется возможным, а только можно определить коэффициент трения качения колес шасси. При этом состояние ИВПП для этого участка практически не влияет на длину пробега.

В исследуемом случае необходимые и достаточные условия применения первого способа реализовались только после отключения режима «AUTOBRAKE 2» на двух участках.

Первый участок – пробег ВС с удаления 2250 м от входного порога ИВПП до удаления 2430м. На этом участке при средней путевой скорости 69kts реализовался коэффициент трения со средним значением 0.125 (минимальном значение этого коэффициента составляло 0.05, а максимальное значении - 0.21).

По расчету этим коэффициентам трения соответствуют коэффициенты сцепления $\mu_{сц}^{ср.}$=0.38, $\mu_{сц}^{min.}$=0.22 и $\mu_{сц}^{max.}$=0.55. По среднему коэффициенту сцепления состояние ИВПП на данном участке может быть оценено, как мокрое и местами покрытое мокрым льдом (см. табл.3 и 4.). В соответствии с таблицей 1 состояние ИВПП на данном участке пробега можно оценить, как Medium.

Второй участок – пробег ВС с удаления 2495м от входного порога ИВПП до удаления 2720м. На этом участке при меньшей, чем на первом участке средней путевой скорости ($V_{пут.}^{ср.}$=44kts), реализовался меньший средний коэффициент трения ($f_{тр}^{ср.}$=0.105, $f_{тр}^{min}$=0.06, $f_{тр}^{max}$=0.21). Данные коэффициенты трения соответствуют следующим коэффициентам сцепления - $\mu_{сц}^{ср.}$= 0.3, $\mu_{сц}^{min.}$=0.20 и $\mu_{сц}^{max.}$=0.49. По среднему коэффициенту сцепления состояние ИВПП на данном участке, также как и на 1-ом участке, может быть оценено как мокрое и местами покрытое мокрым льдом (см. табл.3. и 4), а в соответствии с таблицей 1, состояние ИВПП характеризуется как POOR.

Качественная оценка состояния ИВПП непосредственно по расчетному коэффициенту трения с использованием таблиц 2 и 3 на обоих выбранных участках подтверждает результаты расчетов первым способом

Качественно на низкий коэффициент сцепления на конечном участке ИВПП ($L_{ИВПП}$=2700…2800м) указывает также и очень малое значение боковой перегрузки ($N_z^{ср.}$<0.08ед.), реализовавшейся при попытке экипажа произвести сруливание на РД на повышенной скорости при очень больших углах увода основных колес шасси (при Dycy = -10°, см. рис.23).

В соответствии с информацией АТИС и диспетчеров о состоянии ИВПП (коэффициент сцепления 0.5, ИВПП влажная, что соответствует состоянию Good, см. табл.1), экипаж принял правильное решение о производстве посадки с автоматическим режимом торможения Good AUTOBRAKE 2. При этом в случае перехода на ручное управление и использовании полного тормозного давления должен был реализоваться средний коэффициент трения не менее 0.2. Однако результаты расчетов показали, что на этапе пробега, начиная с удаления 2100м, реализовалась величина среднего коэффициента трения значительно ниже ожидаемого, а состояние ИВПП можно охарактеризовать в начале этапа как Medium, а затем как POOR (ИВПП мокрая и местами покрыта мокрым льдом).

Результаты оценка посадочных дистанций. Располагаемая посадочная дистанция (Lрпд) в а/п Нижний Новгород составляет 2805м. Потребная посадочная дистанция (Lппд) при выбранном экипажем режиме посадки (Flaps30, Good, AUTOBRAKE 2, полный реверс до Vпр=60kts) и следующих условиях:

- посадочная масса ВС – 61644кг;
- давление на уровне аэродрома – 750мм.рт.ст.;
- попутный ветер -1м/с;
- уклон ИВПП – 0.0178% (восходящий);
- температура - +1.5°С;
- посадочная скорость VREF30 +6= 144+6=150kts (при пролете входного порога ИВПП самолет имел скорость VREF30+6, а при приземлении VREF30), в соответствии с таблицей расчета потребных посадочных дистанций ВС В-737-800 составляла 2575м.

При этом, учитывая, что данная дистанция приведена в таблицах с нормируемым коэффициент запаса 1.92 (самолет сертифицирован по нормам летной годности АП-25 и имеет $К_{зап}^{РЛЭ}$=1.667 при сухой ИВПП и дополнительно увеличенный на 1.15 для ИВПП покрытой осадками), то расчетная посадочная дистанция при $К_{зап}$=1 составляет 1341м, а длина пробега 1036м при длине воздушного участка 305м. Фактически экипаж имел значительно больший коэффициент запаса посадочной дистанции – $К_{зап.}^{факт}$= 2805/1341=2.091.

Фактическая посадочная дистанция, реализовавшаяся в исследуемом случае, превысила располагаемую дистанцию и составила 2850м. При этом длина воздушного участка составила 875м, а длина пробега 1975м.

Рассмотрим влияние допущенных экипажем отклонений от рекомендаций РЛЭ, которые могут повлиять на увеличение посадочной дистанции.

На увеличение фактической дистанции в исследуемом случае могли повлиять три фактора – перелет нормируемой точки приземления, преждевременное выключение реверса тяги двигателей и кратковременное уменьшение тормозного давления после отключения режима торможения AUTOBRAKE 2 .

Перелет нормируемой точки приземления. В исследуемом случае реализовался перелет нормируемой точки приземления на 570м (приземление самолета произошло на удалении 875 от входного порога ИВПП). Такой перелет допустим для самолета В-737-800 (рекомендуемая зона приземления для данного типа ВС составляет 1000…2000ft, а предельная допустимая точка приземления составляет 3000ft (915м) от входного порога ИВПП).

Раннее отключение реверса двигателей. В исследуемом случае экипаж выключил реверс тяги двигателей при удалении 2080м от входного порога ИВПП, на Vпр=80kts, при рекомендуемой РЛЭ приборной скорости выключения 60kts. Так как автоматическая система торможения вышла на

режим поддержания постоянного продольного ускорения (-1.55м/с^2) на приборной скорости 88kts, то при продолжении пробега в режиме торможения AUTOBRAKE 2, выключение реверса на Vпр=80kts не влияет на величину фактической дистанции.

Кратковременное уменьшение тормозного давления. На удалении 2430м экипаж импульсно (в течение 1.5с) уменьшил тормозное давление с максимального уровня до уровня 1500psi. Данное действие экипажа практически не повлияло на продольную перегрузку, а, следовательно, и на фактическую посадочную дистанцию (см. на рис.23 изменение продольной перегрузки на этом участке пробега).

При условии, если бы экипаж в исследуемом случае использовал режим AUTOBRAKE 2 до конца пробега, а состояние ИВПП соответствовало категории Good, то, как показал расчет (с момента отключения экипажем на удалении 2200м режима AUTOBRAKE 2), самолет остановился бы на расстоянии 2669м, т.е. за 136м до выходного порога ИВПП.

Таким образом, превышение фактически реализовавшейся посадочной дистанции (2850м) над расчетной (2669м) свидетельствует о том, что состояния ИВПП не соответствовало категории Good .

2.4.3 **Анализ развития особой ситуации**

Посадка самолета производилась в директорном режиме, ночью и в сложных метеорологических условиях.

Рассмотрим функционирование системы «экипаж–ВС-среда» на характерных этапах посадки.

Предпосадочное снижение. На предпосадочном снижении, до высоты принятия решения (60м), отклонения регламентируемых параметров полета от требуемых не выходили за пределы допустимых отклонений и не превышали следующих значений: - по высоте (от глиссады) ±2м, по курсу ±5м, по приборной скорости ±2kts (при выдерживании экипажем при полете

по глиссаде приборной скорости VREF30+10=(144+10)kts). На высоте принятия решения все регламентируемые параметры соответствовали допустимым для посадки значениям.

После пролета высоты принятия решения экипаж выполнил небольшой маневр по высоте – уход под продолженную глиссаду на 3м и начал уменьшать приборную скорость.

После перехода экипажа на визуальный полет у самолета (с высоты 40м) начал развиваться правый крен, который достиг максимального значения 4° к моменту пролета входного порога ИВПП. Вследствие этого начался рост бокового уклонения самолета вправо от оси ИВПП.

Непреднамеренное кренение самолета в процессе визуального полета перед выравниванием (или в процессе выравнивания) достаточно часто встречается в эксплуатации при очень низкой видимости. Это происходит вследствие переключения основного внимания пилотирующего на продольный канал или ориентации только по односторонним огням ОВИ. (В исследуемом случае были условия возникновения очень низкой видимости – по данным метеослужбы наблюдалась дымка и временами видимость уменьшалась до 400м.)

Выравнивание и приземление. Выравнивание экипаж начал с высоты 10м, при вертикальной скорости снижения 4м/с и на удалении 30м от входного порога ИВПП. При пролете порога ИВПП самолет имел приборную скорость VREF30+6.

В процессе выравнивания экипаж устранил правый крен, а затем приостановил выравнивание на высоте 1…2м и из-за малой высоты полета выполнил плоский маневр по устранению бокового уклонения (см. изменение боковых параметров движения в процессе выравнивания на рис.21).

При выполнении маневра по устранению бокового уклонения произошло увеличение воздушного участка посадочной дистанции на 570м по отношению к нормируемой точке приземления (305м).

Приземление самолета произошло на удалении 875м от входного порога ИВПП (рекомендуемая зона приземления для данного типа ВС составляет 305…610м, а максимально допустимое удаление при приземлении - 915м), с вертикальной скоростью снижения 0.8м/с, при боковом уклонении от оси ИВПП вправо на 12м, на приборной скорости VREF30=144kts, с правым креном 1° и углом скольжением на правое крыло, равным 7°.

В процессе приземления экипаж уменьшил режим работы двигателей до малого газа.

Сразу же после приземления экипаж опустил переднюю стойку шасси (с темпом за 1.8сек) и после выпуска тормозных интерцепторов включил полный реверс двигателей.

Пробег. В процессе начального этапа пробега, при работе тормозной системы в режиме AUTOBRAKE2, экипаж, до удалении 1200м от входного порога ИВПП, устранил боковое уклонение ВС от оси ИВПП.

При уменьшении приборной скорости до 80kts (при удалении 2080м от входного порога ИВПП) экипаж выключил реверс, продолжая использовать режим торможения AUTOBRAKE2. При этом замедлился темп уменьшения приборной скорости - отрицательная продольная перегрузка уменьшилась в среднем до 0.11ед. Реагируя на это, экипаж отключил автоматическое торможение и начал использовать практически полное тормозное давление. Данные действия экипажа не привели к существенному увеличению отрицательной продольной перегрузки – её среднее значение достигло только уровня, который реализуется при нормальном режиме AUTOBRAKE2, т.е. равном 0.155ед. Экипаж, наиболее вероятно, воспринял низкий уровень продольной перегрузки как следствие вхождения колес шасси в юзовый режим и на удалении 2440…2500м при Vпр~60kts произвел кратковременное уменьшение тормозного давления, а затем снова начал использовать практически полное тормозное давление. Данные действия также не дали положительного эффекта и, ввиду возникновения явной

угрозы продольного выкатывания ВС, экипаж на удалении 2580м и при путевой скорости 38kts снова включил полный реверс.

На удалении 105м от выходного порога ИВПП экипаж, при путевой скорости 28kts, ввиду явной угрозы продольного выкатывании ВС, предпринял попытку срулить на правую концевую РД. Вследствие большой скорости ВС и очень низкого коэффициента сцепления данная попытка экипажа оказалась безуспешной – с уклонением вправо самолет на Vпут.=20kts выкатился за пределы ИВПП.

Непосредственно перед сходом ВС с ИВПП экипаж выключил реверс двигателей.

2.4.4 **Выводы**

1. Условия при посадке самолета Boeing 737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.12 г. по состоянию ИВПП не соответствовали условиям, по которым экипаж принимал решение о использовании режима торможения на пробеге. По данным АТИС и диспетчерской службы – полоса влажная коэффициент сцепления по всей полосе 0.5, что для ВС типа B-747-800 соответствует состоянию ИВПП как Good, а фактически (по расчету с использованием данных бортовых регистраторов) на последней четверти ИВПП - мокрая, местами мокрый лед, средний коэффициент сцепления с удаления 2100м составлял 0.38, что соответствует категории Medium, а с удаления 2500м - 0.3, что соответствует категории Poor.

2. В соответствии с полученной информацией о состоянии ИВПП экипаж принял правильное решение производить посадку с использованием автоматического торможения в режиме AUTOBRAKE2. При данном режим торможения и состоянии ИВПП Good потребная посадочная дистанция составляла 2575м, что при располагаемой дистанции 2805м обеспечивало коэффициент запаса 2.09 (при потребном 1.92). Фактически при производстве посадки посадочная дистанция составила 2850м и превысила располагаемую, что привело к выкатыванию самолета за пределы ИВПП.

3. Кроме состояния ИВПП на увеличение фактической посадочной

дистанции повлиял перелет ВС рекомендуемой зоны приземления - приземление произошло на удалении 875м (рекомендуемая зона приземления 305…610м). Однако данный фактор следует считать эксплуатационным, так как максимально допустимая точка приземления для данного типа ВС по РЛЭ составляет 915м.

4. Несоответствие заявленного и фактического состояния ИВПП в данном случае является определяющим фактором увеличения посадочной дистанции и явилось причиной выкатывания самолета.

Результаты моделирования посадки самолета B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.2011г. в функции времени.

Рисунок 20.

Результаты моделирования посадки самолета B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.2011г. в функции дальности.

Рисунок 21.

Расчетное изменение скорости и метеорологического направления ветра по высоте
при посадке ВС B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.2011

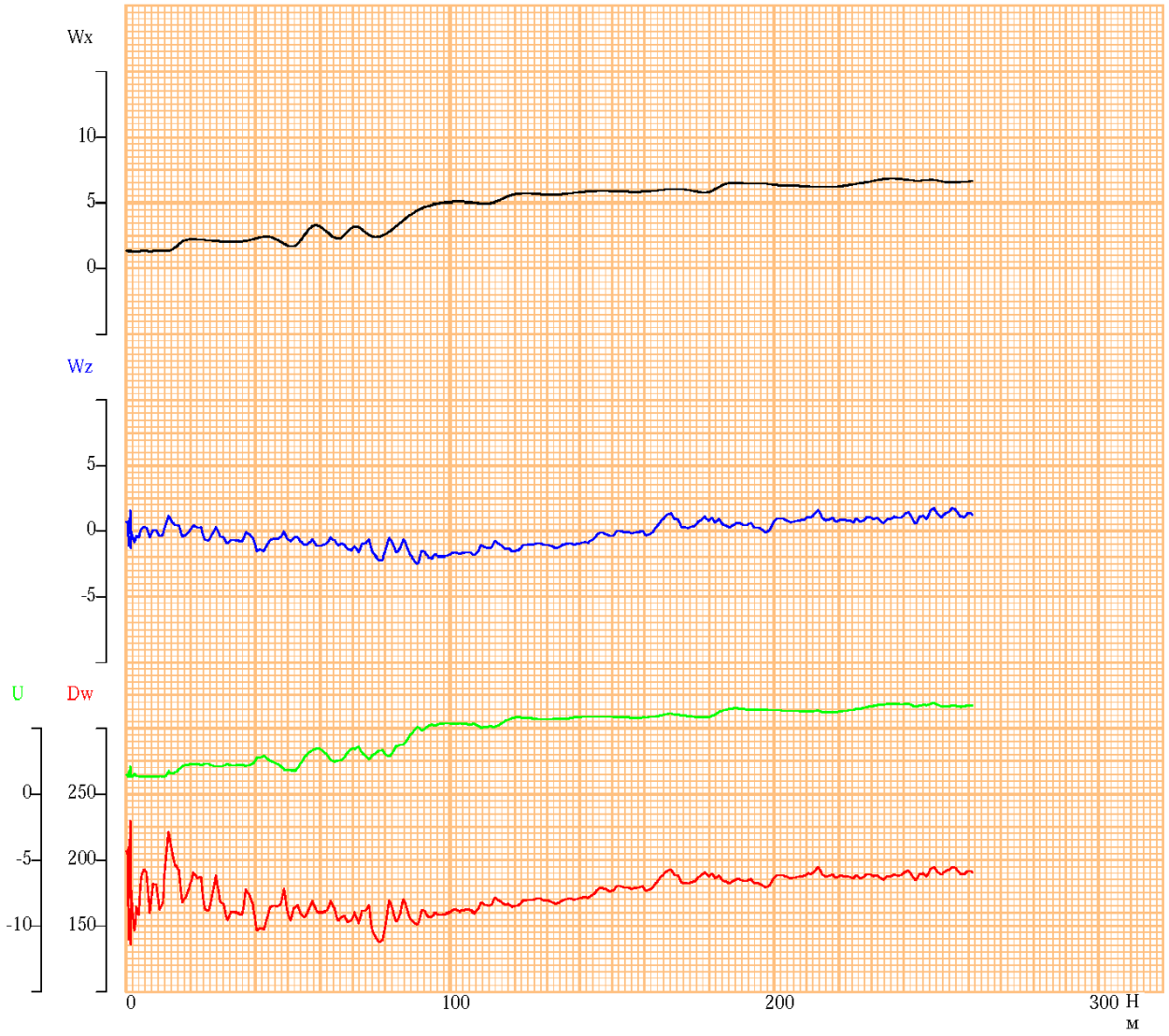


Рисунок 22.

Исходные данные для оценки эффективного коэффициентта сцепления

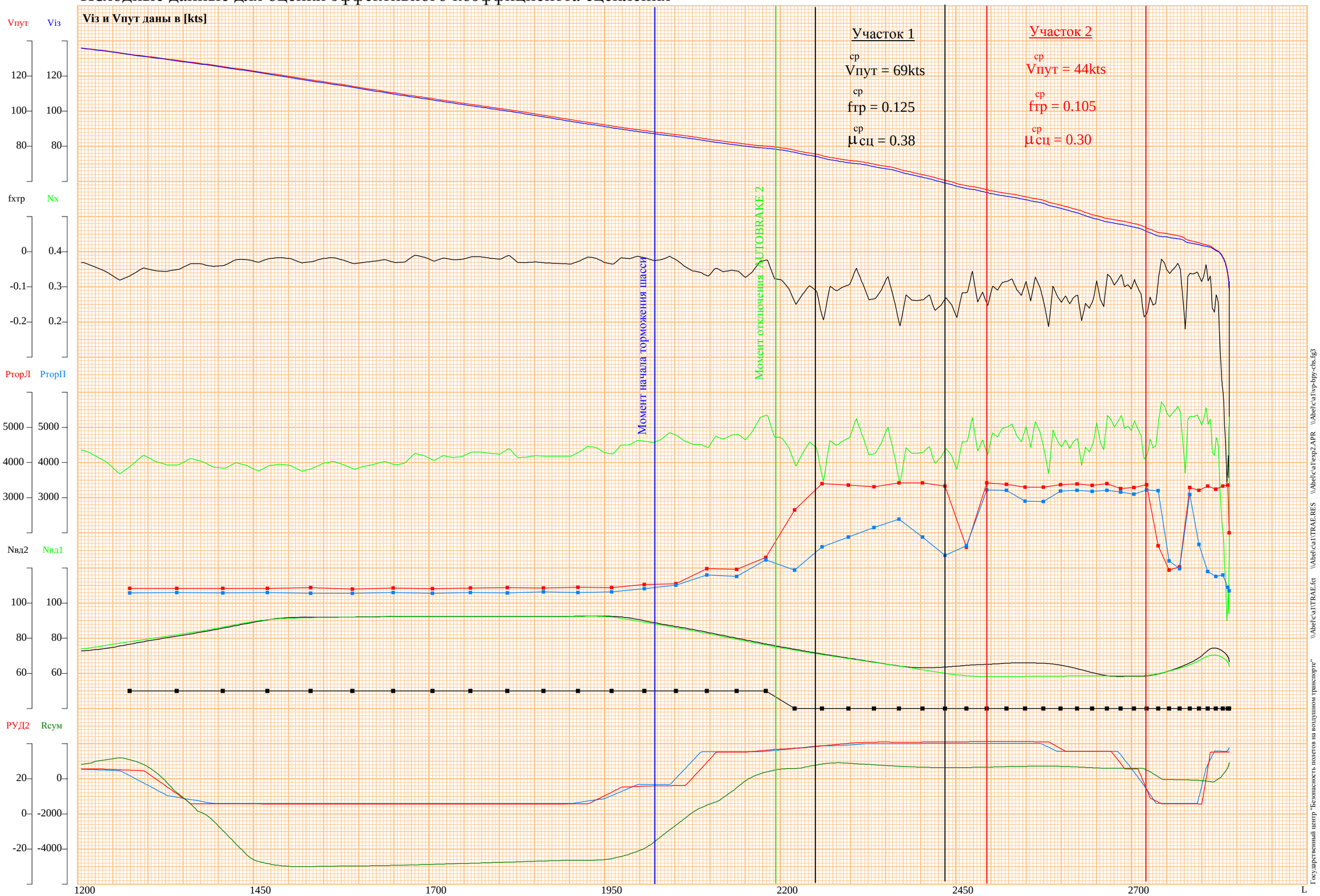


Рисунок 23.

2.5 Выкатывание ВС B-737-500 VP-BRK в а/п Архангельск 05.02.2011

2.5.1 Обстоятельства инцидента и исходные данные

Обстоятельства события. При выполнении посадки в простых метеорологических условиях, при попытке сруливания на РД №6, произошло выкатывание ВС по осевой линии за выходной порог ИВПП (по передней стойке шасси самолет выкатился на ~10м). Самолет и светотехническое оборудование аэродрома при выкатывании не повреждены.

Данные по экипажу:

КВС – 47лет, пилот 1-го класса, образование высшее, закончил Актюбинское ВЛУ ГА в 1989 г., переучивание на В-737 в Центре летной подготовки (г. Денвер, США), общий налет – 9200час, налет на ВС В-737 – 3100час, в качестве КВС на В-737 – 2500час, минимумы: на посадке – 30х350м, на взлете – 200м. Авиационных происшествий в прошлом не имел.

2-ой пилот – 52года, пилот 2-го класса, закончил Сасовское ЛУГА в 1983 г., переучивание на В-737 в SABENAVITA в 2007 г., общий налет - 7500час, налет на В-737 - 1800час, минимумы: на посадке - 60/550м, на взлете -250м. Авиационных происшествий и подобных инцидентов в прошлом не имел.

Данные по самолету. По данным полетной документации посадочная масса составляла 48050кг.

Данные о метеообстановке

- атмосферное давление у земли 992мб;
- температура воздуха у земли -17°С, точка росы -20°С;
- ветер: у земли - 90° 6м/с, порывы до 9м/с;
- видимость –8000м, слабый снег, поземок;
- облачность кучевая с нижней границей 630м.

Данные об аэродроме посадки:

- размер ИВПП - 2500×44м;
- состояние ИВПП – изморозь до 1мм, местами мерзлый снег
- до 10мм (30%), местами сухой снег до 5мм (5%) ;
- коэффициент сцепления по АТИС – 0.48/0.45,0.34, по данным
- контрольного замера после инцидента – 0.48/0.0.36/0.0.33.

Данные о схеме захода:

- магнитный курс посадки - 81°;
- угол наклона глиссады - 2°40′;
- удаление от порога ИВПП: БПРМ – 0.84км, ДПРМ – 5.1км, ТВГ – 10.4км;
- установленные высоты пролета: БПРМ - 50, ДПРМ - 250м, ТВГ-500м.

Данные параметрического регистратора. Данные бортового регистратора при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены на рис.24-26.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло продольное выкатывание самолета на 10м за выходной порог ИВПП08.

2.5.2 **Анализ особой ситуации**

Заход на посадку осуществлялся с МК=81° по ILS в директорном режиме. Условия посадки соответствовали допустимым для ВС, экипажа и аэродрома. В соответствии с условиями посадки экипаж принял решения использовать систему автоматического торможения AUTOBRAKE 2.

При заходе на посадку диспетчер рекомендовал экипажу увеличить скорость, так как на схеме вторым на очереди с небольшим интервалом по дальности находился ВС Ан-24 (в момент приземления ВС этот интервал составлял 11км). По объяснительным КВС, с этого момента он был нацелен на быстрое освобождение ВПП после посадки.

Особенностей в выполнении предпосадочного снижения, приземления и начального этапа пробега по данным бортовых регистраторов не отмечается.

Приземление самолета произошло в рекомендованной зоне (на удалении 520м от входного порога ИВПП) и на рекомендованной приборной скорости (Vпр=130kts). После опускания передней опоры был включен реверс двигателей, выпущены спойлеры и вступила в работу система автоматического торможения. На скорости Vпр=96kts экипаж преждевременно начал уменьшать режим реверса (РЛЭ рекомендует уменьшать реверс с Vпр=60kts) и окончательно выключил его на Vпр=84kts. Данное отклонение от рекомендаций РЛЭ не может рассматриваться как фактор выкатывания ВС, так как к моменту отключения реверса оставшейся дистанции было достаточно для останова ВС с использованием других средств торможения в штатном режиме.

На скорости 68kts экипаж отклонением тормозных педалей отключил систему автоматического торможения и продолжил пробег без использования торможения от шасси в течении 34с (см. изменение тормозного давления при Т=08.43.03….08.43.37 на рис.24). На этом участке пробега путевая скорость ВС уменьшилась с 55 до 44kts. В конце этого участка экипаж импульсным отклонением правой и левой тормозных педалей проверил эффективность торможения от шасси (см. на рис.25 изменение продольной перегрузки и тормозного давления на участке пробега при Т=08.43.27…08.43.32).

С удаления 280м при путевой скорости ВС 44kts начал использовать торможение от шасси, нажав полностью тормозные педали, а еще через 5с включил полный режим реверса двигателей.

При Vпут=34kts экипаж попытался срулить вправо на РД6, используя рулежное отклонение передних колес шасси (см. изменение курса и боковой перегрузки при Т=08.43.44….08.43.50 на рис.25 и 26). При этом вследствие большой скорости и малого коэффициента сцепления

реализовалось юзовое движение, как передних, так и основных колес шасси, а также возникла интенсивная тряска ВС. Учитывая данное обстоятельство, экипаж прекратил выполнение разворота, а непосредственно перед выкатыванием выключил реверс двигателей.

Проверка коэффициента сцепления расчетными методами с использованием данных бортового регистратора показала, что на участке пробега с момента начала использования экипажем полного торможения от шасси значение эффективного коэффициента сцепления было не менее замеренного после инцидента ($\mu_{сц}^{эфф} \geq 0.33$).

2.5.3 **Выводы**

1. Причиной выкатывания ВС колесами передней опоры шасси на укрепленный участок, примыкающей к торцу ВПП, явились неправильные и несвоевременные действия экипажа по уменьшению скорости движения самолета на пробеге перед сруливанием на РД 6.

2. Фактором инцидента является неоправданное решение КВС о скорейшем освобождении ВПП для посадки следующего за ним самолета.

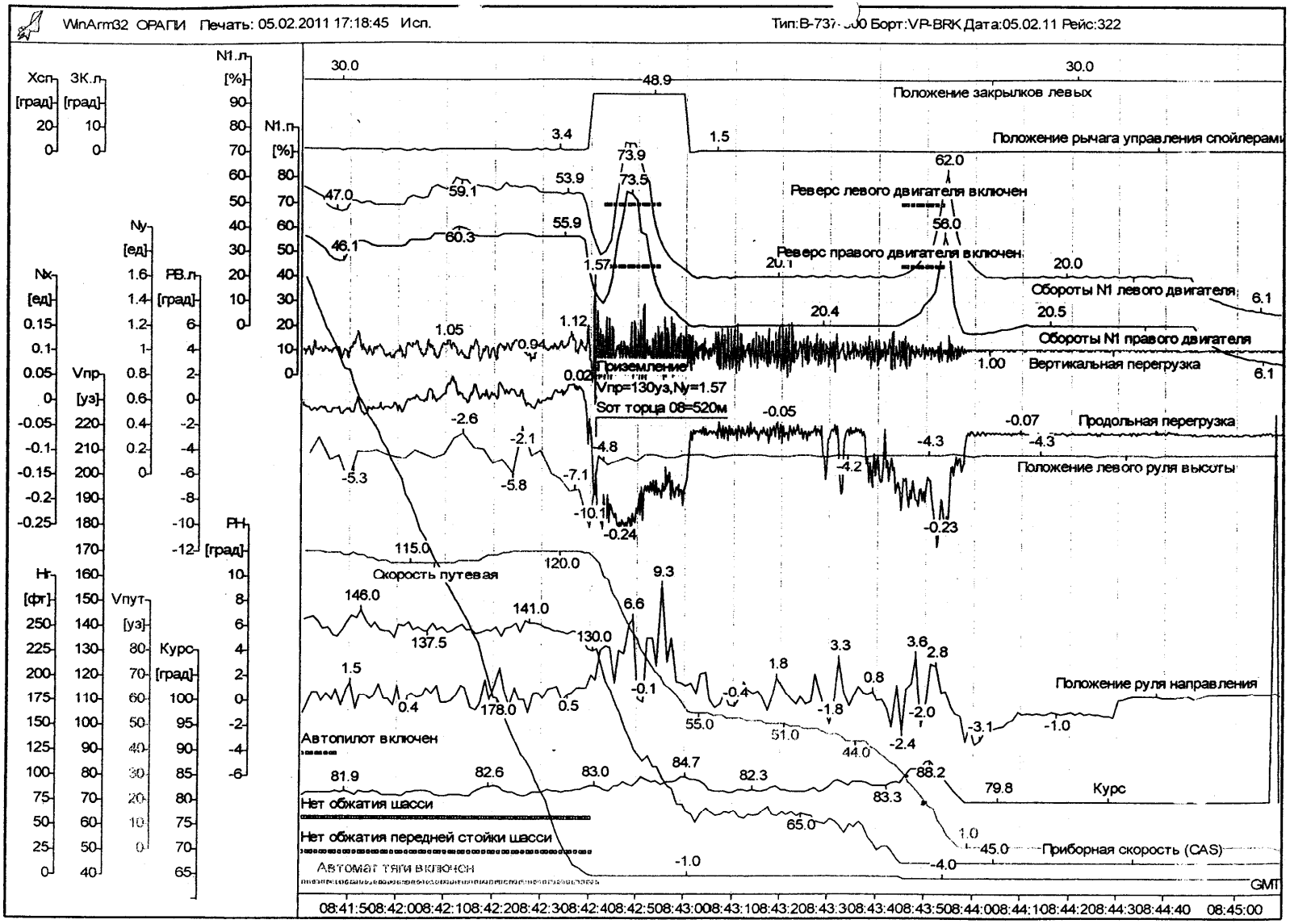

WinArm32 ОРАПИ Печать: 05.02.2011 17:18:45 Исп.
Тип:B-737-300 Борт:VP-BRK Дата:05.02.11 Рейс:322
Положение закрылков левых
Положение рычага управления спойлерами
Реверс левого двигателя включен
Реверс правого двигателя включен
Обороты N1 левого двигателя
Обороты N1 правого двигателя
Вертикальная перегрузка
Приземление
Vпр=130уз,Ny=1.57
Sот торца 08=520м
Продольная перегрузка
Положение левого руля высоты
Скорость путевая
Положение руля направления
Автопилот включен
Нет обжатия шасси
Нет обжатия передней стойки шасси
Автомат тяги включен
Курс
Приборная скорость (CAS)
GMT
Xсп
ЗК.л
N1.л
Ny
Nx
PB.л
Vпр
Hг
Vпут
Курс
PH
08:41:508:42:008:42:108:42:208:42:308:42:408:42:508:43:008:43:108:43:208:43:308:43:408:43:508:44:008:44:108:44:208:44:308:44:40
08:45:00

Рисунок 24.

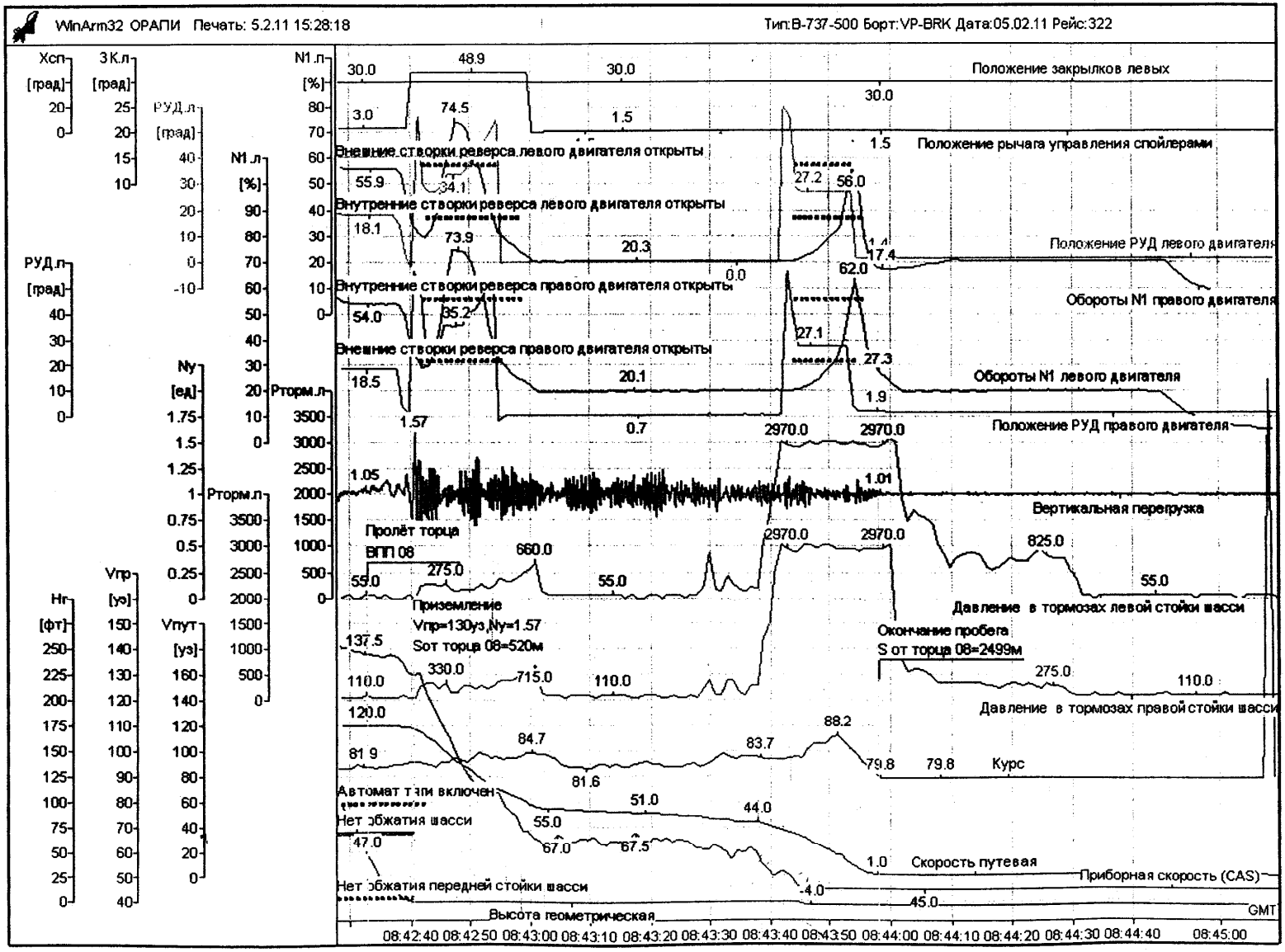

WinArm32 ОРАПИ Печать: 5.2.11 15:28:18
Тип:B-737-500 Борт:VP-BRK Дата:05.02.11 Рейс:322
Положение закрылков левых
Положение рычага управления спойлерами
Внешние створки реверса левого двигателя открыты
Внутренние створки реверса левого двигателя открыты
Положение РУД левого двигателя
Внутренние створки реверса правого двигателя открыты
Обороты N1 правого двигателя
Внешние створки реверса правого двигателя открыты
Обороты N1 левого двигателя
Положение РУД правого двигателя
Вертикальная перегрузка
Пролёт торца ВПП 08
Приземление Vпр=130уз,Ny=1.57 Sот торца 08=520м
Давление в тормозах левой стойки шасси
Окончание пробега S от торца 08=2499м
Давление в тормозах правой стойки шасси
Курс
Автомат тяги включен
Нет обжатия шасси
Нет обжатия передней стойки шасси
Скорость путевая
Приборная скорость (CAS)
Высота геометрическая
GMT
08:42:40 08:42:50 08:43:00 08:43:10 08:43:20 08:43:30 08:43:40 08:43:50 08:44:00 08:44:10 08:44:20 08:44:30 08:44:40 08:45:00

Рисунок 25.

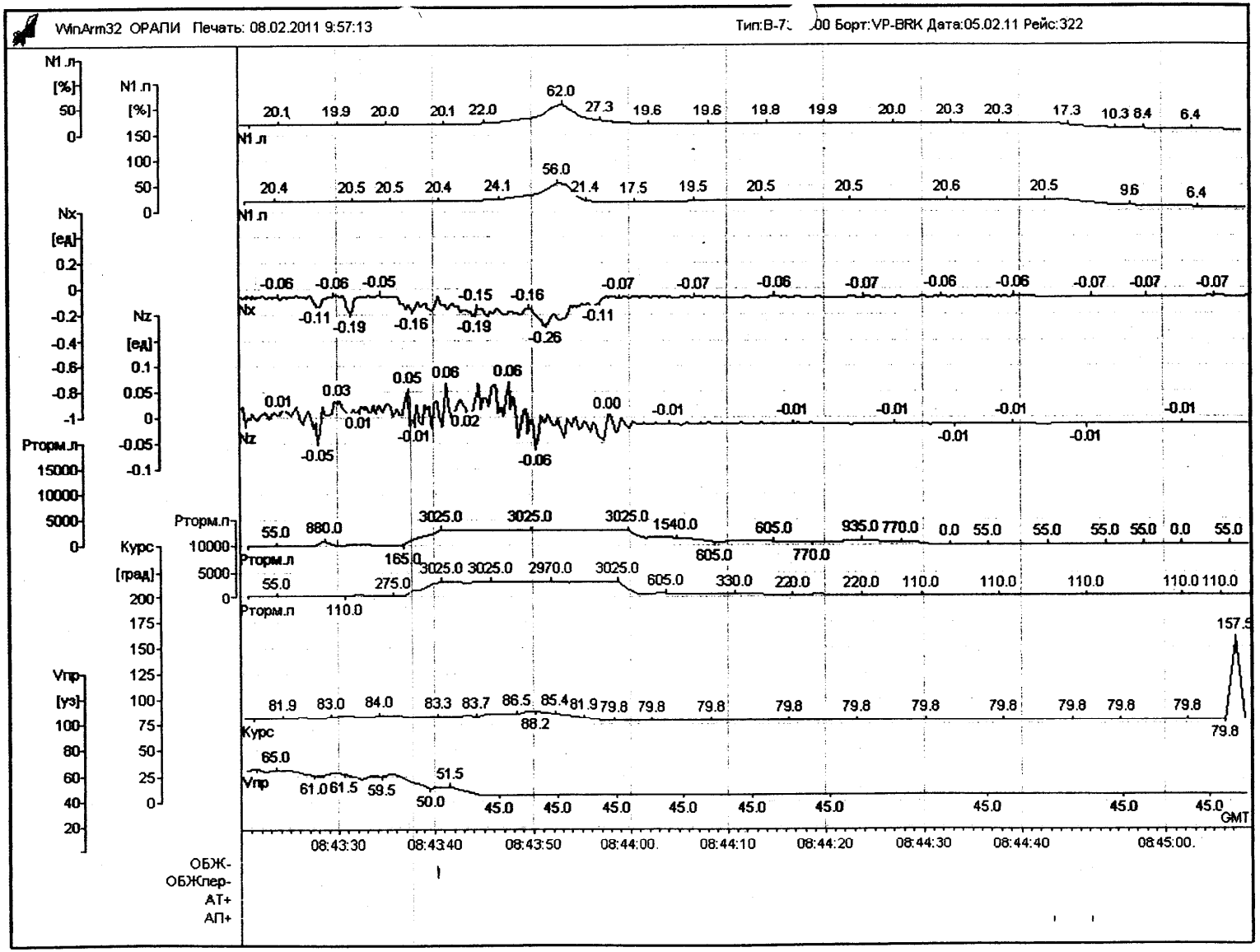

WinArm32 ОРАПИ Печать: 08.02.2011 9:57:13
Тип:B-7. .00 Борт:VP-BRK Дата:05.02.11 Рейс:322
N1 л
[%]
N1 л
[%]
Nx
[ед]
Nz
[ед]
Рторм.л
Рторм.п
Курс
[град]
Vпр
[уз]
ОБЖ-
ОБЖпер-
АТ+
АП+
GMT
08:43:30
08:43:40
08:43:50
08:44:00
08:44:10
08:44:20
08:44:30
08:44:40
08:45:00

Рисунок 26.

2.6 **Выкатывание ВС B-737-400 VQ-BAO в а/п Ростов-на-Дону 12.04.2011**

2.6.1 **Обстоятельства инцидента и исходные данные**

Обстоятельства события. При выполнении посадки днем в простых метеорологических условиях при сруливании произошло выкатывание ВС на грунт в районе сопряжения РД-А с ИВПП22 (на ~1.5м по основным колесам шасси). При выкатывании ВС были повреждены пять огней ИВПП, а у ВС были повреждены по одному колесу левой и правой основных стоек шасси. Имеется царапина на нижней части капота левого двигателя и значительные загрязнения грунтом элементов конструкции шасси на уровне высоты колес.

Данные по экипажу:

КВС – 50лет, пилот 1-го класса, закончил Бугурусланское ЛУГА в 1981 г. и Академию ГА в 1990 г., переучивание на В-737 в Денвере (США) в 2009 г., общий налет – 13510час, налет на ВС В-737 - 2386час, в качестве КВС на В-737– 2386час, авиационных происшествий не имел.

2-ой пилот – 33года, пилот 3-го класса, закончил Ульяновское ВЛУГА в 1999г., переучивание на в-737 в ЦЛП ФГОУ ВПО СПб ГУ ГА в 2009 г., общий налет - 2061час, налет на В-737 - 757час, авиационных происшествий не имел.

Данные по самолету. По данным полетной документации посадочная масса составляла 52000кг.

Данные о метеообстановке (по сигналу «Тревога»):

- атмосферное давление у земли 749мм.рт.ст.;
- температура воздуха у земли +6°С, точка росы +4°С;
- ветер: у земли - 300° 2м/с, на высоте круга– 240°, 10м/с;
- видимость – 10км;
- облачность кучево-дождевая, нижняя граница 570м, временами слабый град.

Данные об аэродроме посадки:

- размер ИВПП22 - 2501×45м;
- состояние ИВПП – мокрая (50%);
- коэффициент сцепления по АТИС – 0.5, по данным контрольного замера после инцидента – 0.55/0.55/0.55.

Данные о схеме захода:

- магнитный курс посадки - 219°;
- угол наклона глиссады - 2°40′;
- удаление от порога ИВПП: БПРМ – 1.04км, ДПРМ – 4.05км, ТВГ – 12.52км;
- установленные высоты пролета: БПРМ - 70, ДПРМ - 210м, ТВГ-600м.

Данные параметрического регистратора.

Данные параметрического бортового регистратора (DFDR) при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены на рис.27 и 28.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло выкатывание ВС на грунт в районе сопряжения РД-А с ИВПП22 (на ~1.5м по основным колесам шасси).

2.6.2 **Анализ особой ситуации**

Посадка производилась с закрылками 30° и использованием автоматического торможения в режиме AUTOBRAKE MAX.

Отклонения от глиссады и по курсу на предпосадочном снижении не превышали допустимых значений. К моменту пролета БПРМ на высоте 206ft (63м) самолет находился на глиссаде и без бокового уклонения.

К особенности предпосадочного снижения следует отнести выдерживании экипажем завышенной приборной скорости 154-156узлов (285-289км/час) при рекомендованной FCOM для фактических условий посадки 137узлов (254км/час).

Пролет входного порога ИВПП произошел на высоте - 30ft (9м) на приборной скорости 155 узлов (287км/ч). На выравнивании вертикальная скорость снижения была уменьшена до 0,6-0,3м/сек, а за 3 секунды до касания стала равна нулю, Описанный характер выравнивания можно связать с влиянием такого эксплуатационного фактора, как восходящий профиль подстилающей поверхности на данном участке ИВПП. Касание поверхности ИВПП, колесами основных стоек шасси, произошло на приборной скорости 146 узлов (270км/ч) с перегрузкой 1,28 ед. и на удалении - 742м от входного порога ИВПП (рекомендуемая зона приземления для ВС по дальности составляет от 1000 до 2000ft (305-610м)). Перелет нормируемой зоны приземления на 132м не является определяющим фактором выкатывания ВС, так как для данного типа ВС допускается приземления на удалении до 3000ft (910м) от входного порога ИВПП.

Располагаемая посадочная дистанция ИВПП 22, на которую была произведена посадка, составляет 2501 м. Состояние ИВПП по данным АТИС (мокрая, коэффициент сцепления 0,55) позволяло оценить её как "GOOD".

По данным Flight Crew Operations Manual (страница PI-QRH.11.2) потребная посадочная дистанция для фактических условий при использовании реверса тяги двух двигателей, составляет 1640м, при этом длина пробега (при условии приземления в нормируемой РЛЭ точке 305 м или 1000ft) составляет 1335м, что позволяло произвести нормальную посадку.

Приземление на удалении 742м от входного порога ИВППП увеличило потребную посадочную дистанцию на 437м и она стала равна 2077м.

Сразу после касания экипажем был включен реверс тяги двигателей. Обороты двигателей достигли значений N1L = 50,9%; N1R = 39,3%, после чего, на 17-й секунде после посадки, КВС взял управление на себя и на скорости 80 узлов (148км/ч) начал уменьшать обороты до малого газа. Реверс был выключен на приборной скорости 72-69 узлов (133-128км/ч), при

рекомендованной РЛЭ 60 узлов (111км/ч). После этого экипаж начал использовать ножное торможение "MAX MANUAL". По данным экипажа при этом постоянно срабатывала система "ANTI SKID".

На 28 секунде после посадки следует информация второго пилота: "60 узлов", и ещё через 5 секунд от него же: "Тормозите! Реверс вытягивайте полностью". КВС, на скорости 51 узел (94км/ч), повторно включает реверс тяги двигателей.

Оценка среднего эффективного коэффициента сцепления по данным параметрического регистратора на этом участке пробега показала, что его величина ($\mu_{сц}^{ср.эфф}$~0.3) меньше прогнозируемой величины ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.5). Наиболее вероятно, данное явление является следствием состояния ИВПП (наличие в данной зоне значительного слоя резины, образующегося от раскрутки колес ВС, производящих приземления с обратным курсом). Реализация недостаточной эффективности торможения от шасси, вследствие низкого эффективного коэффициента сцепления, является в данном случае определяющим фактором возникновения недостатка посадочной дистанции,

В создавшейся ситуации КВС предпринимает попытку освободить ИВПП по РД-А, расположенную к ИВПП под углом 90°, на повышенной скорости, для чего на 38 секунде после посадки, на скорости 44 узла (81км/ч), начинает выполнять отворот влево для увеличения располагаемого радиуса разворота вправо. Выполнение разворота вправо КВС начал на скорости 30 узлов (56км/ч), при рекомендуемой РЛЭ 8-10 узлов (15-19км/ч), и применил при этом дифференциальное торможение (при расторможенных колесах левой основной опоры шасси интенсивно тормозить правыми) с целью изменения направления движения самолёта для сруливания по РД-А. Однако предпринятыми мерами ему не удалось обеспечить потребный радиус разворота и самолет на скорости - 8-10 узлов выкатился за пределы ИВПП на грунт в районе сопряжения торца ИВПП с укрепленным участком и РД-А. Повторное использование при этом реверса тяги было не эффективным по причине малой скорости движения самолета и большой приемистости двигателей - выход двигателей на максимальный режим

(NIL=91,7%; N1R=91,2%) произошел уже в момент выкатывания ВС за пределы ИВПП.

2.6.3 **Выводы**

1. Выкатывания ВС за пределы ИВПП на грунт произошло при попытке экипажа изменить направление движения самолёта для сруливания с ВПП на скорости (51kts), превышающей скорость руления, рекомендованную РЛЭ (8-10kts).

2. Причиной возникновения повышенной скорости при сруливании ВС на РД явился низкий эффективный коэффициент сцепления на последней трети ИВПП ($\mu_{сц}^{ср.эфф}$ ~0.3), не соответствующий переданному экипажу перед посадкой ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.5). Причиной реализации низкого коэффициента сцепления на этом участке ВПП, наиболее вероятно, явилось значительное загрязнения её резиной от покрышек шасси самолетов, производивших посадки с обратным курсом.

2. К эксплуатационным факторам, повлиявшим на увеличение посадочной дистанции, следует отнести:

- приземление самолета на повышенной скорости ($V_{пр}^{факт}$=146kts, при V_{ref}=137kts);

- перелет рекомендованной зоны приземления на 137м (рекомендуемая зона – 305 - 610м, максимально допустимая – 305 - 915м);

- преждевременное начало уменьшения реверса (уменьшение реверса начато на приборной скорости 72kts, при рекомендуемой РЛЭ - 60kts;

- не своевременное (с запаздыванием) использование реверса тяги на максимальном режиме при возникновении угрозы выкатывания.

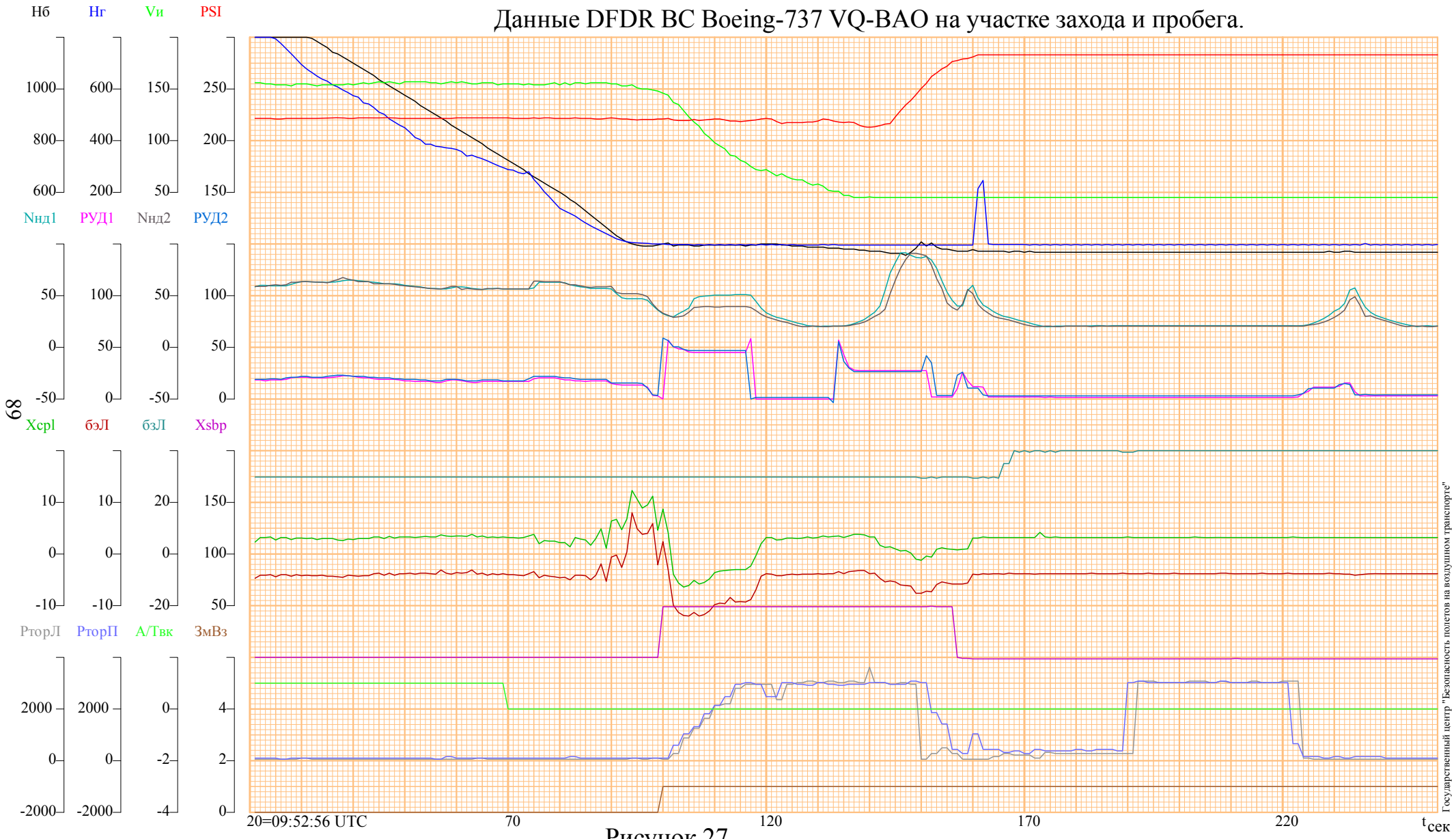

Данные DFDR ВС Boeing-737 VQ-BAO на участке захода и пробега.
Нб
Нг
Vи
PSI
1000
800
600
600
400
200
150
100
50
250
200
150
Nнд1
РУД1
Nнд2
РУД2
50
0
-50
100
50
0
50
0
-50
100
50
0
Xcpl
бэЛ
бзЛ
Xsbp
10
0
-10
10
0
-10
20
0
-20
150
100
50
РторЛ
РторП
А/Твк
ЗмВз
2000
0
-2000
2000
0
-2000
0
-2
-4
4
2
0
20=09:52:56 UTC
70
120
170
220
t сек
68
Государственный центр "Безопасность полетов на воздушном транспорте"

Рисунок 27.

Данные DFDR ВС Boeing-737 VQ-BAO при выкатывании.

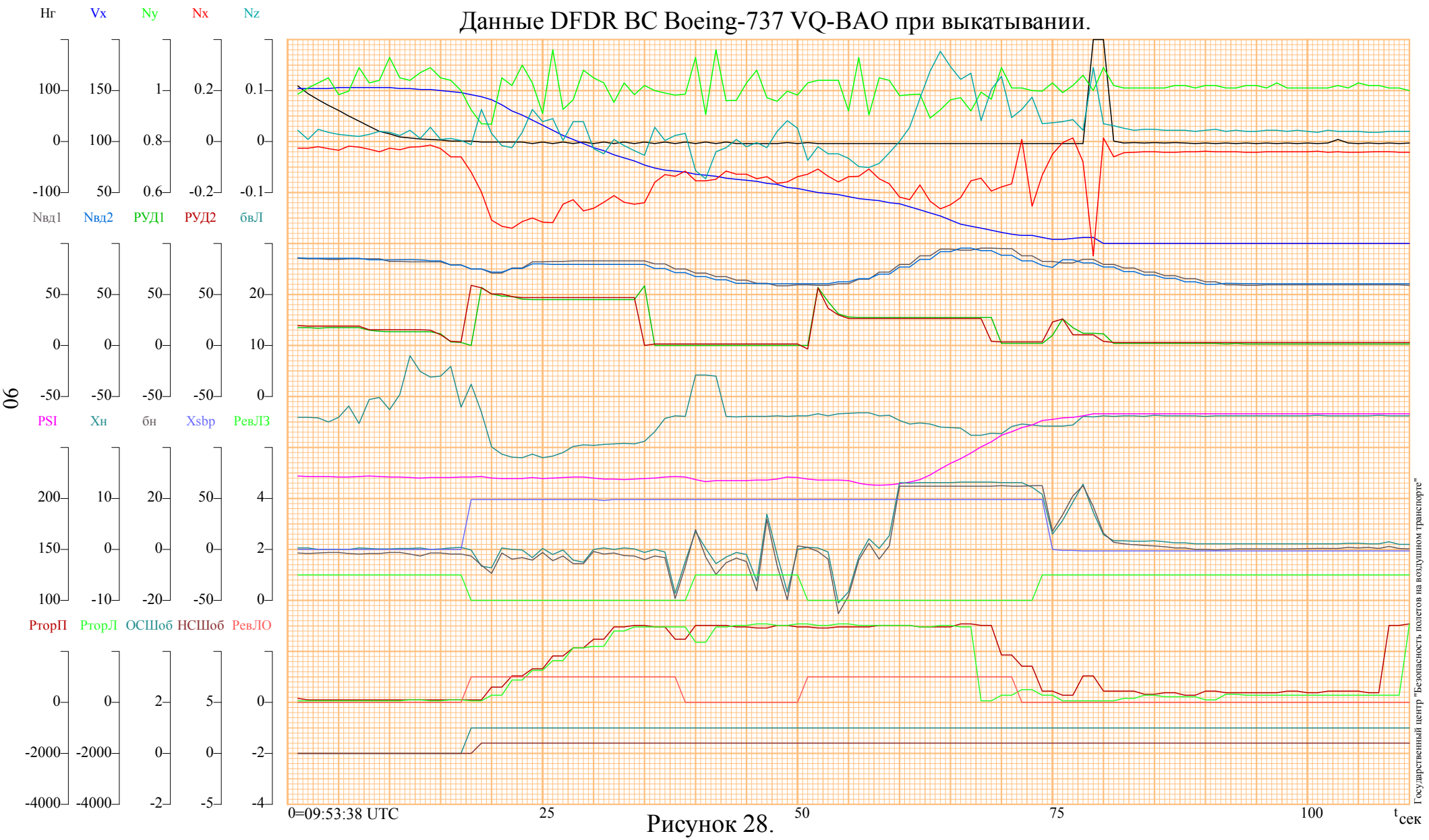


Рисунок 28.

2.7 **Выкатывание ВС ЯК-42Д RA-42411 в а/п Ростов-на-Дону 15.05.2011**

2.7.1 **Обстоятельства инцидента и исходные данные**

Обстоятельства события. При выполнении посадки с курсом 219° на мокрую ИВПП произошло продольное выкатывание самолета на концевую полосу торможения (носовым колесом на 1.5м). Самолет и светотехническое оборудование не получили повреждения.

Данные по экипажу:

КВС – 53года, КВС-инструктор, пилот 1-го класса, образование: специальное - Краснокутское ЛУГА в 1977 г., высшее – МИИГА в 1977 г., общий налет – 13980час, налет на ВС Як-42 9660час, в качестве КВС – 9160час, авиационных происшествий не имел.

2-ой пилот – 31год, образование: высшее, закончил Санкт-Петербургскую Академию ГФ в 1977 г. по специальности штурман-инженер, переучивание на пилота в АУЦ «Кондор М» Быково в 1997 г., общий налет - 2790час, налет на Як-42 - 1490час.

Бортмеханик – 53г., образование – среднее, закончил Кировоградское ШВЛП в 1984 г., общий налет 13590час, в том числе на Як-42 -4530час., авиационных происшествий и инцидентов в прошлом не имел.

Данные по самолету. По данным полетной документации посадочная масса составляла 46000кг, центровка 27.5%САХ.

Данные о метеообстановке:

- атмосферное давление у земли 752мм.рт.ст.;
- температура воздуха у земли +16°С, точка росы +4°С;
- ветер: у земли - 260° 2м/с;
- видимость – 4000м;
- облачность кучево-дождевая, нижняя граница 1000м, ливневые осадки.

Данные об аэродроме посадки:

– размер ИВПП22 - 2501×45м;
– состояние ИВПП – мокрая (100%), местами лужи;
– коэффициент сцепления по данным диспетчера перед посадкой – 0.45, по данным контрольного замера после инцидента – 0.47/.47/0.45.

Данные о схеме захода:

– магнитный курс посадки - 219°;
– угол наклона глиссады - 2°40′;
– удаление от порога ИВПП: БПРМ – 1.04км, ДПРМ – 4.05км, ТВГ – 12.52км;
– установленные высоты пролета: БПРМ - 70, ДПРМ - 210м, ТВГ-600м.

Данные параметрического и речевого регистраторов.

Данные параметрического бортового регистратора (МСРП-64) при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены на рис.29.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло продольное выкатывание ВС носовым колесом шасси на 1.5м за выходной порог ИВПП22.

2.7.2 **Анализ особой ситуации**

Особенностей в функционировании системы «экипаж–ВС-среда» до момента приземления не отмечается. Приземление самолета произошло в фиксированной зоне приземления (на удалении 400м от входного порога ИВПП) на рекомендуемой приборной скорости (201км/час).

При приземлении не произошел автоматический выпуск спойлеров из-за непостоянного контакта в цепи управления.

Потребная посадочная дистанция (с учетом отказа спойлеров и при переданном на борт значении нормативного коэффициента сцепления $\mu_{сц.}$=0.45) составляла 2010м, что при располагаемой обеспечивало очень

большой коэффициент запаса (фактический коэффициент запаса посадочной дистанции составлял 2.06, при нормируемом значении 1.67).

Однако торможение от основной и аварийной систем оказалось не эффективным.

Расчетное (по данным бортового регистратора) среднее значение эффективного коэффициента на участке пробега (400…2501м) составляло менее 0.3 (при допустимом значении для ВС ГА не менее 0.3). Реализация низкого коэффициента сцепления обусловлена наличием большого слоя воды на ИВПП ($d_{факт}$>3мм, при $d_{доп}$=3мм).

2.7.3 **Выводы**

1. Причиной выкатывания самолета за пределы ВПП явилось неудовлетворительное состояние ИВПП. Реализовавшийся на пробеге коэффициент сцепления был менее допустимого значения для самолетов ГА ($\mu_{сц}$<0.3). Уменьшение коэффициента сцепления произошло из-за наличия недопустимого слоя воды на ИВПП ($d_{факт}$>3мм), образовавшегося в условиях ливневых осадков.

2. Эксплуатационным фактором, увеличившим длину пробега на ~250, является не выпуск спойлеров вследствие отказа (ослабление затяжки винта на АЗРГК-5-2 на правой панели АЗР).

Данные МСРП-64 ВС Як-42 RA-42111 при посадке 15.05.2011 в а/п Ростов-на-Дону

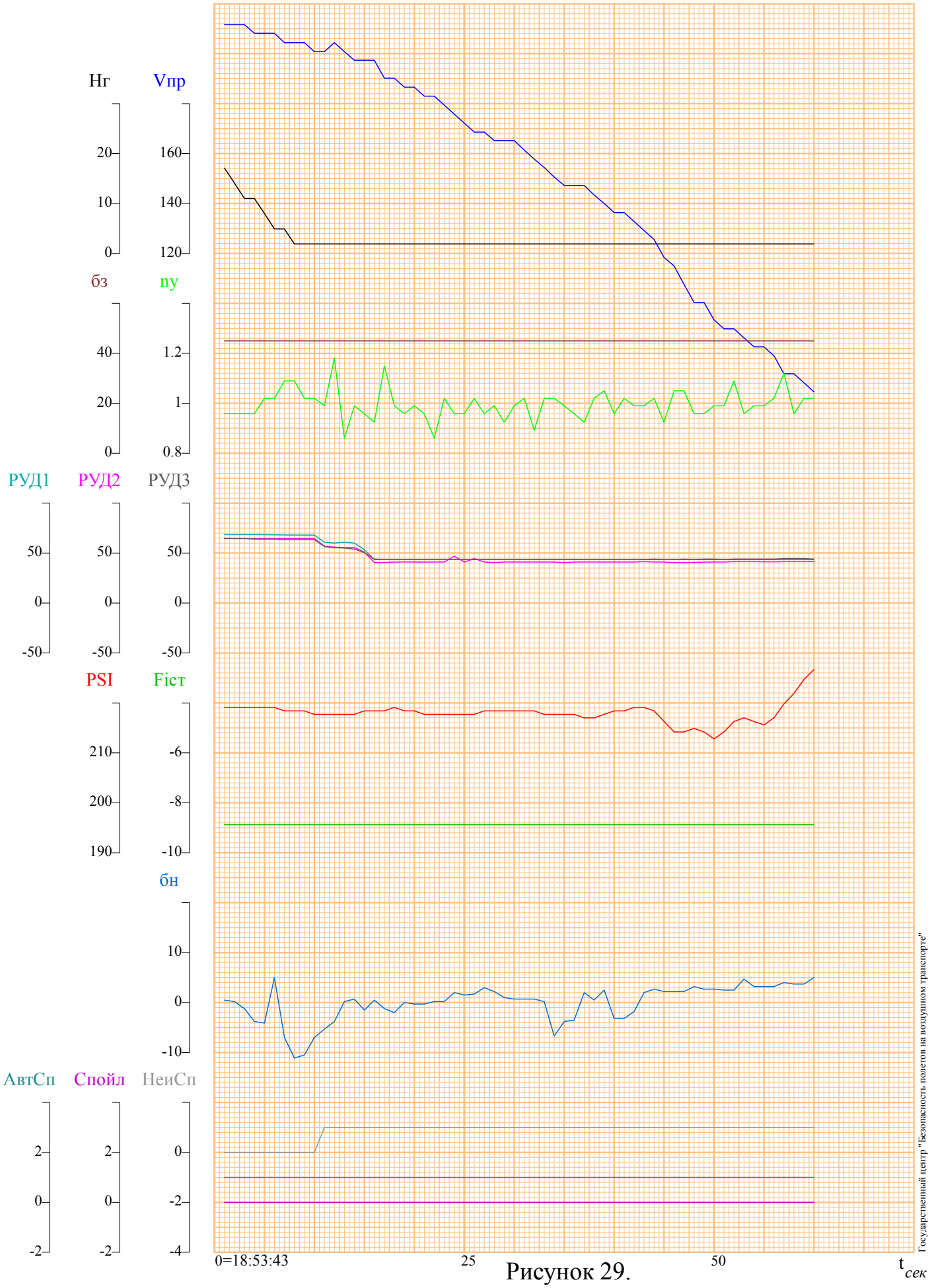


Рисунок 29.

2.8 **Выкатывание ВС Ту-134Б RA-65715 в а/п Мирный 17.05.2011**

2.8.1 **Обстоятельства инцидента и исходные данные**

Обстоятельства события. При выполнении посадки по КГС днем в сложных метеорологических условиях на ВПП с курсом 244° произошло продольное выкатывание самолета на 31.2м за выходной порог ИВПП. Самолет и светотехническое оборудование повреждения не получили.

Данные по экипажу:

КВС – 37 лет, пилот 2-го класса, образование высшее – Бугурусланское ЛУГА и ОЛАГА г. Санкт - Петербург в 2004 г., общий налет – 6000час, налет на ВС Ту-134 -2720час, в качестве КВС на ВС Ту-134 – 1380час, минимумы: на посадке - 60х800, на взлете - б/огр./400, авиационных происшествий и инцидентов в прошлом не имел.

2-ой пилот – 31 год, пилот 3-го класса, образование: высшее, закончил Воронежский государственный технический университет в 2002 г., первичная подготовка пилотов в УЦ Северо-западного регионального центра в г. Санкт - Петербург, общий налет - 990час, налет на ВС Ту-134 - 290час.

Штурман – 64 года, штурман 1-го класса, образование – среднее: Кировоградское ЛШУ в 1977 г., общий налет – 18100час, на ВС Ту-134 – 4350час.

Бортмеханик – 58 лет, бортмеханик 1-го класса, образование – среднее, закончил Егорьевское АТУ в 1977 г., общий налет 15550час, в том числе на Ту-134 – 7270час, авиационных происшествий и инцидентов в прошлом не имел.

Данные по самолету. По данным полетной документации посадочная масса составляла 40559кг, центровка 26.5%САХ.

Данные о метеообстановке:

- атмосферное давление у земли 715,4мм.рт.ст.;

– температура воздуха у земли 0°С, точка росы 0°С;
– ветер: у земли - 90° 4м/с;
– видимость – 1500м;
– облачность слоистая, нижняя граница 110м, ливневый снег с дождём.

Данные об аэродроме посадки:

– размер ИВПП22 - 2800×45м;
– состояние ИВПП – мокрая (100%), толщина осадков менее 3мм;
– коэффициент сцепления по АТИС перед посадкой – 0.5, по данным контрольного замера после инцидента – 0.5/.5/0.5.

Данные о схеме захода:

– магнитный курс посадки - 244°;
– угол наклона глиссады - 2°40′;
– удаление от порога ИВПП: БПРМ – 1.2км, ДПРМ – 4.1км, ТВГ – 8.6км;
– установленные высоты пролета: БПРМ - 70, ДПРМ - 210м, ТВГ-400м.

Данные параметрического регистратора.

Данные параметрического бортового регистратора (МСРП-64) при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены на рис.30 и 31.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло выкатывание ВС на 31.2м за выходной порог ИВПП24.

2.8.2 **Анализ особой ситуации**

Заход на посадку производился с закрылками 30° по системе ИЛС в директорном режиме по высоте и в автоматическом режиме до высоты 70м по курсу. На высоте 70м экипаж выключил автопилот по боковому каналу и перешел на пилотирование в штурвальном режиме. При этом пилотирование

осуществлялось при несбалансированном положении колонки штурвала, что способствовало раскачке ВС по тангажу. После перехода на визуальный полет КВС выполнил широко распространенный для данного типа ВС маневр – «подныривание» под продолженную глиссаду. С этой целью он увеличил вертикальную скорость до 7м/с и уменьшил режим работы двигателей (до 72% по КВД). Предвыравнивание экипаж начал с запаздыванием (на H=21м) и очень большим отклонением руля высоты на кабрирование (до -16.7°) Вследствие большого отклонения руля высоты произошло взмывание ВС на высоту 3-6м. При этом реализовалась вертикальная перегрузка 1.41. Опасаясь потери приборной скорости, экипаж увеличил режим работы двигателей до 86% по КВД. Увеличение режима работы двигателей привело к увеличению воздушного участка перед приземлением. Приземление ВС произошло на удалении 1400м от входного порога ВПП, т.е. с очень большим перелетом рекомендуемой зоны приземления ($L_{доп.=}$150…600м).

После приземления экипаж включил реверс двигателей, выпустил интерцепторы и приступил к импульсному торможению. Однако, через 3с после выпуска интерцепторов, из-за неисправности узла фиксации гашетки управления выпуском-уборкой интерцепторов, произошли расфиксация гашетки и уборка интерцепторов. В дальнейшем никто из членов экипажа не контролировал положение интерцепторов и пробег осуществлялся без гасителей подъемной силы. Данное обстоятельство и перелет допустимой зоны приземления увеличило потребную посадочную дистанцию, которая в данном случае превысила располагаемую, что и явилось непосредственной причиной выкатывания ВС в свободную зону летного поля на удаление 31.2м и правее ИВПП на 23.5м.

2.8.3 **Выводы**

1. Причиной выкатывания ВС явилось превышение фактической посадочной дистанции над располагаемой вследствие следующих

ошибочных и неправильных действий экипажа:

- ошибки КВС в технике пилотирования при выполнении не рекомендуемого РЛЭ маневра – «подныривание» под продолженную глиссаду при переходе на визуальное пилотирование, что привело к перелету на 800м рекомендуемой зоны приземления;

- нарушение технологии работы экипажа (отсутствие контроля за положением интерцепторов на пробеге);

- неправильные действия экипажа, выразившиеся в не принятии решения об уходе на 2-ой круг при возникновении перед выравниванием вертикальной скорости до 7м/с, что превышает допустимую величину (5м\с) для данного этапа полета.

2. К эксплуатационным факторам, повлиявшим на развитие особой ситуации можно отнести:

- сложные метеоусловия и попутная составляющая ветра (3.6м/с);

- мокрая ИВПП;

- неисправность узла фиксации кнопки выпуска интерцепторов.

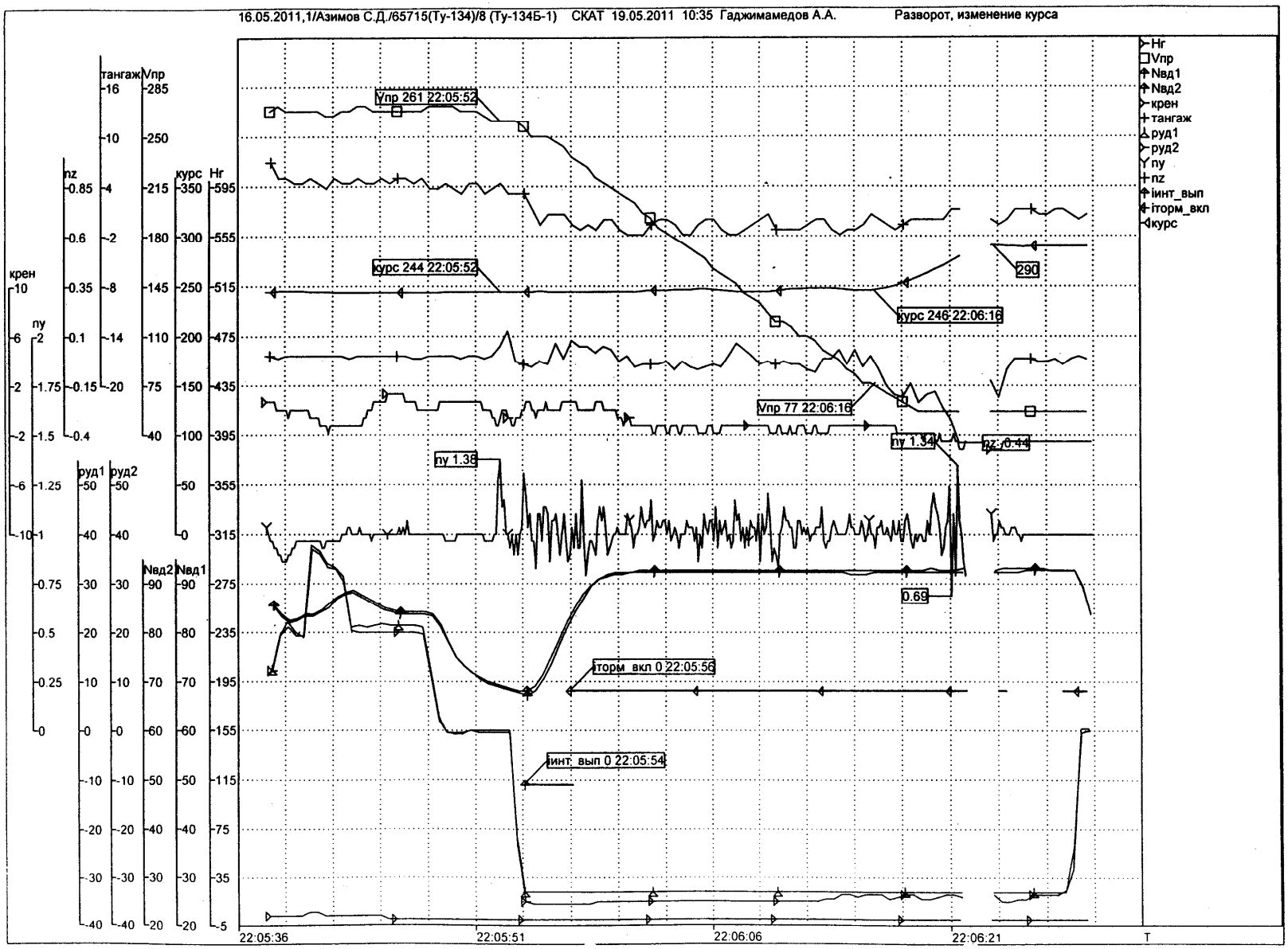

16.05.2011,1/Азимов С.Д./65715(Ту-134)/8 (Ту-134Б-1) СКАТ 19.05.2011 10:35 Гаджимамедов А.А.
Разворот, изменение курса
Нг
Vпр
Nвд1
Nвд2
крен
тангаж
руд1
руд2
ny
nz
iинт_вып
iторм_вкл
iкурс
Vпр 261 22:05:52
курс 244 22:05:52
290
курс 246 22:06:16
Vпр 77 22:06:16
ny 1.54
nz 0.44
ny 1.38
0.69
iторм_вкл 0 22:05:56
iинт_вып 0 22:05:54
22:05:36
22:05:51
22:06:06
22:06:21
T

Рисунок 30.

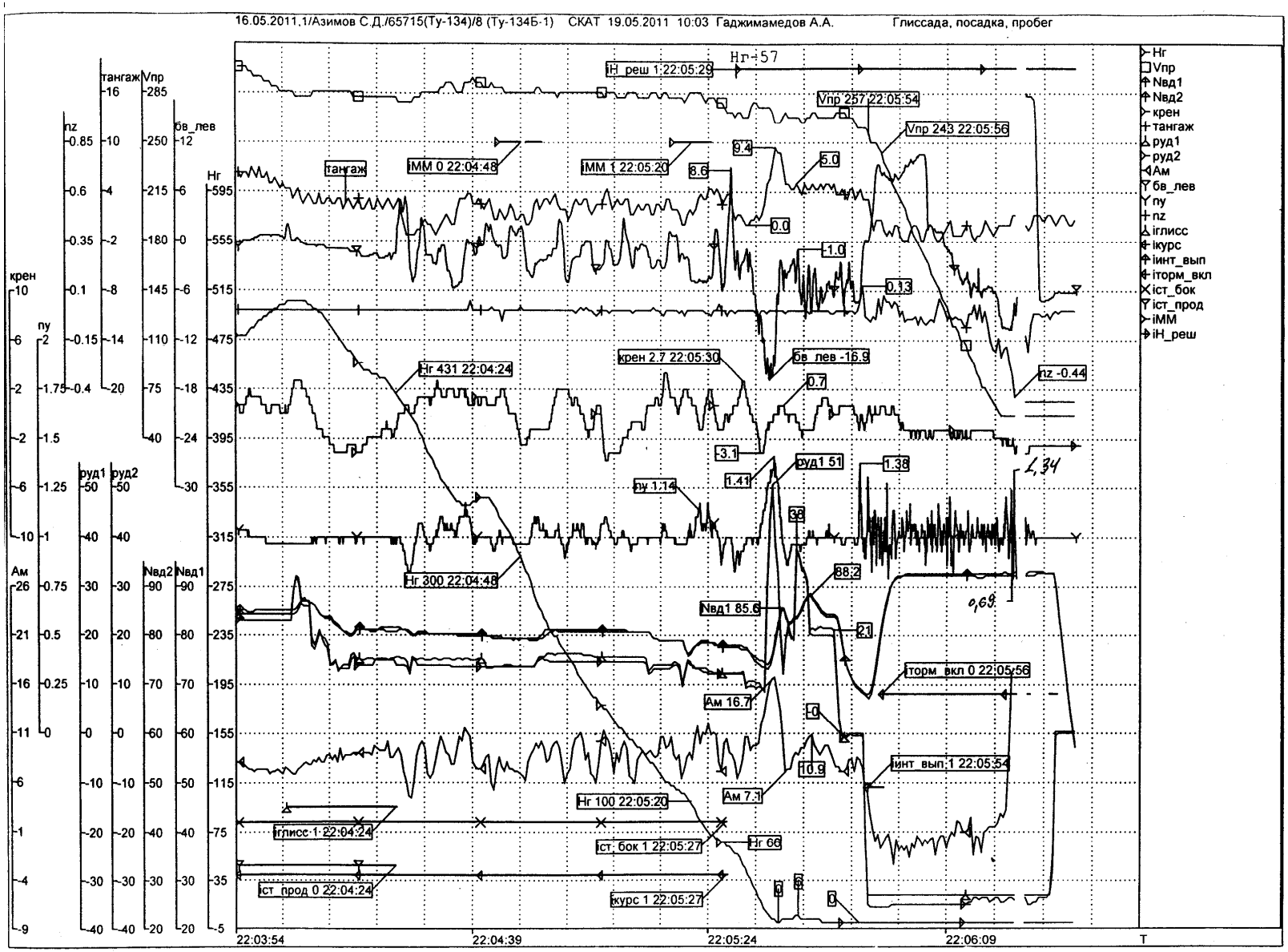

16.05.2011.1/Азимов С.Д./65715(Ту-134)/8 (Ту-134Б-1) СКАТ 19.05.2011 10:03 Гаджимамедов А.А. Глиссада, посадка, пробег
Нг=57
iH_реш 1 22:05:29
Vпр 257 22:05:54
Vпр 243 22:05:56
iMM 0 22:04:48
iMM 1 22:05:20
9.4
8.6
5.0
0.0
-1.0
0.13
Нг 431 22:04:24
крен 2.7 22:05:30
бв_лев -16.9
nz -0.44
0.7
-3.1
1.41
руд1 51
1.38
ру 1.14
38
Нг 300 22:04:48
88.2
Nвд1 85.6
2.1
торм_вкл 0 22:05:56
Ам 16.7
10.9
инт_вып 1 22:05:54
Ам 7.1
Нг 100 22:05:20
iглисс 1 22:04:24
ist_бок 1 22:05:27
Нг 66
ist_прод 0 22:04:24
курс 1 22:05:27
1,34
0,69
крен
ny
nz
тангаж
Vпр
бв_лев
Нг
руд1
руд2
Ам
Nвд2
Nвд1
Нг
Vпр
Nвд1
Nвд2
крен
тангаж
руд1
руд2
Ам
бв_лев
ny
nz
iглисс
iкурс
iинт_вып
iторм_вкл
iст_бок
iст_прод
iMM
iH_реш
22:03:54
22:04:39
22:05:24
22:06:09
T

Рисунок 31.

2.9 **Выкатывание ВС ЯК-42Д RA-42550 в а/п Саратов 03.07.2011**

2.9.1 **Обстоятельства инцидента и исходные данные**

Обстоятельства события. При выполнении посадки с курсом 296° в условиях переменного ветра в приземном слое произошло выкатывание самолета за пределы ВПП на 39м от выходного порога под углом 15º влево от оси.

Данные по экипажу:

КВС – 41год, образование: специальное – Кировоградское ВЛУГА в 1992г., Ульяновский АУЦ ГА в 2010 г., метеоминимум - 60х800м, общий налет 5700час, налет на ВС Як-42 - 5666час, в качестве КВС Як-42 – 2100час, авиационных происшествий и подобных инцидентов в прошлом не имел.

2-ой пилот – 41год, образование – окончил Балашовское ВАУЛ в 1992 г., Ульяновский АУЦ ГА в 2010 г., общий налет на Як-42 - 210час., авиационных происшествий и подобных инцидентов в прошлом не имел.

Бортмеханик – 52года., образование – среднее, окончил Кирсановское АТУ ГА в 1980 г., общий налет на Як-42 -6705час., авиационных происшествий и подобных инцидентов в прошлом не имел.

Данные по самолету. По данным полетной документации посадочная масса составляла 46500кг.

Данные о метеообстановке:

- атмосферное давление у земли 758мм.рт.ст.;
- температура воздуха у земли +23°С;
- ветер у земли - по данным АТИС 350° 3м/с, по данным контрольного замера после инцидента 120° 5м/с;
- видимость – 10000м;
- облачность кучево-дождевая 1-2окт., нижняя граница 150м.

Данные об аэродроме посадки:

- размер ИВПП22 - 2220×42м;
- состояние ИВПП – сухая;
- коэффициент сцепления – 0.6/.6/0.6.

Данные о схеме захода:

- магнитный курс посадки - 296°;
- угол наклона глиссады - 3°;

Данные параметрического регистратора

Данные параметрического бортового регистратора (МСРП-64) при заходе на посадку и посадке (до момента полного останова ВС после приземления) представлены на рис.32 и 33.

Данные крок события.

При выполнении посадки произошло выкатывание ВС за пределы ИВПП30 на 39м от выходного порога под углом 15º влево от её си.

2.9.2 **Анализ особой ситуации**

Заход на посадку осуществлялся по системе ILS в директорном режиме. Вход в глиссаду и полет до Н=150м осуществлялся на Vпр=225-220км/ч. С Н=150м начался сдвиг ветра – переход со встречной составляющей ветра (с -1…2м/с) на попутную (до +5м/с). В результате сдвига ветра произошло падение приборной скорости до 199км/ч, которое экипаж парировал увеличением режима работы двигателей до 85%. Пролет ОПРС (ближнего маркера) был осуществлен на Н=63м и Vпр=213км/ч. В дальнейшем, из-за повышенного режима работы двигателей (74…76%) происходит рост скорости до 242км/ч. Оценив поведение ВС как попадание в условия сдвига ветра в приземном слое и стремясь избежать грубой посадки, КВС преждевременно начал уменьшать вертикальную скорость снижения (с Н=60м), плавно уменьшая режим работы двигателей до малого газа (в течение 9сек). Данные действия экипажа привели к увеличению воздушного участка посадочной дистанции и приземлению ВС с перелетом

(приземление ВС произошло на удалении 970м от торца ВПП). Вследствие большого перелёта и влияния таких факторов, как значительный уклон ВПП вниз (1.7%) и попутной составляющей ветра 5м/сек, экипажу не удалось остановить ВС в пределах ВПП. Через 2с после приземления экипаж выключил боковые двигатели, а еще через 20 сек., поняв, что выкатывания не избежать, выключил средний двигатель и произвел отворот влево на 15° во избежание столкновения с огнями ВПП.

2.9.3 **Выводы**

1. Причиной выкатывания ВС явилось увеличение потребной посадочной дистанции из-за ошибочных действия экипажа при парировании умеренного сдвига ветра на конечном участке предпосадочного снижения, выразившихся в неадекватном увеличении режима работы двигателей, что привело к росту приборной (до 242км/час, при рекомендованной РЛЭ 220км/час) и, как следствие, к перелету на 370м нормируемой зоны приземления ($L_{норм.}$=150…600м).

2. Эксплуатационным фактором, увеличившим потребную посадочную дистанцию, является изменения продольной составляющей скорости ветра в приземном слое (со встречной 1...2м/с на попутную 5м/с).

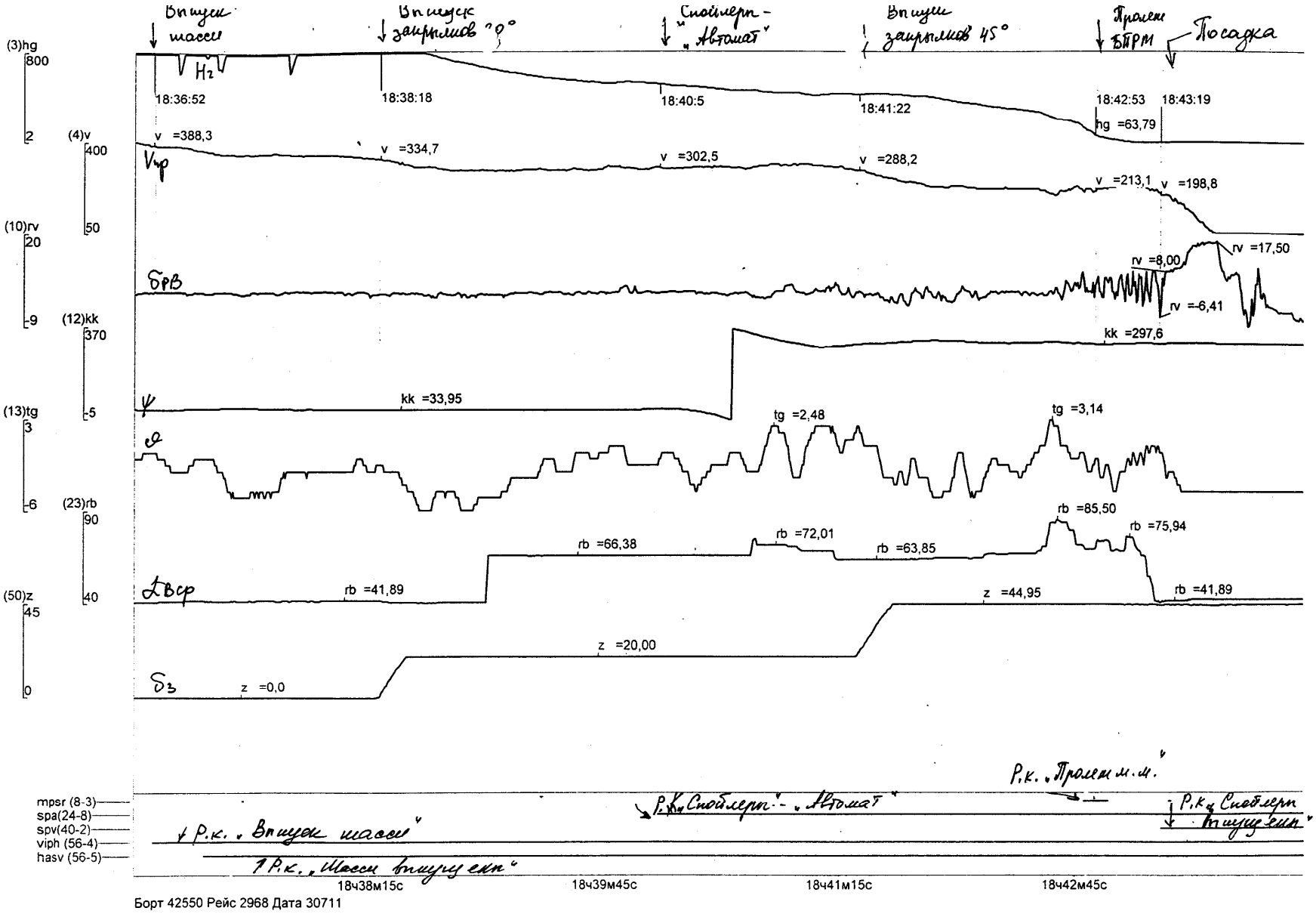

Выпуск шасси
Выпуск закрылков 20°
Спойлеры - „Автомат"
Выпуск закрылков 45°
Пролет БПРМ
Посадка
(3)hg
800
2
(4)v
400
50
(10)rv
20
-9
(12)kk
370
-5
(13)tg
3
-6
(23)rb
90
40
(50)z
45
0
18:36:52
18:38:18
18:40:5
18:41:22
18:42:53
18:43:19
hg =63,79
v =388,3
v =334,7
v =302,5
v =288,2
v =213,1
v =198,8
rv =17,50
rv =8,00
rv =-6,41
kk =297,6
kk =33,95
tg =2,48
tg =3,14
rb =85,50
rb =75,94
rb =66,38
rb =72,01
rb =63,85
rb =41,89
rb =41,89
z =44,95
z =20,00
z =0,0
Р.к. „Пролет м.м."
Р.к. „Спойлеры" - „Автомат"
Р.к. „Спойлеры выпущены"
Р.к. „Выпуск шасси"
Р.к. „Шасси выпущены"
mpsr (8-3)
spa(24-8)
spv(40-2)
viph (56-4)
hasv (56-5)
18ч38м15с
18ч39м45с
18ч41м15с
18ч42м45с
Борт 42550 Рейс 2968 Дата 30711

Рисунок 32.

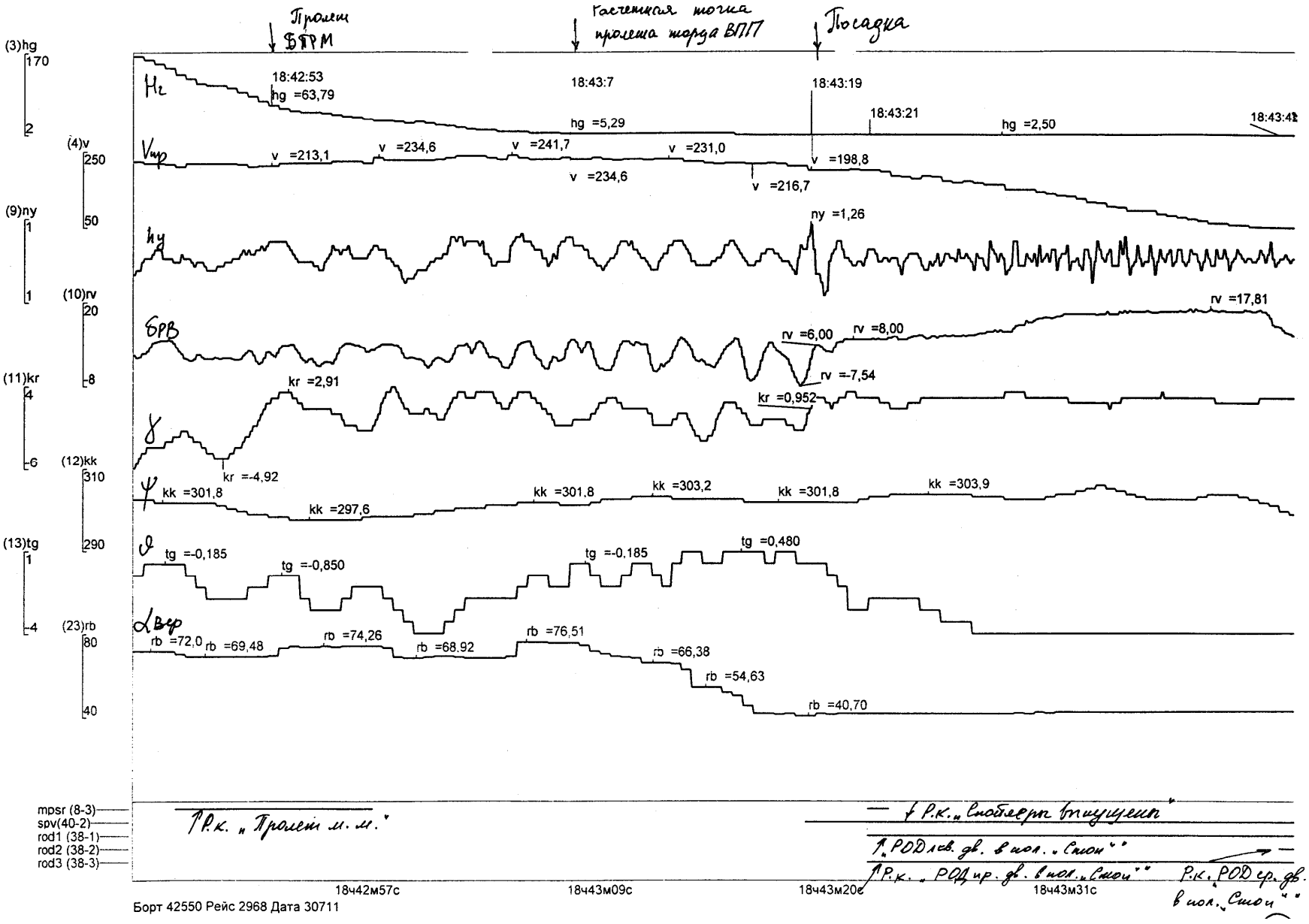

Пролет БПРМ
Расчетная точка пролета торца ВПП
Посадка
(3)hg
170
2
(4)v
250
50
(9)ny
1
1
(10)rv
20
-8
(11)kr
4
-6
(12)kk
310
290
(13)tg
1
-4
(23)rb
80
40
18:42:53
hg =63,79
18:43:7
hg =5,29
18:43:19
18:43:21
hg =2,50
v =213,1
v =234,6
v =241,7
v =231,0
v =234,6
v =216,7
v =198,8
ny =1,26
rv =17,81
rv =6,00
rv =8,00
rv =-7,54
kr =2,91
kr =0,952
kr =-4,92
kk =301,8
kk =297,6
kk =301,8
kk =303,2
kk =301,8
kk =303,9
tg =-0,185
tg =-0,850
tg =-0,185
tg =0,480
rb =72,0
rb =69,48
rb =74,26
rb =68.92
rb =76,51
rb =66,38
rb =54,63
rb =40,70
mpsr (8-3)
spv(40-2)
rod1 (38-1)
rod2 (38-2)
rod3 (38-3)
Р.к. „Пролет м. м."
Р.к. „Спойлеры выпущены"
Р.к. „РОД пр. дв. в пол. „Стоп"
Р.к. „РОД ср. дв. в пол. „Стоп"
18ч42м57с
18ч43м09с
18ч43м20с
18ч43м31с
Борт 42550 Рейс 2968 Дата 30711

Рисунок 33.

3 Визуализация типовых случаев выкатываний ВС

Статистический анализ случаев выкатываний ВС при посадке (см., например, в приложении А статистические данные по выкатываниям самолетов 1-го и 2-го класса за пять лет (2007-2011 гг.)), позволяет по характерным признакам выделить три группы выкатываний:

- выкатывания ВС за выходной порог ИВПП (продольные выкатывания);
- выкатывания ВС за боковые границы ИВПП (боковые выкатывания);
- выкатывания ВС за пределы ИВПП при сруливании на РД (выкатывания при сруливании).

Для учебно-профилактической работы с летным составом в настоящем разделе рассмотрены шесть типовых случаев выкатываний ВС (по два случая для каждой группы выкатываний, см. таблицу 6). Выбор этих случаев обусловлен тем, что по этим случаям имеется полная информация от бортовых регистраторов и данные инциденты были исследованы специалистами ГосЦентра по заданиям комиссий по расследованию. Для каждого из этих случаев в разделах 3.1…3.6 представлены данные бортовых регистраторов и расчетов, рассмотрены условия посадки, обстоятельства особого случая и приведены причина и факторы инцидента. Видеореконструкции этих случаев приведены в электронном приложении к данному отчету.

Таблица 6

Продольные выкатавыния	**Боковые выкатывания**	**Выкатывания при сруливании**
Як-42 RA-42418 в а/п Внуково 20.11.2008	Boeing-737 VP-BCS в а/п Ростов-на-Дону 30.01.2010	Boeing-737 VP-BPY в а/п Н.Новгород 30.01.2010
Ту-204 RA-64018 в а/п Внуково 30.11.2007	RRJ-95B RA-89001 в а/п Казань 06.06.2012	Ил-96 RA-96007 в/п Шереметьево 05.03.2012

3.1 **Продольное выкатывание ВС ЯК-42 RA-42418 в а/п Внуково 20.11.2008**

Условия посадки. Посадка выполнялась в сложных условиях - видимость 2600м (временами 400м), боковой ветер 5м/с с порывами до 8м/с, ИВПП мокрая и местами заснеженная до 10мм, коэффициент сцепления 0.4.

Обстоятельства инцидента. Посадка производилась на ИВПП с большим коэффициентом запаса посадочной дистанции (при $L_{РПД}$= 3000м коэффициент запаса составлял $К_{зап}^{факт}$=2.83, при требуемом $К_{зап}^{норм}$=1.67). После «мягкого» приземления (с вертикальной скоростью снижения 0.2м/с) на повышенной приборной скорости ($V_{пр}^{приз}$=216км/час, при рекомендованной РЛЭ 195…200км/час), на удалении 1100м от входного порога ИВПП (с перелетом фиксированной зоны приземления на 700м) и опускания передней стойки, экипаж начал торможение на приборной скорости 210км/час при невыпущенных автоматически (вследствие недостаточной раскрутки колес) спойлерах.

Реализовавшееся при этом юзовое (т.е. с большим коэффициентом проскальзывания) вращение колес шасси уменьшило коэффициент сцепления с 0.4 до $\mu_{сц}^{эфф=}$0.25…0.27, увеличило длину тормозного пути и, как следствие, привело к выкатыванию ВС за выходной порог ИВПП на 200м.

Изменение основных параметров движения и управления при данной посадке приведено на рис.34.

Причина и факторы инцидента. Причина выкатывания самолета обусловлена сочетанием следующих факторов.

Во-первых – началом торможения экипажем на большой скорости, что привело к не выпуску спойлеров автоматически (для ручного выпуска спойлеров данное ВС не доработано), вхождению колес шасси в юзовый режим и, как следствие, к реализации на пробеге недопустимо низкого среднего эффективного коэффициента сцепления. Начало торможения

экипажем на повышенной скорости является определяющим фактором причины выкатывания.

Во-вторых – конструктивным недостатком тормозной системы данного ВС, заключающегося в отсутствии системы ручного выпуска спойлеров.

В–третьих - перелетом ВС на 730м нормируемой точки приземления ($L_{норм}$=370м). Реализация перелета явилась следствием выдерживания экипажем завышенной скорости предпосадочного снижения и преждевременного (с H=20м) затянутого выравнивания.

Изменение основных параметров движения и управления в функции дальности при посадке самолета Як-42 RA-42418 в а/п Внуково 20.11.08г.

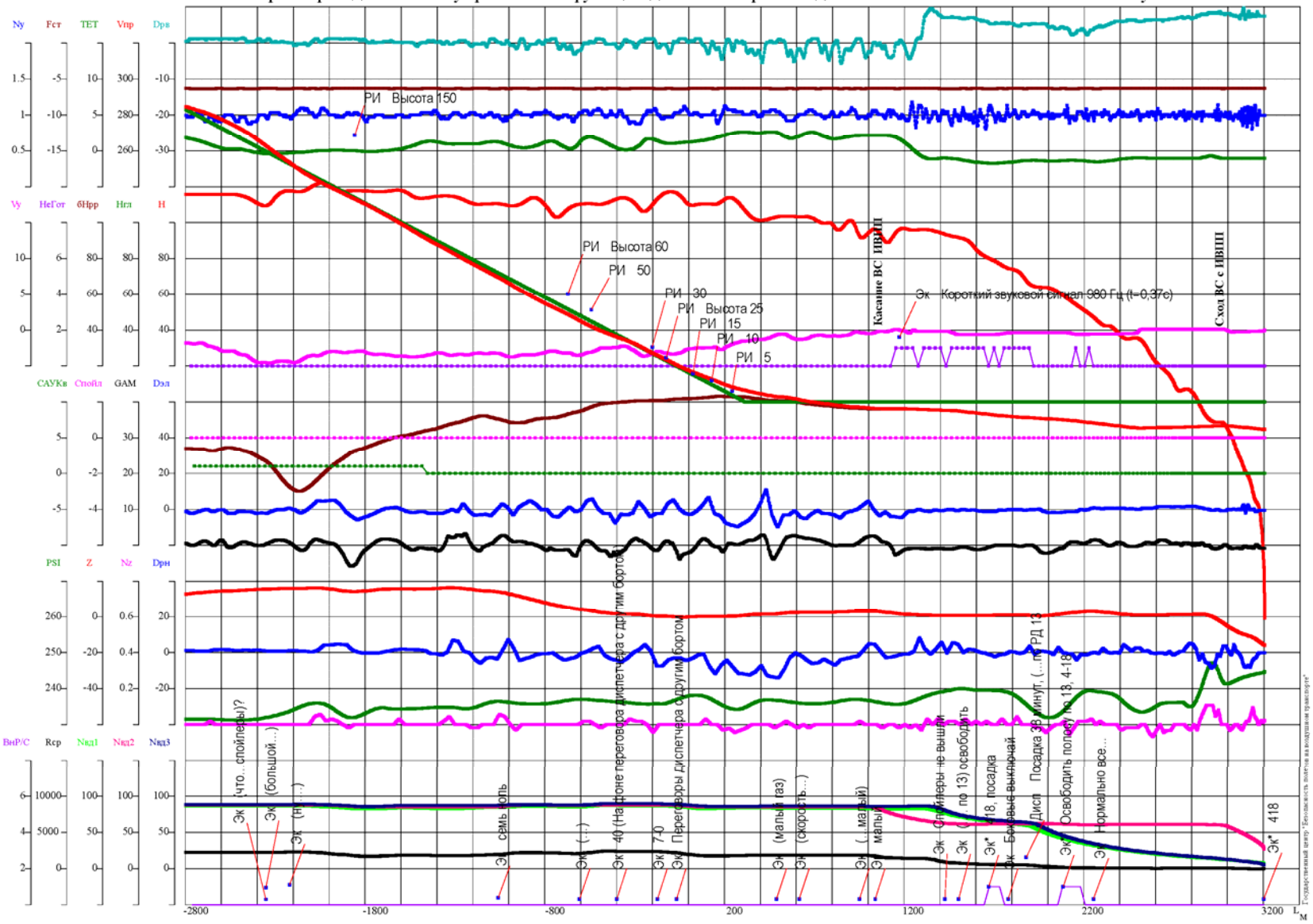


Рисунок 34

3.2 **Продольное выкатывание ВС ТУ-204 RA-64018 в а/п Внуково 30.11.2007**

Условия посадки. Посадка выполнялась в сложных условиях - видимость 3100м, встречный ветер 5м/с, ИВПП мокрая, местами мокрый снег до 10мм, средний (по АТИС) коэффициент сцепления $\mu_{сц}^{зам}$=0.37. По результатам моделирования, на участке с удаления 2400м до выходного порога ИВПП, номинальное расчетное значение эффективного коэффициента сцепления составило $\mu_{сц}^{расч}$=0.29.

Обстоятельства инцидента. Посадка производилась на ИВПП по расчету с необходимым коэффициентом запаса посадочной дистанции (при $L_{РПД}$= 3000м и $\mu_{сц}$=0.37 коэффициент запаса составлял $К_{зап}^{факт}$=1.95, при требуемом $К_{зап}^{норм}$=1.67). В соответствии с условиями посадки экипаж принял решение на использование автоматической системы торможения в режиме «Пониж». Двигатели и все системы ВС на всех этапах посадки функционировали нормально.

Особенностей в поведении ВС и действиях экипажа при посадке до момента отключения им режима реверса двигателей на пробеге не отмечается. Приземление самолета произошло по центру ИВПП, на удалении 540м и на приборной скорости 250км/час. Для парирования «вождения» самолета по курсу на пробеге (из-за значительной неравномерности коэффициента сцепления на ИВПП) экипаж использовал асимметричное торможение от педалей.

При отключении реверса (на Vпр=90км/час и при удалении 2000м), экипаж, наиболее вероятно ошибочно, отключил автоматическое торможение. В течение 14с, полагая, что включен автоматический режим торможения, а причиной отсутствия замедления самолета является низкий коэффициент сцепления, экипаж не использовал торможение от педалей. Приборная скорость ВС в течение этого промежутка времени колебательно изменялась в диапазоне 90…95км/час.

С удаления 2400м (за 600м до конца полосы) и при скорости 95км/час экипаж начинает использовать полное торможение от педалей. Однако вследствие очень низкого эффективного коэффициента сцепления на этом участке пробега оставшейся располагаемой длины ИВПП оказалось недостаточно для останова ВС и самолет выкатился за пределы ИВПП на 42.5м по основным стойкам шасси.

Изменение основных параметров движения и управления на пробеге приведено на рис.35.

Причина и факторы инцидента. Причина продольного выкатывания самолета обусловлена в основном влиянием двух факторов.

Во-первых – несоответствием на участке $L_{ИВПП}$=2600…3000м фактического коэффициента сцепления ($\mu_{сц}^{факт}$~0.29) данным аэродромной службы (на всей ИВПП по данным АТИС $\mu_{сц}$=0.37). Это обстоятельство явилось определяющим фактором причины инцидента.

Во-вторых – отключением экипажем автоматического режима торможения во второй половине пробега на 14с и не использовании при этом торможения от педалей. Данное обстоятельство, увеличившее длину пробега, можно рассматривать как эксплуатационный фактор, так как оставшейся длины ИВПП (с момента начала использования экипажем полного торможения от педалей с удаления 2600м) было бы достаточно для останова ВС за 280м до выходного порога ИВПП при условии реализации прогнозируемого коэффициента сцепления, равного 0.37.

Изменение основных параметров движения и управления в функции дальности при посадке самолета Ту-204 RA-64018 в а/п Внуково 30.11.07г.

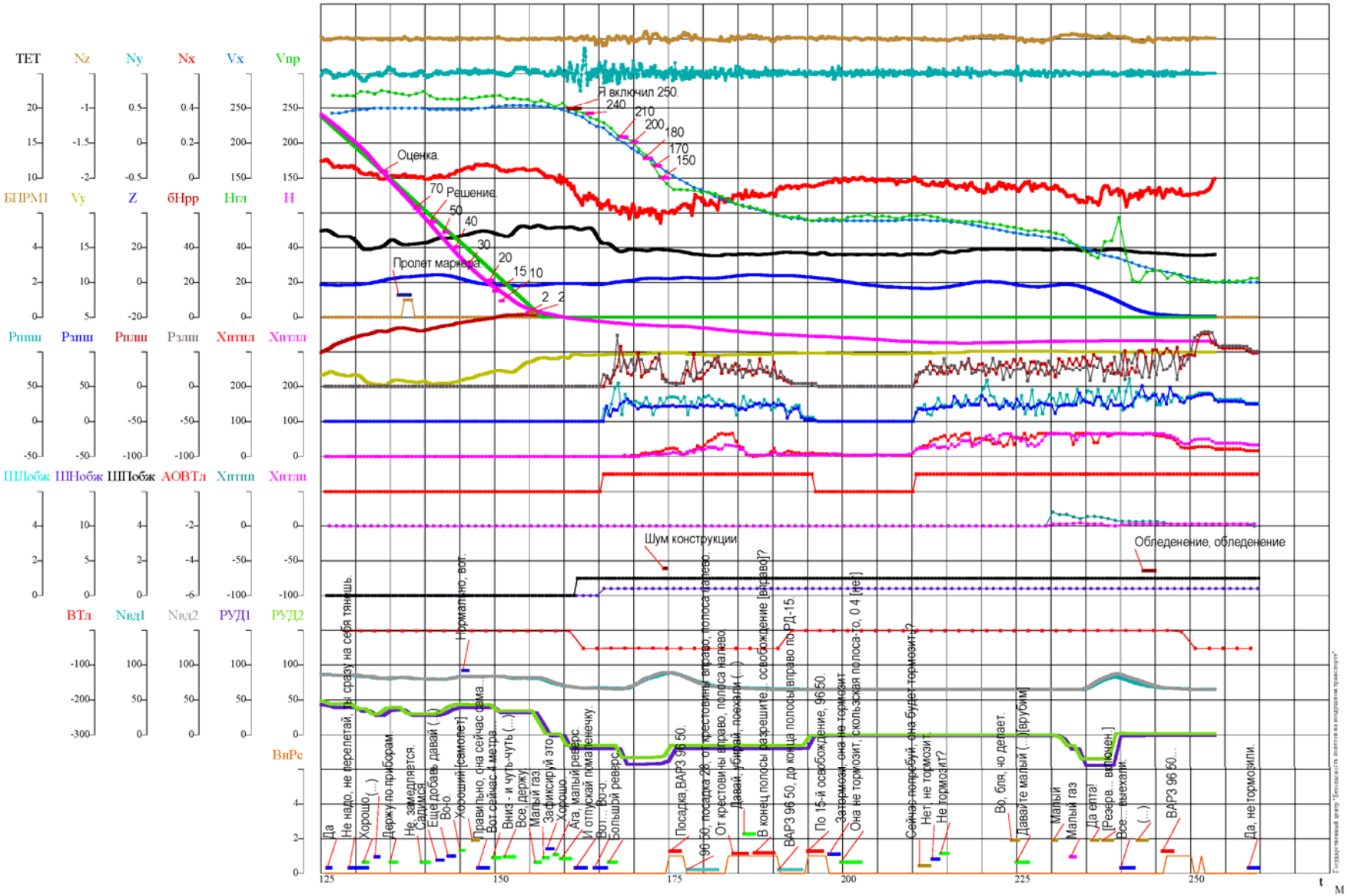


Рисунок 35

3.3 **Боковое выкатывание ВС B-737-400 VP-BCS в а/п Ростов-на-Дону 30.01.2010**

Условия посадки. Посадка выполнялась на ИВПП с размерами 2501х45 ($L_{РПД}$=2501м) в сложных метеорологическ условиях - облачность – 8/8 СД РД, нижний край 200м, переохлажденный дождь, гололёд, видимость 10км, температура воздуха у земли -1ºС. Состояние ИВППП - заснеженная 10%, покрыта изморозью 100%, с низким коэффициентом сцепления (по прогнозу - $\mu_{сц}$=0.34, по контрольному замеру - $\mu_{сц}$=0.27/0.27/0.27) и практически предельно допустимой боковой составляющей ветра слева (в порывах по метеоданным - до 7.5м/с, при допустимой по РЛЭ – 7.7м/с).

Потребная посадочная дистанция ($L_{ПД}^{расч}$) для прогнозируемых условий посадки и в соответствии с выбранным экипажем режимом посадки (AUTOBRAKE 3) составляла 2456м.

Обстоятельства инцидента. Заход на посадку осуществлялся по КГС в директорном режиме и особенностей, за исключением выдерживания экипажем несколько завышенной приборной скорости (V_{REF}+17=138 +17=155kts, при рекомендуемой РЛЭ V_{REF}+10), не имеет. Приземление самолета произошло в рекомендуемой зоне (на удалении 600м от входного порога ИВПП) на V_{REF}+13.

На пробеге на Vпр~60kts потребовался практически полный расход педалей для парирования бокового ветра. Попытка экипажа полным отклонением педалей «на ветер» устранить развивающееся уклонение ВС вправо (т.е. создание еще больших углов увода) предотвратило уклонение ВС вправо, но реализовавшиеся при этом очень большие углы увода (до 27°), привели к нарушению путевой устойчивости самолета. При углах увода в диапазоне 23…27° реализовался равновесный режим (равенство возмущающих и управляющих моментов).

Использование экипажем всех располагаемых средств для вывода ВС из юзового режима с большими углами увода (полное отклонение педалей,

одностороннее торможение и снятие режима реверса) оказались безуспешными. Под действием боковых сил от шасси началось неуправляемое смещение ВС влево, которое привело к выкатыванию ВС с ИВПП влево на 3м по левой основной стойке шасси.

Изменение основных параметров движения и управления при посадке представлено на рис.36.

Причина инцидента. Причиной бокового выкатывания ВС явилась потеря самолетом путевой устойчивости и управляемости на пробеге вследствие реализации недопустимо низкого (как для самолета, таки аэродрома) фактического коэффициента сцепления на ИВПП ($\mu_{сц}^{факт}<0.3$).

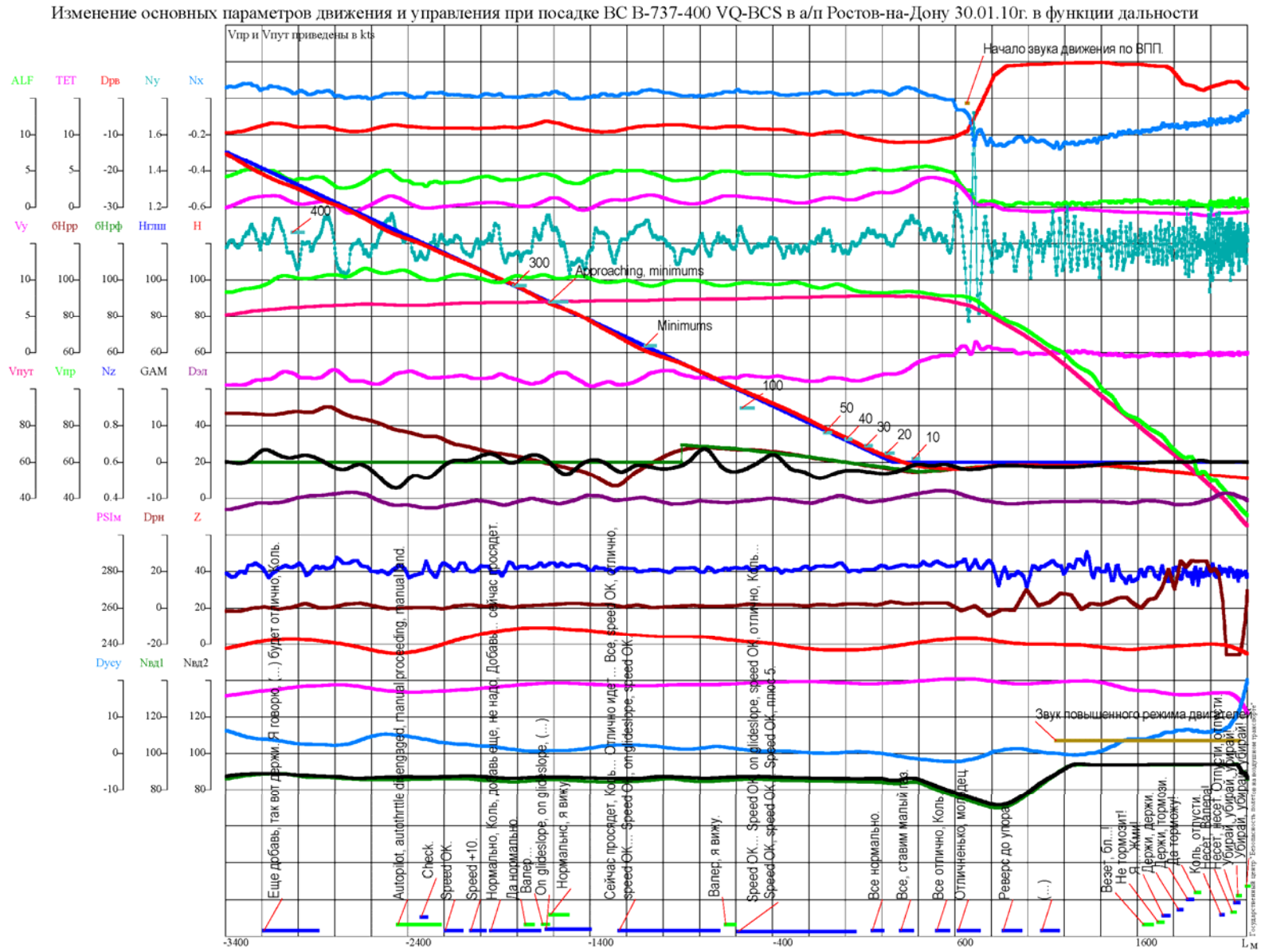

Изменение основных параметров движения и управления при посадке ВС B-737-400 VQ-BCS в а/п Ростов-на-Дону 30.01.10г. в функции дальности
Vпр и Vпут приведены в kts
Начало звука движения по ВПП.
ALF
TET
Dрв
Ny
Nx
Vy
бНрр
бНрф
Нглш
H
Vпут
Vпр
Nz
GAM
Дэл
PSIм
Dрн
Z
Dуеу
Nвд1
Nвд2
400
300
Approaching, minimums
Minimums
100
50
40
30
20
10
Звук повышенного режима двигателей
-3400
-2400
-1400
-400
600
1600
Lм

Рисунок 36

3.4 **Боковое выкатывание ВС RRJ-95B RA-89001 в а/п Казань 6.05.2012**

Условия посадки. Посадка производилась на ИВПП (с размером 3724×45м и $L_{РПД}$=3570м) в простых, за исключением ветровых, метеоусловиях - видимость 10км, облачность 1500м RMK. Ветровые условия по боковой составляющей ветра соответствовали при порывах предельно допустим значениям для данного типа ВС (боковой ветер 9м/с, при порывах до 15м/с). Состояние ИВПП – сухая, коэффициент сцепления 0.75/0.74/0.74. К особенности условий следует отнести то, что посадка осуществлялась при не сигнализируемом отказе дублирующей системы управления передней стойкой шасси.

Обстоятельства инцидента. Заход на посадку осуществлялся по КГС в директорном режиме. Экипаж принял решение произвести посадку с торможением в режиме LOW AUTOBRAKE.

До момента приземления полет особенностей не имеет. После приземления и опускания передней стойки (приземление произошло с небольшим отделением ВС от ИВПП, а повторное приземление и опускание передней стойки с левым креном до 4º) проявились две особенности в функционировании систем ВС.

Первая особенность. В процессе максимального обжатия амортизатора передней стойки при её опускании, вследствие превышения предельно допустимого уровня рассогласования между отклонением педалей и углом поворота колес, произошло автоматическое отключение основной системы управления передними колесами шасси. В связи с тем, что дублирующий канал был в отказе, произошло полное отключение управления носовыми колесами шасси (как в рулежном, так и взетно-посадочном режимах) и переход носовых колес в режим самоорентирования. Причиной возникновения данного рассогласования явились повышенные нагрузки на переднюю стойку из-за движения ВС при этом только на двух стойках -

передней и левой основной.

Вторая особенность. При автоматическом торможении произошел нештатный рост давления в тормозе внешнего колеса правой стойки шасси. Уровень этого давления намного превышал как уровень давления в остальных колесах шасси, так и нормальный уровень давления при использовании экипажем режима LOW. Причиной данного явления явилось несоответствие фактических условий при приземлении штатным (допустимых в эксплуатации) условиям для нормального функционирования логики управления тормозным давлением правого внешнего колеса в режиме AUTOBRAKE. Нештатные условия возникли вследствие как приземления с отделением (при первом приземлении снялись блокировки по обжатию стоек и по раскрутке колес шасси), так и при повторного приземления с опусканием носовой стойки при большим левом крене.

Переход передней стойки после её опускании в режим самоорентации уменьшил запасы путевой управляемости и их оказалось недостаточно для парирования суммарного возмущающего момента от бокового ветра и асимметрии тормозных сил шасси. Дефицит путевой управляемости наступил при полном отклонении руля направления на Vпр=80kts. Экипаж выключил при этом реверс двигателей и, несмотря на то, что к этому моменту боковое уклонение самолета уже составляло 6м вправо от оси ИВПП и продолжало интенсивно увеличиваться, не отключил режим AUTOBRAKE и не увеличил запасы путевой управляемости использованием асимметричного торможения основных колес шасси.

На скорости 70kts и при боковом уклонении вправо на 12м экипаж отключил режим AUTOBRAKE и попытался использовать управление передней стойкой от рулежных рукояток без перезагрузки системы. Данная попытка оказалась безуспешной. Самолет выкатился на правую боковую полосу безопасности.

В процессе бокового движения после выкатывания произошло столкновение передней стойки с неровностями (краем асфальтовой дорожки,

проходящей параллельно ИВПП), что привело к развороту передних колес шасси влево на угол ~40°. Данное отклонение передних колес шасси обеспечило резкий разворот вектора скорости ВС влево на большой угол, выход самолета на ИВПП и её пересечение.

После выхода самолета на ИВПП экипаж начал использовать тормоза основных колес шасси как для останова ВС, так и для управления в путевом канале. Останов ВС произошел на РД F, на удалении 2413м по центру масс от перенесенного порога и при боковом уклонении 40.8м от оси ИВПП влево.

Изменение основных параметров движения и управления при посадке представлено на рис.37.

Причина и факторы инцидента. Причина бокового выкатывания ВС обусловлена влиянием следующих факторов.

Во-первых - конструктивными недостатками ВС:

- отсутствие эффективной сигнализации экипажу об отказе дублирующей системы управления передними колесами шасси и в случаях автоматического переходе передних колес в режим самоорентирования;

- преждевременное снятие блокировок по тормозному давления для режима AUTOBRAKE в случаях отделений ВС после приземления.

Во-вторых – ошибочными действиями экипажа:

- неадекватное отклонение руля высоты на кабрирование перед приземлением, что привело к отделению самолета от ИВПП и спровоцировало в условиях сильного бокового ветра повторное приземление с большим левым креном;

- преждевременное (до момента устойчивого без крена пробега на основных стойках шасси) опускание передней стойки шасси, что создало условия для отключения управления передней стойкой шасси и возникновению несинхронного тормозного давления;

- несвоевременное отключение автоматического торможения при возникновении большой асимметрии тормозных давлений и не использование асимметричного торможения основных колес шасси при возникновении дефицита путевой управляемости и угрозе бокового выкатывания.

Предложения.

1. Изучить с летным составом, эксплуатирующим ВС RRJ-95B, результаты исследований данного случая, обратив особое внимание на недопустимость опускания передней стойки шасси до момента устойчивого пробега на основных стойках шасси и на необходимость использования асимметричного торможения основных колес шасси при угрозе бокового выкатывания.

2. Учитывая, что при существующей предупреждающей сигнализации экипаж не смог в исследованном случае определить причину дефицита путевой управляемости, целесообразно:

- повысить информативность предупреждающей системы сигнализации об автоматическом отключении управления передней стойкой шасси и возникновении значительной асимметрии тормозных давлений (например, с использованием речевого информатора);
- дополнить РЛЭ предупреждением о возможности автоматического перехода носовой стойки в режим самоорентации и рекомендациями экипажу при этом.

3. Учитывая, что случаи приземление ВС с отделением основных стоек шасси в эксплуатации исключить невозможно, доработать (программно или конструктивно) систему торможения с целью исключения при таких посадках возникновения значительной асимметрии тормозных давлений основных колес шасси.

Совмещенные данные DFDR, CVR и результатов траекторных расчетов при посадке самолета RRJ-95B RA-89001 в а/п Казань 06.05.2012г. в функции времени.

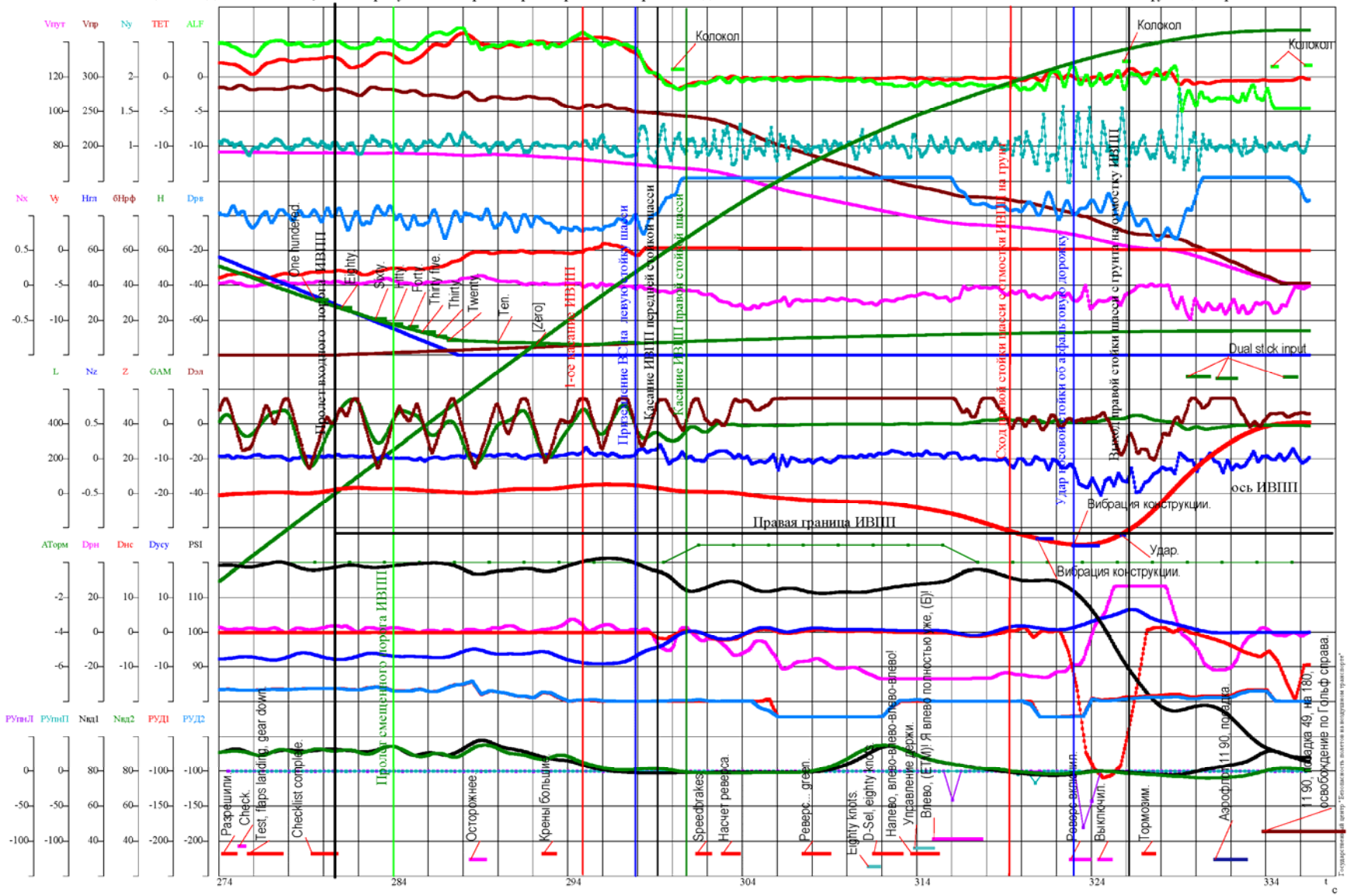


Рисунок 37

3.5 **Выкатывание при сруливании с ИВПП ВС B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.2011**

Условия посадки. Посадка производилась ночью в сложных метеорологических условиях (видимость 600м, временами 400м, туман, коэффициент сцепления по АТИС 0.5, полоса влажная со слоем осадков менее 1мм) Фактически состояние ИВПП не соответствовало данным аэродромных служб. Так с удаления 2250м от входного порога ИВПП и до удаления 2430м коэффициенты сцепления составляли $\mu_{сц}^{ср}$ =0.38, $\mu_{сц}^{min}$ =0.22 и $\mu_{сц}^{max}$ =0.55. По среднему коэффициенту сцепления состояние ИВПП на данном участке характеризуется как мокрое, местами покрытое мокрым льдом и оценивается, как Medium. На конечном участке ИВПП (с удаления 2495 м от входного порога ИВПП) коэффициенты сцепления составляли - $\mu_{сц}^{ср}$=0.3, $\mu_{сц}^{min}$ =0.20 и $\mu_{сц}^{max.}$=0.49. По среднему коэффициенту сцепления состояние ИВПП на данном участке, также как и на предыдущем участке, характеризуется как мокрое и местами покрытое мокрым льдом, но оценивается уже, как POOR.

Обстоятельства инцидента. Заход на посадку осуществлялся в директорном режиме с использованием экипажем режима торможения «AUTOBRAKE2», что соответствует состоянию ИВПП GOOD. При прогнозируемом состоянии ИВПП ($L_{РПД}$=2805м) коэффициент запаса посадочной дистанции составлял 2.091 (при нормируемом значении 1.92).

Полет до ВПР происходил без особенностей. После перехода на визуальное пилотирование у самолета начал развиваться правый крен (до 4º), наиболее вероятно, из-за перераспределения основного внимания КВС на продольный канал в условиях ограниченной видимости. Данное обстоятельство привело к большому уклонению ВС вправо от оси ИВПП (максимальная величина уклонения составила 10.4м на высоте ~2м). В процессе выравнивания экипаж устранил правый крен, а затем приостановил выравнивание на высоте 1…2м и на этой высоте выполнил плоский маневр по устранению бокового уклонения. При выполнении маневра по устранению

бокового уклонения произошло увеличение воздушного участка посадочной дистанции на 570м по отношению к нормируемой точке приземления (305м).

В процессе пробега, при уменьшении приборной скорости до 80kts и при удалении 2080м от входного порога ИВПП, экипаж выключил реверс, а при удалении 2300м, перешел на торможение от педалей с использованием полного тормозного давления. На удалении 105м от выходного порога ИВПП, при путевой скорости 28kts, ввиду явной угрозы продольного выкатывании ВС, экипаж предпринял попытку срулить на правую концевую РД. Вследствие большой скорости ВС и низкого коэффициента сцепления данная попытка экипажа оказалась безуспешной – с уклонением вправо самолет на Vпут.=20kts выкатился за пределы ИВПП (на 46м по оси ИВПП и на 31м правее её).

Изменение основных параметров движения и управления при данной посадке представлены на рис.38.

Причина и факторы. Причина выкатывания ВС при сруливании с ИВПП на РД обусловлена следующими факторами.

Во-первых – не соответствием прогнозируемого и фактического состояния ИВПП по коэффициенту сцепления на конечном участке ИВПП (2495…2805м). Данное обстоятельство привело к неправильному выбору экипажем режима посадки – посадка производилась в режиме «AUTOBRAKE 2» с бзак.=30º, при потребном режиме для безопасной посадки, как минимум, «AUTOBRAKE 3» с бзак.=40º. Данный фактор является определяющим в причине выкатывания ВС.

Во-вторых – перелетом рекомендуемой зоны приземления (приземление ВС произошло на удалении 875м, при рекомендуемой зоне приземления 305…610м). Данный фактор можно рассматривать как эксплуатационный, так как максимально допустимая точка приземления для ВС данного типа составляет 915м.

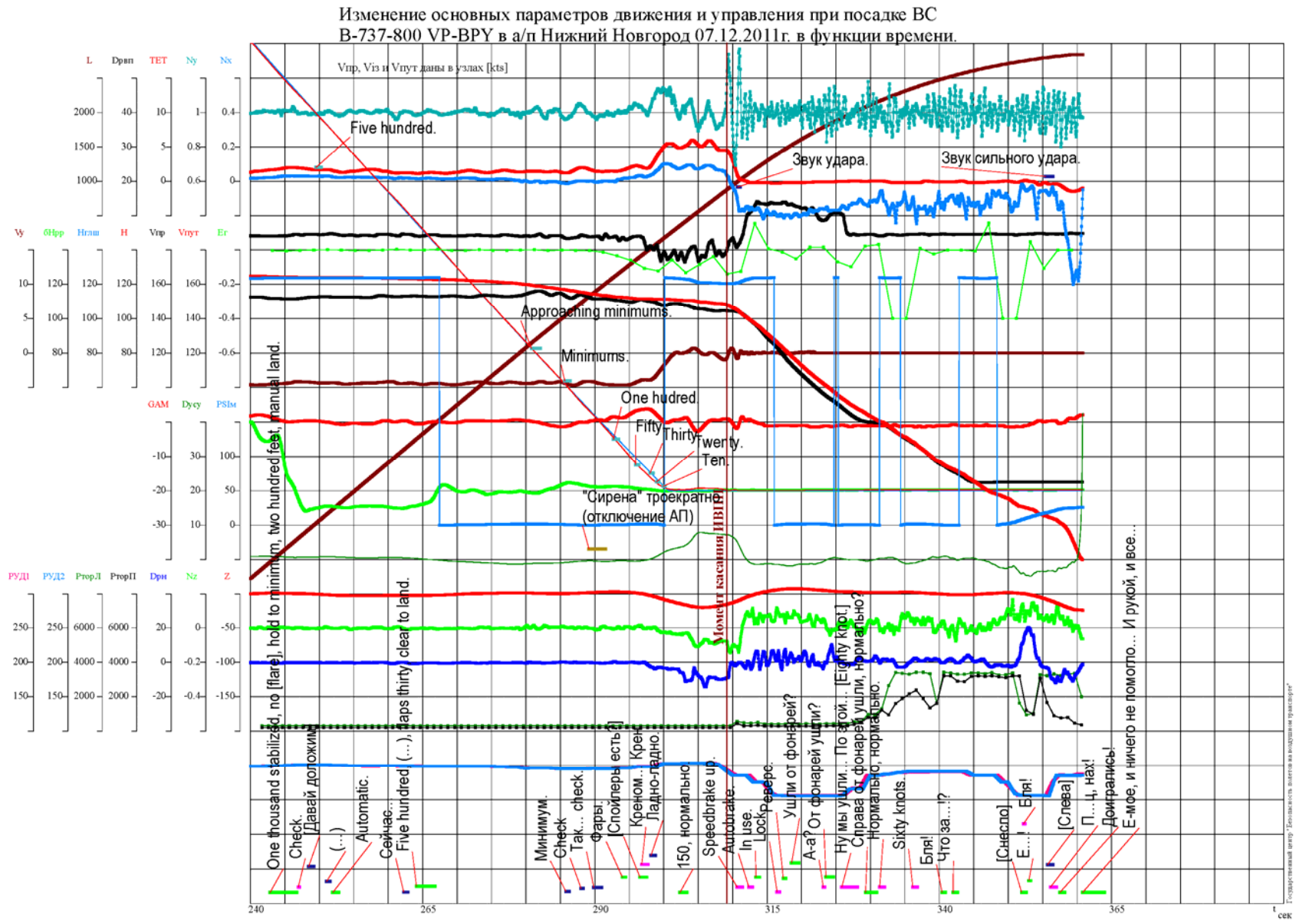

Изменение основных параметров движения и управления при посадке ВС
B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.2011г. в функции времени.
Vпр, Vis и Vпут даны в узлах [kts]
Five hundred.
Звук удара.
Звук сильного удара.
Approaching minimums.
Minimums.
One hudred.
Fifty.
Thirty.
Twenty.
Ten.
"Сирена" троекратно (отключение АП)
Момент касания ЦВПР
One thousand stabilized, no [flare], hold to minimum, two hundred feet, manual land.
Check.
[Давай доложим]
(...)
Automatic.
Сейчас...
Five hundred (...), flaps thirty, clear to land.
Минимум.
Check
Так... check.
Фары.
[Спойлеры есть!]
Кренком...
Ладно-гадно.
150, нормально
Speedbrake up.
Autobrake.
In use.
Lock.
Реверс.
Ушли от фонарей?
А-а?
От фонарей ушли?
Ну мы ушли... По злой... [Eighty knot.]
Справа от фонарей ушли, нормально?
Нормально, нормально.
Sixty knots.
Бля!
Что за...!?
[Снесло]
Е...!
Бля!
[Слева]
П...ц, нах!
Доигрались!
Е-мое, и ничего не помогло... И рукой, и все...
t сек

Рисунок 38

3.6 **Выкатывание при сруливании с ИВПП ВС ИЛ-96-300 RA-96007 в а/п Шереметьево 16.02.2012**

Обстоятельства инцидента. Посадка производилась в сложных условиях на ВПП07L с низким коэффициентом сцепления (по прогнозу - $\mu_{сц}$=0.4 и слой мокрого снега до 2мм). Фактическое состояние ВПП07L по среднему коэффициенту сцепления (0.32/0.32/032) не соответствовало данным АТИС ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.4). При этом на участке разворота ВС при сруливании на РД-14 нормативный коэффициент сцепления составлял ~0.28, что ниже минимально допустимого для ВС ГА ($\mu_{сц}^{доп}$=0.3).

До момента начала сруливания ВС с ИВПП на РД-14 особенности в выполнении посадки не отмечается. Маневр разворота при сруливании на РД-14 экипаж начал в режиме торможения, с удаления 107м от оси РД14 при путевой скорости 30км/час. Из-за попадания ВС при этом на участок с недопустимо низким коэффициентом сцепления ($\mu_{сц}$<0.3), произошел срыв сцепления колес передней стойки с ВПП и, как следствие, возникновение тряски и практически полная потеря управляющего момента от этой стойки. Неудовлетворительная управляемость от передних колес шасси потребовала от экипажа использования для управления по курсу момента от асимметрии тяги двигателей. Пытаясь быстро освободить ИВПП (так как к этому моменту было уже доложено об освобождении полосы), экипаж увеличил режим двигателей до 0.7 номинала 1-му, 2-му и 3-му двигателям, а 4-ый двигатель оставил на режиме малого газа. Возникший при этом очень большой разворачивающий момент привел к росту угловой скорости рыскания до 13.5°/с. Попытка экипажа полным отклонением педалей парировать разворот ВС вправо при сохранении асимметрии тяг двигателей, оказалась безуспешной – самолет выкатился вправо с РД-14 на грунт, развернувшись к моменту остановки на 119° относительно её оси.

Изменение основных параметров движения и управления в данном случае приведено на рис.39.

Причина и факторы инцидента. Причина схода ВС на грунт при сруливании с ИВПП обусловлена влиянием следующих факторов.

Во-первых – недопустимо низким коэффициентом сцепления на участке сруливания. Данное обстоятельство привело к потере управляемости от передних колес шасси и является определяющим фактором причины выкатывания.

Во-вторых – повышенной начальной путевой скоростью сруливания с ИВПП покрытой слоем осадков.

В-третьих – неадекватным использованием экипажем асимметричного режима работы двигателей для разворота на РД при освобождении ИВПП.

Изменение основных параметров движения и управления при посадке ВС Ил-96 RA-96007 в а/п Шереметьево 16.02.2012г. в функции времени.

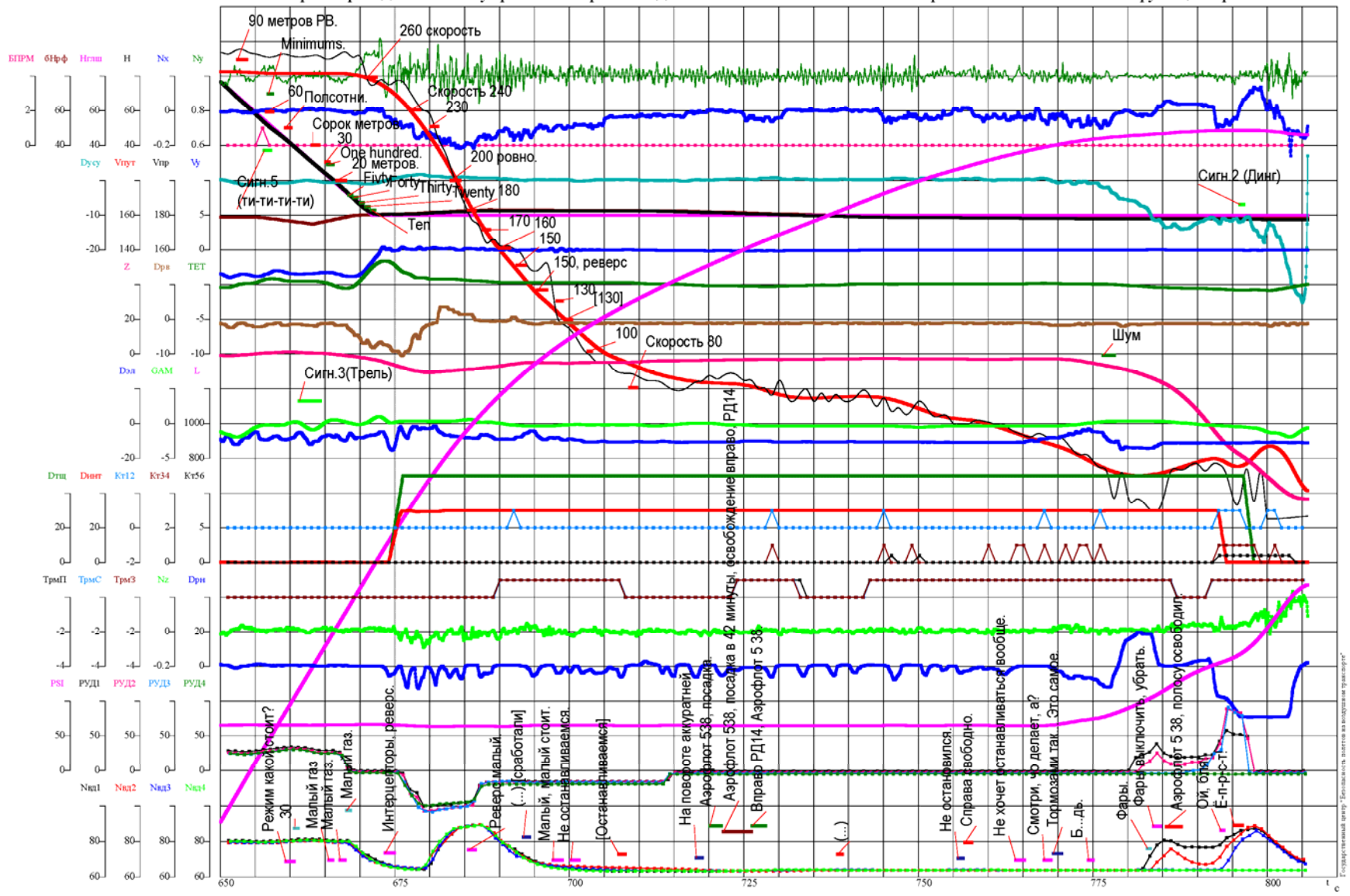


Рисунок 39

4 Обобщение результатов исследований и расследований инцидентов, происшедших в 2007–2011 гг., связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации за пределы взлетно-посадочной полосы на этапе посадки. Разработка дополнительных рекомендаций инструкторскому и летному составу по их предотвращению

4.1 Статистический анализ выкатываний при посадке ВС 1 и 2 классов коммерческой авиации за пятилетний период (2007-2011 гг.)

За период с 2007 года по 2011 год зарегистрировано 48 случаев выкатывания самолетов 1-го и 2-го классов за пределы ВПП на посадке (см. таблицу 7).

Таблица 7 **Распределение количества выкатываний за пределы ВПП в 2007-2011 гг.**

Тип событий	2007	2008	2009	2010	2011	Всего
Продольное выкатывание с ВПП	3	3	4	6	4	***20***
Боковое выкатывание с ВПП	6	7	1	3	2	***19***
Выкатывание за пределы ВПП при сруливании	4	0	1	1	3	***9***

На рис. 40 приведены доли типов событий в общем количестве событий за период с 2007 года по 2011 год в целом, а также выделен 2011 год.

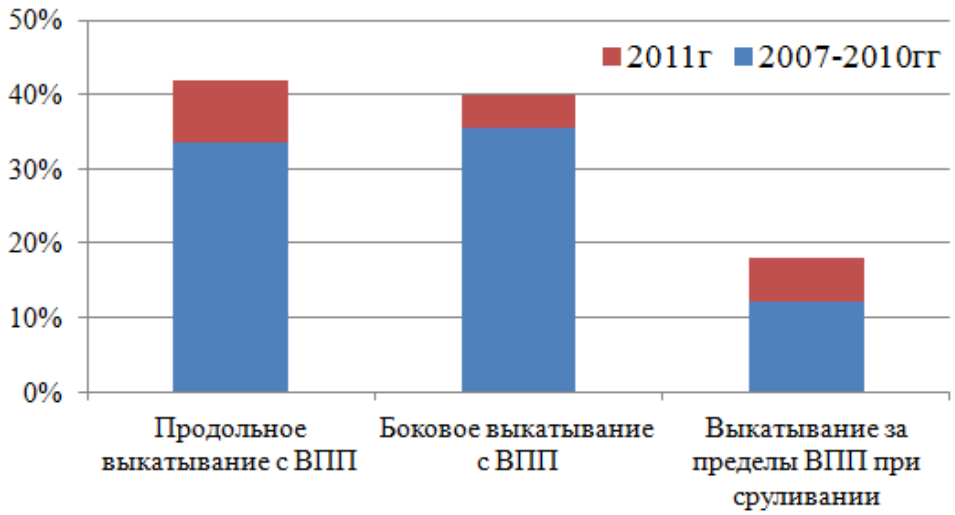


Рисунок 40

Распределение общего количества событий по годам на самолетах отечественного и зарубежного производства представлено на рис. 41.

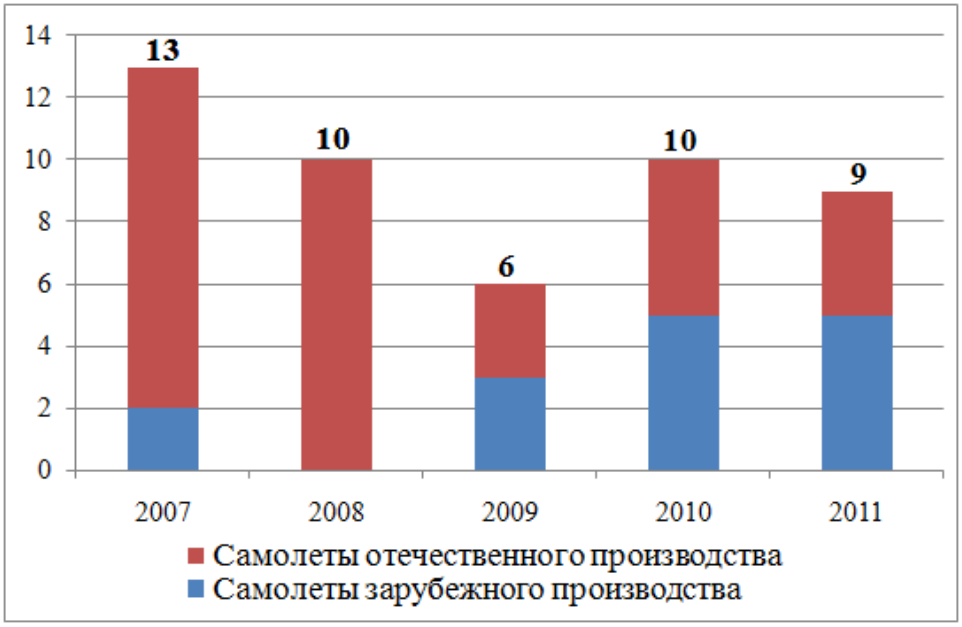


Рисунок 41

На рис. 42 представлены сравнительные диаграммы количества посадок, выполненных на самолетах коммерческой авиации 1 и 2 классов в 2007 – 2011 гг.

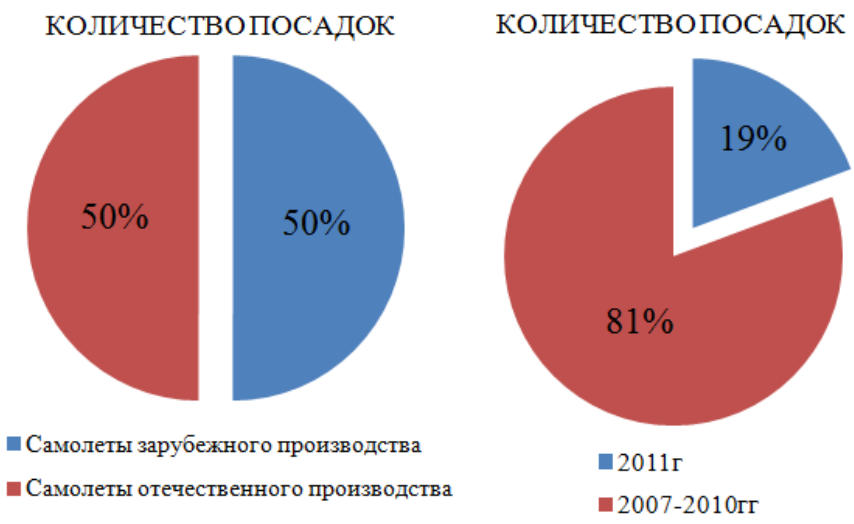


Рисунок 42

Относительные показатели количества случаев выкатывания самолетов на 100.000 посадок для самолетов отечественного и зарубежного производства приведены в таблице 8 и на рис. 43. На рисунке приведены суммарные значения по всем самолетам.

Таблица 8.

	2007	2008	2009	2010	2011
Самолеты зарубежного производства	1,81	0,00	1,70	2,19	1,86
Самолеты отечественного производства	3,72	3,85	1,97	4,12	4,54

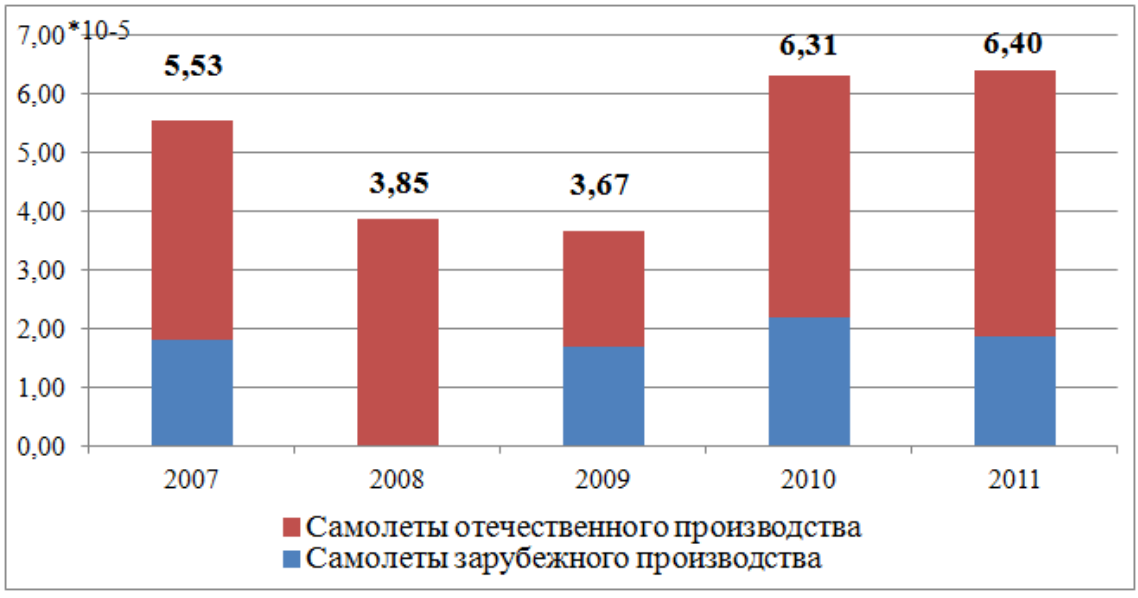


Рисунок 43 Относительные показатели

Данные о количестве случаев выкатывания за пределы ВПП по типам самолетов приведены в таблице 9.

Таблица 9.

Тип самолета	Количество событий
Ту-134	9
Ту-154	9
Як-42	9
Ту-204	2
Ту-214	1
Ил-86	1
Ил-76	1
Ан-124-100	1
В-737	12
А-319, А-321	2

Относительные показатели количества случаев выкатывания за пределы ВПП на 100 000 посадок по типам самолетов приведены на рис. 44.

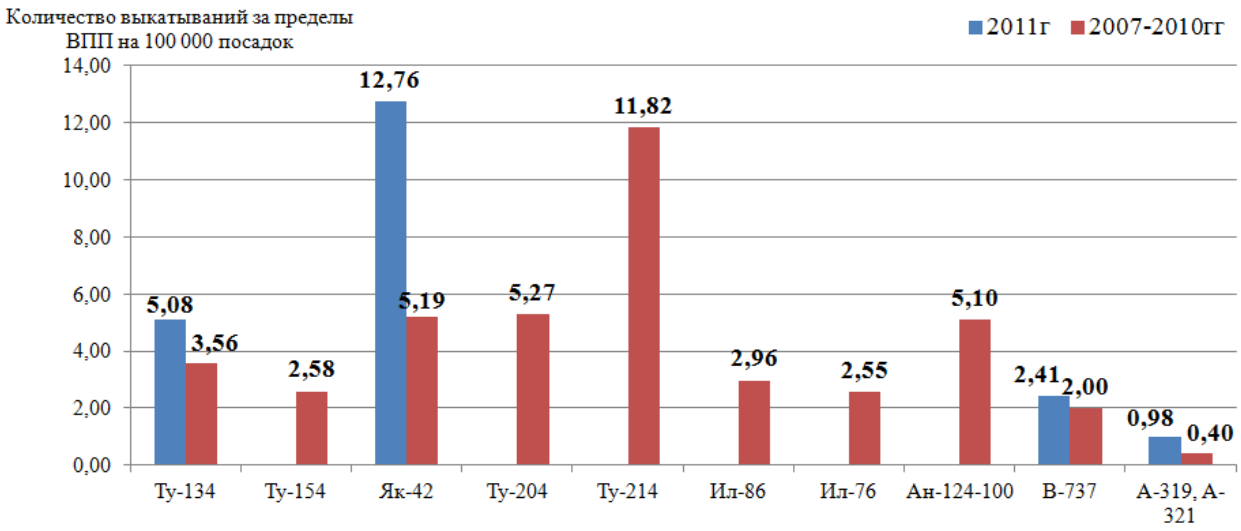


Рисунок 44 Относительные показатели по типам ВС

Распределение событий по месяцам года представлено на рис. 45.

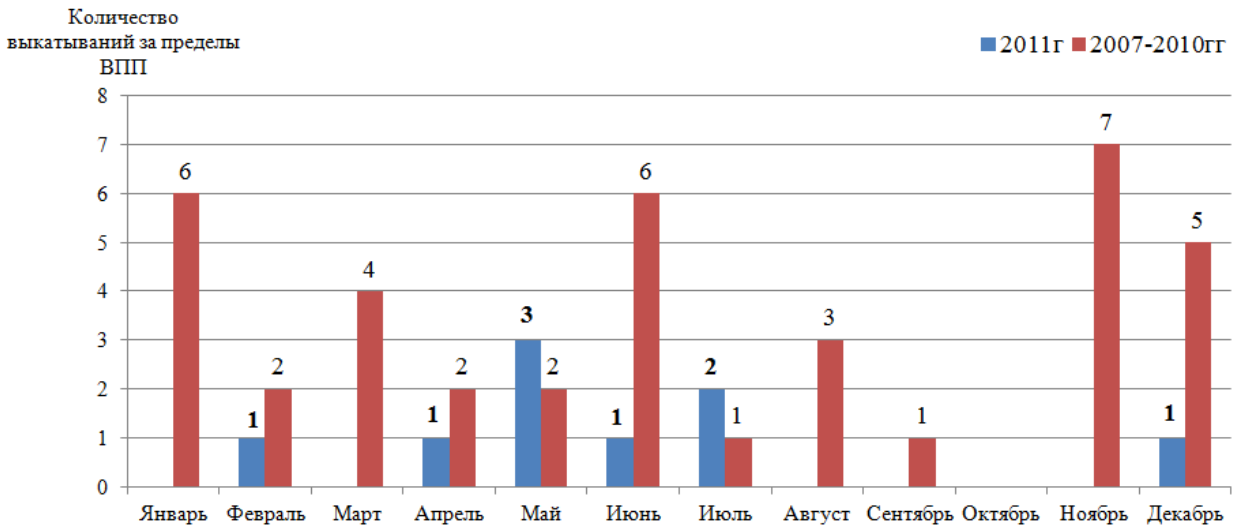


Рисунок 45 Распределение количества событий по месяцам

Наиболее часто за рассматриваемый период события, связанные с выкатыванием самолетов за пределы ВПП, имели место в аэропортах: Внуково (13 событий), Ростов-на-Дону (6 событий) и Уфа (5 событий). В общей сложности, в этих аэропортах произошла половина всех рассматриваемых событий (рис. 46).

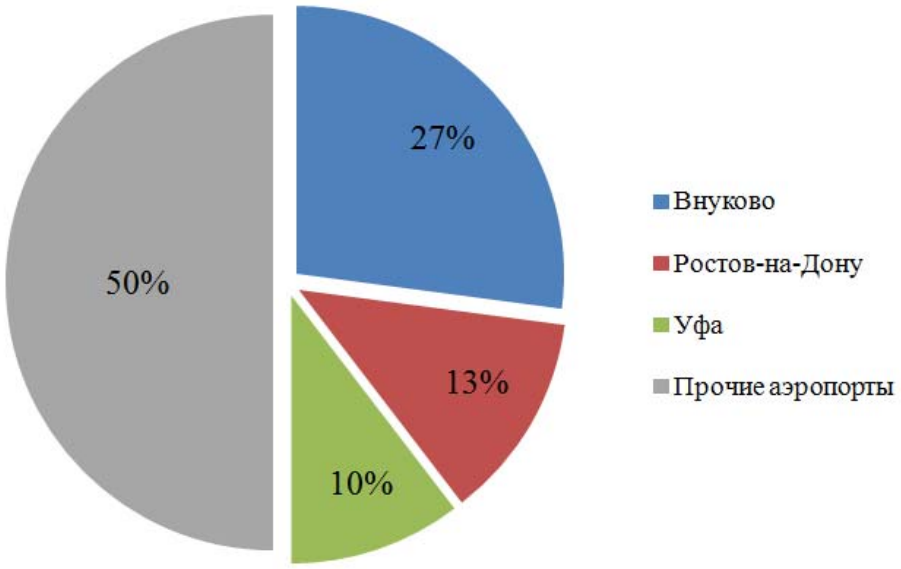


Рисунок 46 Распределение количества событий по аэропортам

Распределение событий по авиакомпаниям приведено в таблице 10.

Таблица 10 **Данные о количестве событий по авиакомпаниям**

Авиакомпания	**Количество событий**
ОАО а/к "ЮТэйр"	10
Аэрофлот	3
ГУАП "Оренбургские АЛ"	3
Государственная а/к "223 ЛО"	2
ЗАО а/к "Авиалинии 400"	2
ОАО "Авиакомпания "Москва"	2
ОАО "Авиакомпания "Россия"	2
ОАО "ДОНАВИА"	2
ОАО Авиакомпания "Красноярские авиалинии"	2
ООО "Авиапредприятие "Газпромавиа"	2
ООО а/к "Грозный Авиа"	2
Прочие авиакомпании	16

На рис.47 представлено распределение причин выкатывания самолетов за пределы ВПП в 2007-2011гг по группам: экипаж, воздушное судно, среда.

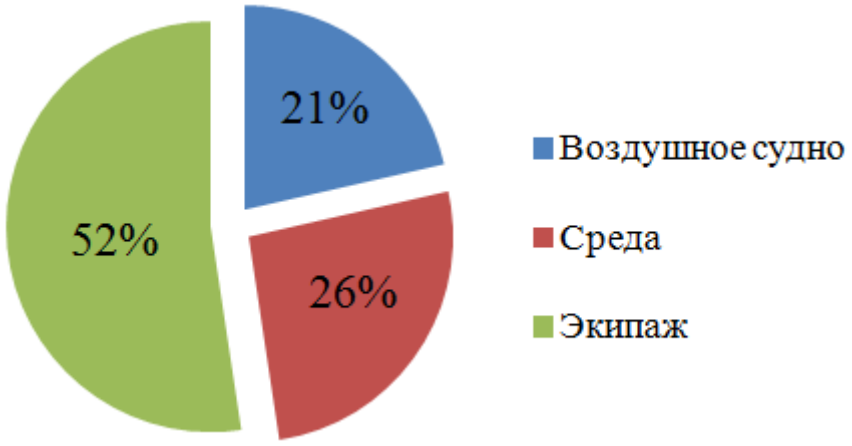


Рисунок 47 Причины выкатывания самолетов за пределы ВПП

Более половины причин связано с человеческим фактором. Типичной ошибкой является посадка со значительным перелетом расчетной зоны приземления.

4.2 Исследование записей средств объективного контроля и анализ результатов расследований инцидентов, происшедших в 2010-2011 гг., связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации при посадке

4.2.1 Исследование записей средств объективного контроля

В соответствие с техническим заданием (по располагаемой информации ГосЦентром) проведено детальное исследование записей средств объективного контроля четырех случаев выкатывания самолетов коммерческой авиации, происшедших в 2011 году. Результаты исследований записей представлены в разделах 2.1 – 2.4 данного отчета.

4.2.2 Анализ результатов расследований инцидентов, происшедших в 2010–2011 гг. связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации при посадке

Приведенные в разделе 4.1 настоящего отчета сведения (см. рисунок 43) указывают на то, что в 2010 году появилась тенденция увеличения влияния на безопасность полетов выкатываний при посадке самолетов 1 – 2 класса коммерческой авиации. Относительное число инцидентов, связанных с выкатыванием при посадке в 2011 году, по сравнению с 2009 годом увеличилось в 1,7 раза. При этом значение относительного числа выкатываний при посаде в 2011 году (6,4 инцидента на 100 тыс. посадок) достигло наибольшего значения за период с 2007 года.

Основные причины выкатываний самолетов коммерческой авиации при посадках в 2010–2011 г.г., согласно анализу результатов расследований, приведены на рис. 48. При этом указано количество событий, связанных с конкретными причинами.

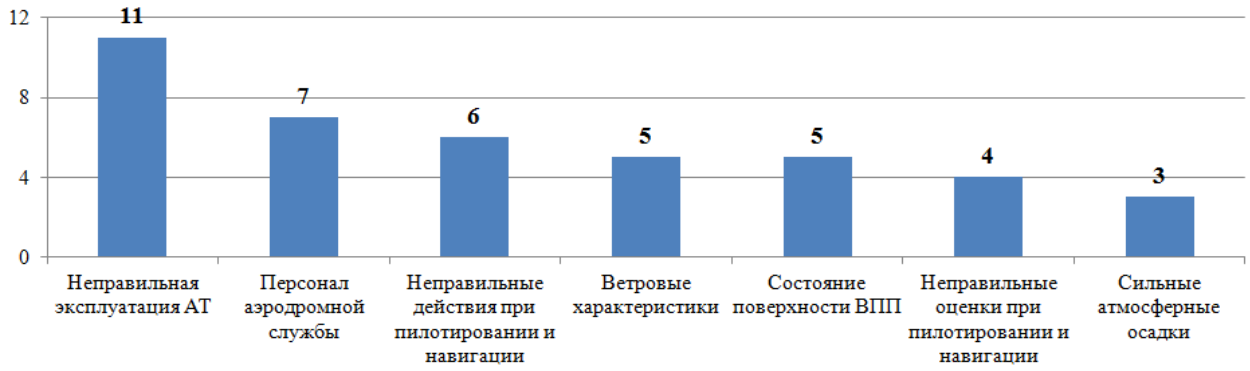


Рисунок 48 Причины выкатывания самолетов за пределы ВПП

Следует также обратить внимание на то, что при проведении анализа состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2010 году было обращено внимание на то, что в последние годы при расследовании инцидентов чаще начали проявляться недостатки в аэродромном обеспечении, приводящие к выкатываниям за пределы ВПП. В 2010 году недостатки в содержании летного поля отмечались по результатам расследования 5 инцидентов, связанных с выкатыванием при посадке.

Анализ рекомендаций комиссий по расследованию инцидентов, связанных с выкатываниями за пределы ВПП в 2010 -2011 годах, позволяет сделать заключение о том, что большинство из них было направлено на необходимость реализации следующих мероприятий:

Авиакомпаниям:

– изучение обстоятельств и причин авиационных инцидентов с летным составом и ранее разработанных рекомендаций по предотвращению выкатываний;

– изучение особенностей использования средств торможения (тормоза, реверс, спойлеры) при посадке на мокрые ВПП и ВПП с низким коэффициентом сцепления;

– изучение особенностей профиля ВПП аэродромов (наличие уклонов), на которые выполняются полеты;

– необходимость использования для подготовки летного состава воздушных судов отечественного производства тренажеров, отвечающих

современным требованиям к качеству подготовки летного состава.

Производителям АТ:

– необходимость доработки системы управления спойлерами самолетов Як-42 с целью обеспечения возможности принудительного их выпуска экипажем на пробеге после приземления.

Аэропортам:

– необходимость повышения требовательности к соблюдению правил оценки состояния летного поля и содержания ВПП в состоянии, позволяющим минимизировать риск выкатываний при посадке;

– необходимость принятия в эксплуатацию современных средств замера коэффициента сцепления на ВПП, в том числе тележек для замера коэффициента сцепления, оборудованных записывающей аппаратурой;

– необходимость внедрения в практику деятельности аэродромных служб рекомендаций Методики прогнозирования льдообразований на аэродромных покрытиях, изложенной в Приложении 7 к Руководству по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94);

– на ИВПП, покрытых осадками, проводить более частые (чем требуемые РЭГА РФ-94) осмотры и измерения Ксц с целью своевременного обновления информации об изменении тормозных свойств поверхности покрытия;

– необходимость обследования искусственных покрытий ВПП с целью выявления мест скопления воды на искусственном покрытии.

Авиационным властям:

– переработать Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94) с учетом современных требований обеспечения безопасности полетов;

– необходимость возобновления работы межведомственной рабочей группы по рассмотрению результатов расследования инцидентов, как это предусмотрено п. 3.9.4 ПРАПИ-98;

– внедрение и совершенствование нормативных документов по вопросам психологического обеспечения отбора, подготовки и профессиональной деятельности летного состава гражданской авиации Российской Федерации.

4.3 Факторный анализ выкатываний ВС коммерческой авиации, происшедших в 2011 г.

Основные характеристики выкатываний ВС 2-го класса коммерческой авиации (выкатываний самолетов 1-го класса в 2011 году не было) представлены в таблице 11. Как видно из этой таблицы, из 9 случаев выкатываний, происшедших в 2011 году, в 5-ти случаях причина инцидентов обусловлена неправильными (или ошибочными) действиями экипажа (неудовлетворительное функционирование звена «экипаж»), и в 4-х случаях с неудовлетворительным состоянием ИВПП (несоответствие параметров звена «среда» допустимым для ВС ГА или прогнозируемым перед посадкой). Выкатываний ВС, причина которых была бы обусловлена отказами авиационной техники (звено «ВС»), в 2011 году не было.

В качестве определяющих причину выкатываний ВС в 2011 году выступают три фактора – перелет ВС нормируемой зоны приземления (НЗП), несоответствие фактического эффективного коэффициента ($\mu_{сц}^{эфф}$) сцепления прогнозируемому перед посадкой ($\mu_{сц}^{АТИС}$) и повышенная скорость сруливания с ИВПП. Рассмотрим причины возникновения данных факторов.

Перелет нормированной зоны приземления. Данный фактор явился причиной превышения фактической посадочной дистанции над располагаемой в 4-х из 9-ти случаев выкатываний ВС, произошедших в 2011 году. Возникновение этого фактора связано с преднамеренными и неправильными действиями экипажа. К этим действиям можно отнести - уход («подныривание») под продолженную глиссаду, затянутое выравнивание и преждевременное выравнивание. Эти действия выполнялись с одной целью - избежать грубого приземления. Рассмотрим сущность этих действий их проявления при выкатываниях, произошедших в 2011 году.

Таблица 11 **Основные характеристики выкатываний ВС 1 и 2 класса, произошедших в 2011 г.**

№ п/п	ВС, а/п посадки, дата	$L_{РПД}$	$\frac{L_{ПД}^{РЛЭ}}{L_{ПД}^{Ф}}$	$\frac{V_{ЗП}^{РЛЭ}}{V_{ЗП}^{Ф}}$	$\frac{L_{ВУ}^{РЛЭ}}{L_{ВУ}^{Ф}}$	$\frac{L_{ПР}^{РЛЭ}}{L_{ПР}^{Ф}}$	Тип события	Причина события	Факторы события
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Як-42Д RA-42439, а/п Внуково, 14.05.2011	2030	1680/2331	210/208	≤600/910	1170/1421	Продольное выкатывание на 310 м	Неправильные действия экипажа	1.Недопустимый перелет НЗП (на 310 м) 2. Запаздывание на 4 сек с уменьшением режима работы двигателей 3. Невыпуск спойлеров автоматически
2	А-319 VQ-BAT, а/п Ростов-на-Дону, 11.06.2011	2501	1850/2601	130/131	≤610/950	1170/1681	Продольное выкатывание на 100 м	Неправильные действия экипажа	1. Недопустимый перелет НЗП (на 340 м) 2. Наличие слоя воды на ИВПП ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.4, $\mu_{сц}^{эфф}$=0.35-0.4)
3	В-737-500 VQ-BAD, а/п Ростов-на-Дону, 23.07.2011	2501	2434/2601	140/140	≤915/230	1847/2371	Продольное выкатывание на 100 м	Неудовлетво-рительное состояние ИВПП	1. Недопустимо низкий эффективный коэффициент сцепления из-за наличия слоя воды на ИВПП ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.39, $\mu_{сц}^{эфф}$<0.3) 2. Посадка с деактивированным реверсером левого двигателя
4	В-737-800 VP-BPY, а/п Нижний Новгород, 07.12.2011	2805	2669/2850	144/150	≤915/875	1828/1985	Продольное выкатывание на 31 м	Неудовлетво-рительное состояние ИВПП	1. Низкий эффективный коэффициент сцепления на последней трети ИВПП ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.5, $\mu_{сц}^{эфф}$=0.3) 2. Перелет РЗП (305 - 610м) на 265м (максимально допустимый перелет РЗП по РЛЭ - 305 м)
5	В-737-500 VP-BRK,а/п Архангельск,05.02.2011	2500	1884/2510	130/130	≤915/520	1199/2510	Выкатавание при сруливании с ИВПП	Неправильные действия экипажа	1. Недопустимо большая скорость сруливания (фактиическая - 34kts, рекомендуемая РЛЭ - 8-10kts) 2. Низкий коэффициент сцепления на участке сруливания ($\mu_{сц}$=0.33)

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	B-737-400 VQ-BAO, а/п Ростов-на-Дону, 12.04.2011	2501	1640 / 2516	137 / 155	≤610 / 742	1130 / 1774	Продольное выкатывание на ~15 м	Неудовлетво-рительное состояние ИВПП	1. Низкий эффективный коэффициент сцепления на последней трети ИВПП ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.5, $\mu_{сц}^{эфф}$=0.3) 2. Перелет РЗП на 132м (максимально допустимый перелет РЗП по РЛЭ - 305м)
7	Як-42Д RA-42411, а/п Ростов-на-Дону, 15.05.2011	2501	2010 / 2502	215 / 210	≤600 / 400	1460 / 2102	Продольное выкатывание на 1 м	Неудовлетво-рительное состояние ИВПП	1. Недопустимо низкий эффективный коэффициент сцепления из-за наличия слоя воды на ИВПП ($\mu_{сц}^{АТИС}$=0.5, $\mu_{сц}^{эфф}$<0.3) 2. Невыпуск спойлеров автоматически (отказ кнопки выпуска)
8	Ту-134Б RA-65715, а/п Мирный, 17.05.2011	2800	1950 / 2831	260 / 261	≤600 / 1400	1400 / 1431	Продольное выкатывание на 31 м	Неправильные действия экипажа	1. Недопустимый перелет НЗП (на 800 м) 2. Невыпуск тормозных интерцепторов (отказ кнопки выпуска)
9	Як-42Д RA-42550, а/п Саратов, 03.07.2011	2220	1900 / 2259	220 / 242	≤600 / 970	1340 / 1289	Продольное выкатывание на 39 м	Неправильные действия экипажа	1. Недопустимый перелет НЗП (на 370 м) 2. Умеренный сдвг ветра в приземном слое (со встречного - 1-2м/с, на попутный 5м/с)

Примечание: 1. Красным цветом выделены определяющие факторы выкатываний

2. Условные обозначения:

НЗП и РЗП - Нормированная и рекомендованная зоны приземления;

$L_{РПД}$ [м] - располагаемая посадочная дистанция;

$L_{ПД}^{РЛЭ}$ и $L_{ПД}^{Ф}$ [м] - потребная и фактическая посадочные дистанции

$V_{ЗП}^{РЛЭ}$ и $V_{ЗП}^{Ф}$ [км/ч] - рекомендуемая РЛЭ и фактическая приборные скорости пролета входного порога ИВПП;

$L_{ВУ}^{РЛЭ}$ и $L_{ВУ}^{Ф}$ [м] - максимально допустимая по РЛЭ и фактическая длины воздушного участка;

$L_{ПР}^{РЛЭ}$ и $L_{ПР}^{Ф}$ [м] - расчетная по РЛЭ и фактическая длины пробега;

$\mu_{сц}^{АТИС}$ и $\mu_{сц}^{эфф}$ - коэффициенты сцепления по данным АТИС и реализовавшийся эффективный;

Уход под продолженную глиссаду. Данным маневром экипаж пытается упростить процесс выравнивания. Сущность маневра заключается в переходе на более пологую траекторию снижения перед выравниванием. С этой целью вначале (как правило, после пролета ВПР) экипаж увеличивает вертикальную скорость снижения относительно потребной для полета по глиссаде на 1…1.5м/с и при достижении отклонения от глиссады на 8-10м переходит на более пологую траекторию снижения, т.е. траекторию с меньшей вертикальной скоростью снижения. Дальнейшее выравнивание при полете с малой вертикальной скоростью снижения позволяет исправлять ошибки в технике пилотирования, в то время как «низкое» выравнивание (например, рекомендуемое РЛЭ для ВС Ту-134) требует точного единичного импульса рулем высоты, что из-за дефицита располагаемого времени практически не позволяет исправлять ошибки при формировании этого импульса. Однако данный маневр имеет и отрицательную сторону - может приводить к значительной разбалансировке ВС, что усложняет процесс выравнивания и при ошибочных действиях при его выполнении может привести к перелету НРП. Ошибка в технике пилотирования при выполнении данного маневра, заключающаяся в неадекватном увеличение режима работы двигателей перед выравниванием, явилась непосредственной причиной перелета при посадке ВС Ту-134Б RA-65715 в а/п Мирный 17.05. 2011.

Затянутое выравнивания. Данный тип выравнивания, как правило, реализуется на аэродромах с большими восходящими уклонами ИВПП в зоне приземления. Причина такого выравнивания связана с попытками экипажа произвести «мягкое» приземление на участки ИВПП с меньшими или нисходящими уклонами. В 2011г. произошло два выкатывания, перелет в которых явился следствием затянутого выравнивания - Як-42Д RA-42439 в а/п Внуково (уклон +1%) и А-319 VQ-BAT в а/п Ростов-на-Дону (уклон +1.3%).

Преждевременное выравнивание. Начало выравнивания на высоте

больше рекомендованной РЛЭ всегда приводит к увеличению длины воздушного участка посадочной дистанции. Мотивом для преждевременного выравнивания, как правило, являются сложные условия посадки. В 2011г. произошел один случай выкатывания с данным типом выравнивания – посадка ВС Як-42Д RA-42550 в а/п Саратов. В этом случае, попав в умеренный сдвиг ветра в приземном слое и опасаясь потери скорости, экипаж неадекватно увеличил режим работы двигателей и начал плавное уменьшение вертикальной скорости с высоты 60м, что привело к недопустимо большому перелету.

Несоответствие эффективного и прогнозируемого коэффициентов сцепления. Данный фактор явился причиной превышения фактической посадочной дистанции над располагаемой в 4-х из 9-ти случаев выкатываний ВС, произошедших в 2011г. Во всех этих случаях реализовался более низкий, чем прогнозируемый коэффициента сцепления. Причины несоответствия коэффициентов сцепления связаны в двух случаях (выкатывания в а/п Ростов-на-Дону ВС B-737-500 VQ-BAD 23.07.2011 и Як-42Д RA-42411 15.05.2011) с наличием недопустимого слоя воды на ИВПП в период посадки, а в других двух случаях (выкатывания ВС B-737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 23.07.2011 и B-737-400 VQ-BAO в а/п Ростов-на-Дону 12.04.2011) - с неудовлетворительным контролем состояния ИВПП аэродромной службой.

Повышенная скорость сруливания с ИВПП. Повышенная скорость сруливания (34kts) явилась непосредственной причиной выкатывания ВС B-737-500 VP-BRK в а/п Архангельск 05.02.2011 и обусловлена недооценкой экипажем тормозных свойств ВС на ИВПП с низким коэффициентом сцепления ($\mu_{сц}$=0.33) при намерении экипажа быстро освободить ИВПП для посадки самолета второй очереди.

4.4 Рекомендации инструкторскому и летному составу по предотвращению выкатываний

Для исключения возникновения факторов, которые явились непосредственными причинами выкатываний ВС, произошедших в 2011 году, целесообразно:

По фактору «перелет»:

1. Перед выравниванием строго соблюдать сбалансированный режим полета на рекомендуемой РЛЭ приборной скорости. Исключить из практики применение не рекомендованного РЛЭ маневра - «подныривание» под продолженную глиссаду. После пролета ВПР, при значительной разбалансировке ВС от воздействия внешних возмущений и возникновении вертикальной скорости снижения более 1м/с от расчетного значения при полете по глиссаде, выполнить уход на второй круг.

2. Не допускать преждевременного уменьшения вертикальной скорости снижения до установленной РЛЭ высоты начала выравнивания.

3. Исключить этап выдерживания на выравнивании, часто применяемый экипажами с целью производства «мягкой» посадки на ИВПП со значительным восходящим уклоном в зоне приземления. Для надежной работы тормозных устройств на пробеге (особенно при наличии осадков на ИВПП) производить посадку с вертикальной скоростью снижения ~1м/с и начинать торможение только при устойчивом пробеге после опускания передней стойки.

По фактору «состояние ИВП»:

4. При выборе конфигурации и режима торможения при выполнении посадки в условиях атмосферных осадков экипажу необходимо учитывать возможное ухудшение состояния ИВПП, а, следовательно, и уменьшение

эффективного коэффициента сцепления по отношению к коэффициенту сцепления по данным АТИС.

5. При выполнении посадки на мокрую или покрытую слоем осадков ИВПП целесообразно не применять режим автоматического торможения. В случаях использования автоматического торможения в этих условиях рационально переходить на «ручной» режим торможения как можно раньше (до начала уменьшения режима реверса двигателей).

6. Независимо от состояния ИВПП и запасов посадочной дистанции, даже значительно превышающих нормируемые значения, необходимо начинать уменьшать режим реверса строго на приборной скорости, предписанной РЛЭ.

7. На пробеге использовать все средства торможения вплоть до момента достижения рекомендованной скорости руления. Скорость сруливания с ИВПП не должна превышать 8-10kts для ВС иностранного производства и 10-15км/час для ВС отечественного производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В 2011 году в РФ произошло 9 выкатываний при посадках самолетов коммерческой авиации 2-го класса. Частота этих инцидентов соответствует аналогичной частоте за предшествующий четырехлетний период. Выкатываний самолетов 1-го класса в 2011 году не было.

2. По типам ВС, выкатывания, произошедшие в 2011году, распределились следующим образом: 5 случаев с ВС В-737 , 3 случая с ВС Як-42Д и по 1-му случаю с ВС А-319 и Ту-134Б.

3. Причина выкатываний ВС, произошедших в 2011 году, в 5-ти случаях связана с неправильными действиями экипажа и в 4-х случаях с неудовлетворительным состоянием ИВПП.

3.1 Неправильные действия экипажа проявились в недопустимом перелете (4-е случая) и повышенной скорости сруливания с ИВПП после пробега (1 случай).

3.2 Неудовлетворительное состояние ИВПП явилось причиной выкатывания - в 2-х случаях из-за наличия значительного слоя воды на ИВПП в период приземления и в 2-х случаях вследствие неудовлетворительного контроля со стороны аэродромных служб за состоянием ИВПП.

4. Выполнение рекомендаций летному и инструкторскому составу, разработанных в данном отчете и изложенных в разделе 4.3, позволит повысить уровень безопасности полетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методика исследования динамики полета при расследовании авиационных происшествий. Отчет, ГосЦентр безопасности полетов на воздушном транспорте, утв. 22.03.2001.

2. Универсальный диалоговый моделирующий комплекс для исследования динамики полета при расследовании авиационных происшествий. Отчет ГосНИИ ГА инв.396-582-83, в 6-ти книгах. Госфонд № 5085000579, 1983 г.

3. Руководства по летной эксплуатации (РЛЭ, FCOM, FCTM) самолетов Як-42Д, В-737-400, В-737-500, В-737- 800, А-319 и Ту-134Б.

4. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации», приказ Минтранса №108 от 17 июня 2008 года.

5. Шаров В.Д., Макаров В.П. Методология применения комбинированного метода FMEA-FTA для анализа риска авиационного события. Научный вестник МГТУ ГА, серия Эксплуатация воздушного транспорта. Безопасность полетов, № 174, 2011, С. 19-25.

6. Макаров В.П., Николайкин Н.И. Прогнозирование и предупреждение авиационных происшествий как метод снижения экологической опасности авиаперевозок. Безопасность в техносфере №4 (37), 2012 г., С. 46-52.

7. Макаров В.П. Прогнозирование риска отклонения показателей эксплуатационной деятельности авиакомпании. Труды международной научно-практической конференции «Управление большими системами». Теория активных систем, том 2. 14-16 ноября 2011г. Москва.

8. Волков М.А., Шаров В.Д., Макаров В.П. Разработка автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий. Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», посвященной 40-летию со дня основания Университета. 26-27 мая 2011 г. Москва.

9. Автоматизированная система обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации (АСОБП), введенная в эксплуатацию распоряжением Минтраса России от 20 мая 2002г. № НА-171-р.

10. Отчеты комиссий по расследованию выкатываний ВС, происшедших в период с 2007 г. по 2011 г. Архив ГосЦентра безопасности полетов.

11. Заключения ГосЦентра по результатам исследования выкатываний ВС, происшедших в период с 2007г. по 2011г. Электронный архив ГосЦентра безопасности полетов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Статистические данные по выкатываниям на посадке ВС 1 и 2 классов за период с 2007 г. по 2011 г.

В настоящем приложении приведены обработанные и систематизированные данные АСОБП ГА РФ по выкатываниям за пределы ВПП ВС 1 и 2 классов коммерческой авиации РФ за период с 2007 года по 2011 год. Эти данные содержат информацию о внешних условиях, причинах и факторах инцидентов.

Данные по выкатываниям ВС разбиты на три группы: первая группа содержит информацию по случаям с продольными выкатываниеми (таблица А.1), вторая группа - по случаям с боковыми выкатываниями (таблица А.2) и третья группа – по случаям выкатывания при сруливании с ВПП (таблица А.3).

После каждой таблицы приведены заключения ГосЦентра по случаям выкатываний, исследование которых проводилось в этой организации по заданиям комиссий по расследованию инцидентов.

В конце приложения приведены пояснения к обозначениям, принятых в таблицах, и дана расшифровка кодов факторов в системе АСОБП.

Таблица А.1 Случаи продольного выкатывания самолетов 1-2 классов за пределы ВПП при посадке за 2007-2011 гг.

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	μсц АТИС/ μсц ФАКТ	W_x	W_z	L´ови	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	08.01.2007, а/п Воронеж	Як-42Д*, ЕК-42417	2230 х 39	+1	0,5/0,37	-1,0	-3,9	1200	наличие слоя осадков толщиной более 3мм	Выкатывание за КПТ на 10 м	Неудовлетворительное состояние ИВПП: недопустимо низкая средняя величина эффективного коэффициента сцепления на ИВПП	992LS; 52206;
2	20.11.2008, а/п Внуково	Як-42Д*, RA-42418	3000 х 60		0,45			2600	сухой снег на ВПП	Выкатывание на 200 м от выходного порога ИВПП	Неправильные действия экипажа: неправильное управление двигателями экипажем	40219; 4032D;
3	16.05.2010, а/п Внуково	Як-42Д*, RA-42385	3000 х 60	+18	0,47	3,8…6,7	-1,2…-2,2	1800	участки воды на ВПП	Продольное выкатывание самолета на 150м.	Неправильные действия экипажа: значительный перелет зоны приземления	40131; 404L2; A2020; B2030; B3020;
4	14.05.2011, а/п Внуково	Як-42Д, RA-42439	3000 х 60	+6	0,48	-1,6	-3,7	10000	участки воды на ВПП до 2 мм	В результате выкатывания разрушено 5 огней приближения, на самолете - вмятина на левой концевой секции предкрылка	Невыпуск спойлеров в автоматическом режиме	406
5	15.05.2011, а/п Ростов-на-Дону	Як-42Д, RA-42411	2501 х 45	+16	0,45	-1,5	-1,3	4000		Выкатывание на КПТ на 1м	Невыпуск спойлеров в автоматическом режиме	02762; 70120; B2030; A2020;

Продолжение Таблица А.1

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°C		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	03.07.2011, а/п Саратов	Як-42Д, RA-42550	2220 х 42	+23	0,6	5,0	0,3	10000	сухая ВПП	Выкатывание на 39 метров за пределы ВПП КПТ	Неправильные действия экипажа: значительный перелет зоны приземления	40324;
7	04.03.2008, а/п Бегишево	Ту-134А, RA-65970	2506 х 42	0	0,3/0,3	-0,1	2,0	1900	наличие слякоти до 5 мм на ВПП	Выкатывание за ВПП на 10 м передней стойкой шасси	Неправильные действия экипажа: значительный перелет зоны приземления	40131; 40121; 40367; SL;
8	18.06.2008, а/п Храброво	Ту-134А, RA-65033	2500 х 45	+20	0,7	-0,7	-2,9	6000	сухая ВПП	Выкатывание за ВПП на120 м	Отказ двигателя	07730; 70120; SL; SL;
9	04.12.2010, а/п Домодедово	Ту-154М, RA-85744	3794 х 53					10000		Катастрофа	Неправильные действия экипажа в чрезвычайных ситуациях	40472; 40531; 40539; 40537; B2030; SL; SL;
10	20.05.2007, а/п Игнатьево	Ту-214, RA-64508	2800 х 45	+11, 4	0,5/0,6	2,6	1,5	2100	наличие слоя осадков толщиной до 1 мм	Выкатывание за КПТ на 84 м	Неправильные действия экипажа: неправильное использование средств торможения ВС	4032D; 40329; SL;
11	30.11.2007, а/п Внуково	Ту-204-100*, RA-64018	3000 х 60	-1,7	0,37/0,29	-4,9	0,9	3100	мокрая ВПП, местами заснеженная	Нет последствий	Недопустимо низкая средняя величина эффективного коэффициента сцепления	406

Продолжение Таблица А.1

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°C		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	19.11.2009, а/п Внуково	Ил-76МД, RA-78838	3060 х 60					1000		Выкатывание на 40 м на КПТ	Неправильные действия экипажа: значительный перелет зоны приземления	40247; 40352; 404FA;
13	13.03.2009, а/п Большое Савино	B737*, VP-BPG	3200 х 49	0	0,45	0,2	0,1	6000	вода и размокший снег	Выкатывание за пределы ВПП на 35 м	Неудовлетворительное состояние ИВПП: недопустимо низкая средняя величина эффективного коэффициента сцепления на ИВПП	40219; 52104; 52206; 52202; 30701; 30102;
14	13.04.2009, а/п Храброво	B737, VQ-BAD	2500 х 45		0,7			6000	сухая ВПП	Выкатывание за пределы ВПП на 2 м	Неправильные действия экипажа: значительный перелет зоны приземления	40326;
15	20.08.2009, а/п Внуково	B737, VP-BBL	3060 х 60	+15	0,5	0,7	-10,0	7000	участки воды на ВПП	Выкатывание за пределы ВПП на 1 м	Неправильные действия экипажа: неправильное использование реверса двигателй	40111; 40139; 40241; 404FA; 40512; B2020; B3020;
16	13.08.2010, а/п Внуково	B737, VQ-BDV	3060 х 60	+19	0,5	2,7	-3,0	10000			нет данных	406;

Продолжение Таблица А.1

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	29.09.2010, а/п Внуково	B737, VQ-BIF	3000 х 60	+5	0,47/0,56	0,7…1,2	-3,9…-6,9	8000	мокрая ВПП, вода местами до 1 мм	Выкатывание за пределы ВПП на 28м	Неправильные действия экипажа: значительный перелет зоны приземления	40111; 40131; A2020; B3020;
18	09.12.2010, а/п Ростов-на-Дону	B737, VP-BPY	2500 х 45	+4	0,5	1,5…2,9	2,6…5,2	800	мокрая ВПП	ВС остановилось на ВПП	Неправильные действия экипажа: значительный перелет зоны приземления	40362; 40211; 404G3; 40531; SL;
19	23.07.2011, а/п Ростов-на-Дону	B737, VQ-BAD	2501 х 45	+22	0,39	-3,4	-2,1	3000	мокрая ВПП	Выкатывание за пределы ВПП на 100м	Неправильные действия экипажа: неиспользование реверса двигателей	404FA
20	06.11.2010, а/п Кольцово	A-321, VQ-BDA	3004 х 45	+1	0,5/0,3	1,4	3,8	6000	вода на ВПП до 10 мм, лед	Выкатывание за пределы ВПП на 69м	Недопустимо низкая средняя величина эффективного коэффициента сцепления на ИВПП	B3020; 52207; 52108;

Выводы и заключения госцентра безопасности полетов

08.01.2007, Як-42Д (ЕК-42417)

1. Метеорологические условия при производстве соответствовали метеопрогнозу, являлись допустимым и не могли быть факторами возникновения особой ситуации.

2. Состояние ИВПП на начальном участке пробега ВС (участок 1200…2000м от начала ИВПП) характеризуется коэффициентом сцепления по значению не менее 0.37, что соответствует значению, полученному при внеочередном замере после инцидента (нормативный коэффициент сцепления по замеру 0.37). На участке пробега самолета 2000...2230м от начала ИВПП реализовался недопустимо низкий эффективный коэффициент сцепления (по расчету значительно меньше 0.3). При условии соответствия технических характеристик тормозной системы самолета ТУ причиной уменьшения эффективного коэффициента сцепления может быть наличие на этом участке ИВПП осадков в виде слоя воды или слякоти толщиной более 3мм.

3. При принятии решения о производстве посадки экипаж в соответствии с данными АТИС и диспетчерской службы по коэффициенту сцепления ($\mu_{сц}$ =0. 5) и встречной составляющей ветра (W_x=1м/с) имел располагаемый запас посадочной дистанции $К_{зап}^{расп}$ =2,2 (Lпд=1015м при $L_{рпд}$=2230м), значительно превышающий потребный $К_{зап}^{потр}$. =1.67. Фактически при посадке реализовался коэффициент запаса 0.99, что привело к выкатыванию самолета за выходной порог ИВПП на 10м по передней стойке шасси.

4. Выкатывание самолета обусловлено влиянием двух факторов – перелетом номинальной (заложенной в номограммах РЛЭ) точки приземления (370м) на 760м (приземление самолета произошло на удалении 1130м от входного порога ИВПП) и реализацией недопустимо низкого среднего эффективного коэффициента сцепления на пробеге ($\mu_{сц}^{эфф.}$ =0.29

при $\mu_{сц}^{доп}$=0.3).

4.1. Перелет самолета в данном случае можно рассматривать как эксплуатационный (не основной) фактор увеличения посадочной дистанции, так как его намеренное использование экипажем для компенсации отклонений по высоте и скорости, реализовавшихся при пролете входного порога ИВПП (входной порог ИВПП ВС пролетел на Н=19м и $V_{пр}$=227км/час, при рекомендуемых РЛЭ - Н = 8…12м и $V_{пр}$=215км/час), с избытком сохраняло необходимый запас длины пробега при прогнозируемом коэффициенте сцепления (при $\mu_{сц}$ =0.5 $К_{зап}^{расп.}$=1.71) и фактической скорости приземления ($V_{пр}^{факт}$ = VзпРЛЭ - 18=187км/час), что на 8км/час меньше скорости, заложенной в номограммах РЛЭ для расчета посадочной дистанции.

4.2. Реализация недопустимо низкого среднего эффективного коэффициента сцепления на пробеге является непосредственной причиной продольного выкатывания самолета.

20.11.2008, Як-42Д (ЕК-42418)

1. Условия при посадке самолета обеспечивали высокий коэффициент запаса посадочной дистанции ($К_{зап}^{факт}$=2.83, при требуемом $К_{зап}^{норм}$=1.67). Уменьшение фактического коэффициента сцепления по отношению к прогнозируемому (с 0.45 до 0.4) незначительно влияет на длину пробега (уменьшает коэффициент запаса посадочной дистанции с 3 до 2.83) и может рассматриваться в данном случае как эксплуатационный фактор.

2. Двигатели и все системы ВС при производстве посадки функционировали в соответствии с ТУ. Из-за отсутствия необходимых условий (недостаточной раскрутки колес шасси) на пробеге не произошел автоматический выпуск спойлеров. Причиной недостаточной раскрутки колес шасси является несвоевременное (на повышенной скорости и при малом контактном давлении на шасси) использование экипажем большого тормозного момента после приземления. По этой же причине не произошел

полный взвод антиюзовой автоматики и её последующее «увядание».

3. После «мягкого» приземлении (с вертикальной скоростью снижения ~0.2м/с), на повышенной приборной скорости ($V_{пр}^{приз}$=216км/час, при рекомендуемой РЛЭ $V_{пр}^{приз}$=195…200км/час), на удалении 1100м (с перелетом фиксированной зоны приземления на 300м) и опускания передней стойки экипаж начал торможение на повышенной скорости ($V_{прн.т}$=210км/час) при не выпушенных интерцепторах. Реализовавшееся при этом юзовое движение колес шасси уменьшило эффективный коэффициент сцепления, что привело к увеличению потребной длины тормозного пути и явилось непосредственной причиной продольного выкатывания ВС за ИВПП (на 200м от выходного порога ИВПП).

4. Выкатывание самолета обусловлено влиянием двух факторов – перелетом номинальной (заложенной в номограммах РЛЭ) точки приземления (370м) на 730м и реализацией недопустимо низкого среднего эффективного коэффициента сцепления на пробеге ($\mu_{сц}^{эфф.}$ =0.25…027 при $\mu_{сц}^{доп}$=0.3).

4.1. Перелет самолета в данном случае можно рассматривать как эксплуатационный (не основной) фактор увеличения посадочной дистанции, так как оставшейся части ИВПП (1900м) с необходимым запасом (не смотря на повышенную скорость приземления) было достаточно для останова ВС на ИВПП.

4.2. Реализация недопустимо низкого среднего эффективного коэффициента сцепления на пробеге явилась следствием начала торможения экипажем на большой скорости. Преждевременное начало торможения экипажем можно рассматривать как определяющий фактор причины продольного выкатывания самолета.

16.05.2010, Як-42Д (RA-42385)

1. Бортовые регистраторы полетной информации (МСРП-64,К3-63 и МАРС-БМ) функционировали нормально и их информация достоверна, за

исключением отсутствия регистрации разовой команды пролета маркеров, нестабильной работы РК «Курс в диапазоне 0-180град.» и недостоверности информации по положению элеронов.

2. Ветровые условия при приземлении соответствовали метеопрогнозу и являлись допустимыми для самолета (попутная составляющая ветра не превышала 4.5м/с, при допустимом значении 5м/с).

3. Реализовавшееся на момент приземления состояние ИВПП на участке пробега ($L_{пр.}$=1300…3000м), оцененное по расчетному эффективному коэффициенту сцепления, не соответствовало допустимому ($\mu_{сц}^{эфф.}$<0.3 при $\mu_{сц}^{доп.}$=0.3) вследствие наличия на ИВПП слоя воды более допустимого значения ($d_{факт.}$>3мм при $d_{доп}$ ≤3мм).

4. Двигатели и все системы ВС при производстве посадки функционировали в соответствии с ТУ. Из-за отсутствия необходимых условий (недостаточной раскрутки колес шасси) на пробеге не произошел автоматический выпуск спойлеров. Причиной недостаточной раскрутки основных колес шасси за регламентируемое время (2…3 с) и их дальнейшего вращения с недопустимо большим коэффициентом проскальзывания, явилась реализация не эксплуатационных условий для работы шасси и антиюзовой автоматики из-за большого слоя воды на ИВПП (возникновение эффекта глиссирования).

5. Приземление самолета произошло с небольшой вертикальной скоростью снижения (≤0.2м/с), на рекомендованной РЛЭ приборной скорости предпосадочного снижения ($V_{пр}^{приз}$,=205км/час) и на удалении 1300м от входного порога ИВПП. Возникший при этом перелет фиксированной зоны приземления (150…800м), в данном случае не может рассматриваться как определяющий фактор продольного выкатывания ВС за пределы ИВПП, так как располагаемая длина пробега при этом составляла 1700м., что больше (с коэффициентом запаса 1.67) даже потребной при предельно допустимых условиях - коэффициенте сцепления 0.3, попутном ветре 5м/с и слое осадков на ИВПП 3мм ($L_{пр.}^{потр.}$=1678м).

6. Действия экипажа на пробеге соответствуют рекомендациям РЛЭ - торможение колес начато через 4с после приземления и после опускания и прижатия носовой стойки, а в условиях неэффективного торможения на пробеге экипаж не менее 3-х раз резко сбрасывал тормозное давление и выключил боковые двигатели.

7. Причина выкатывания самолета на КПБ обусловлена наличием на ИВПП недопустимого для ВС Як-42 слоя воды, возникновение которого в период приземления и пробега, наиболее вероятно, связано с прохождением сильных ливневых осадков (в соответствии с п.п. 8.2.2. НПП ГА-85 попадание ВС в зону сильных ливневых осадков относится к опасным метеоусловиям).

30.11.2007, Ту-204-100 (RA-64018).

1. Условия посадки, за исключением состояния ИВПП по коэффициенту сцепления, соответствовали допустимым для самолета, экипажа и аэродрома.

При условии посадки на ИВПП с коэффициентом сцепления 0.37 (по данным АТИС) коэффициент запаса посадочной дистанции составлял 1.95 при требуемом значении не менее 1.67 (потребная дистанция 2580м, располагаемая - 3000 м)

Оценка расчетными методами эффективного коэффициента сцепления по данным регистратора МСРП-А02 и летных испытаний показала, что во второй половине пробега (с удаления 2430 от входного порога ИВПП) реализовался очень низкий коэффициент сцепления ($\mu_{сц}$=0.29±0.05), по номинальному значению менее минимально допустимого для ВС ГА ($\mu_{сц}^{доп}$=0.3). Данное обстоятельство можно рассматривать как определяющий фактор непосредственной причины выкатывания самолета на КПБ.

2. Особенностей летных характеристик и характеристик устойчивости и управляемости самолета при посадке по располагаемой информации не наблюдается.

3. К особенностям функционирования систем ВС и двигателей на посадке можно отнести следующее.

3.1. Прекращение режима автоматического торможения самолета на пробеге при $V_{пр}$=90км/час и удалении ВС от входного порога ИВПП 2000м (как минимум на 14сек) и гарантированное возобновление этого режима после останова самолета. Задержка КВС при этом с моментом начала торможения от педалей на 14с привела к уменьшению располагаемой дистанции на 400м, а запаса посадочной дистанции до 1,7. Учитывая, что в этом случае (при фактических действиях экипажа и прогнозируемом коэффициенте сцепления 0.37) самолет должен был остановиться за 280 м до выходного порога ИВПП и до момента повторного включения реверса, данное обстоятельство можно рассматривать как эксплуатационный фактор, усложнивший условия полета.

Установить причину временного прекращения работы системы автоматического торможения по располагаемой информации от МСРП-А02 не представляется возможным.

3.2. Двигатели самолета на всех этапах посадки функционировали нормально. Повреждения лопаток двигателей наиболее вероятно произошли из-за попадания льда или смерзшегося снега во входной тракт двигателей при повторном использовании экипажем максимального реверса на конечном участке пробега по ИВПП на малой скорости (45…35км/час) и, в силу незначительности повреждений, не проявились на параметрах работы СУ, регистрируемых МСРП-А02.

4. Действия экипажа на всех этапах посадки соответствуют требованиям РЛЭ. Приземление самолета произошло в фиксированной зоне (на удалении 540м от входного порога ИВПП) на допустимой приборной скорости (250км/час). На пробеге экипажем использовались автоматические системы торможения и выпуска тормозных щитков и интерцепторов,

несимметричное торможения от педалей для выдерживания направления на начальном этапе пробега и полное торможение от педалей при угрозе выкатывания во второй половине пробега, полный реверс до скорости 140км/час, малый реверс до скорости 90км/час и кратковременно повторно полный реверс в диапозоне скоростей 45…35км/час перед сходом ВС с ИВПП.

К особенностям в действиях экипажа следует отнести значительное время (14сек) распознавания отключения автоматического режима торможения и перехода на торможение от педалей. Наиболее вероятно, это обусловлено низкой эффективностью торможения на предыдущем участке пробега. Данная особенность не может рассматриваться как определяющий фактор выкатывания, так как уменьшила запас посадочной дистанции (при прогнозируемом коэффициенте сцепления 0.37) на допустимую величину.

13.03.2009, B737 (VP-BPG).

1. Внешние условия на всех участках посадки, за исключением эффективного коэффициента сцепления на участке пробега, соответствовали данным аэродромных служб и являлись допустимыми.

Оценка эффективного коэффициента сцепления ($\mu_{сц}^{эфф.}$) расчетными методами на участке использования экипажем максимального режима торможения (MAX MANUAL) показала, что он неравномерен по длине ИВПП (от 0.35±0.02 до 0.22±0.02) и по среднему значению на последней 1/3 части ИВПП составлял менее 0.3 (минимально допустимым для аэродромов ГА РФ является $\mu_{сц}$=0.3). Данное значение коэффициента сцепления (при условии нормальной работы системы ANTI-SKID) может характеризовать состояние ИВПП как «мокрый лед», т.е. ИВПП покрыта слоем воды или слякоти с наличием обледеневших участков.

2. Особенностей летных характеристик самолета B-737 VP-BPG на всех этапах посадки не наблюдается. Двигатели и все системы (за исключение системы ANTI-SKID) функционировали нормально. По располагаемой информации от бортовых регистраторов оценить функционирование системы

ANTI-SKID не представляется возможным.

3. По располагаемым условиям о состоянии ИВПП на момент принятия решения о производстве посадки ($\mu_{сц}$=0.45, слой слякоти до 2мм), экипаж выбрал режим (AUTOBRAKE 2 с $б_{зак}$=30°). Потребная посадочная дистанция при этом составляла $L_{пд}^{потр}$= 2410 м, при располагаемой $L_{пд}^{расп}$= 3200м, что обеспечивало запас посадочной дистанции 1.33. Однако, при посадке, несмотря на переход экипажа во второй половине пробега (с $V_{пут}$=80 kts) на режим максимального торможения MAX MANUAL (что увеличивает запас посадочной дистанции), фактически реализовалась посадочная дистанция $L_{пд}^{факт}$ ~3240м, превышающая располагаемую на ~40м.

4. При условии нормальной работы системы ANTI-SKID, причиной реализации большой фактической посадочной дистанции явилось неудовлетворительное состояние, как минимум, последней 1/3 длины ИВПП.

5. Допущенные экипажем ошибки в технике пилотирования при производстве посадки – перелет номинальной точки приземления ($L_{ву}^{факт}$=2910ft (887м), при $L_{ву}^{ном}$=1000ft (305м) и $L_{ву}^{доп}$=3000ft) и преждевременное отключение реверса ($V_{пр}^{факт}$=75 kts, при $V_{пр}^{рек}$=60 kts), увеличившим посадочную дистанцию на 150м, являются эксплуатационными факторами, так как их влияние на посадочную дистанцию не исчерпало располагаемый запас посадочной дистанции (влияние этих факторов суммарно увеличило потребную посадочную на 732м и уменьшило запас посадочной дистанции до Кзап=1.03).

Таблица А.2 Случаи бокового выкатывания самолетов 1-2 классов за пределы ВПП при посадке за период 2007-2011 гг.

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	03.01.2007, а/п Курумоч	Ту-154Б*, RA-85504	3001 х 45	+1	0,41/0,27-0,39	-7,7…-10	-6,4…-8,4	2500	наличие слякоти до 5 мм	Правое боковое выкатывание ВС	Неправильные действия экипажа: приземление с большим правым креном	40342; 40361; 40366; 404FA;
2	14.01.2007, а/п Уфа	Ту-154Б-2, RA-85550	2513 х 50	-1	0,32	-3,9	-3,1	2500	вода и размокший снег на ВПП	Выход правой стойки шасси на 2м за границу ИВПП	Неправильные действия экипажа: несоразмерные отклонения руля направления по устранению уклонений, приведшие к раскачке самолета	404FA; 40463; 40351; 40464; SL;
3	20.04.2007, а/п Уфа	Ту-154Б-2, RA-85522	2513 х 50	+5	0,46/0,46	-1,5…-2,4	2,6…4,4	4000	наличие слоя осадков толщиной 3 мм	Выкатывание правой стойкой шасси на 0,8 м за ВПП	Отказ тормозной системы	404FA; 40363; 40351; 03245; 50206;
4	29.06.2008, а/п Внуково	Ту-154Б-2, RA-85550	3000 х 60	+2	0,5			5000	мокрая ВПП	Выкатывание на БПБ влево	Неправильные действия экипажа: запоздалые действия по исправлению ухода с посадочного курса	40351; 40131;

Продолжение таблицы А.2

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	30.06.2007, а/п Барнаул	Ту-154М, RA-85802	2850 х 50	+15	0,5	-3,1	-3,9	14000	мокрая ВПП	Сход на 8,5 м влево от ВПП	Неправильные действия экипажа: ошибка в технике пилотирования при выполнении выравнивания	40361; 40367;
6	05.12.2008, а/п Чульман	Ту-154М, RA-85630	3600 х 45	-41	0,5	1,6	1,3	10000			Не включение реверса двигателя №1	07830; 70120; 70160; SL; 404FA;
7	10.08.2007, а/п Внуково	Ту-134А, RA-65573	3000 х 60	+20	0,7	0	2,0	10000	сухая ВПП	Сход с ВПП влево. самолёт получил повреждения правой консоли крыла, нижнего обтекателя центроплана крыла, колес главных ног шасси, правой главной ноги шасси с отрывом ее от самолета.	Неправильные действия экипажа: ошибка КВС в эксплуатации тормозной системы	404A9; 20201; SL; SL; SL;
8	23.01.2008, а/п Мурманск	Ту-134А, RA-65043	2500 х 45	-8	0,33/0,33	-0,8…-1,6	2,9…5,8	10000	снежно-ледяные образования на ВПП	Повреждение лопаток компрессора двигателя кусками льда, попавшими с края ВПП при выкатывании	Неправильные действия экипажа при угрозе выкатывания	40529;

Продолжение таблицы А.2

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	02.12.2008, а/п Пашковский	Ту-134А, RA-65611	3000 х 45	+2	0,5	-5,0	-0,3	800	мокрая ВПП	Без последствий	Неправильные действия экипажа: приземление ВС с большим боковым уклонением от оси ВПП	40119; 40129; 40351;
10	12.06.2009, а/п Уфа	Ту-134А, RA-65613	2516 х 49	+26	0,6	-0,1	-3,0	10000	сухая ВПП	Выкатывание за пределы ИВПП на расстояние 41 метр от торца ИВПП, влево от оси 65 метров.	Неправильные действия экипажа: умышленный увод самолета КВС вправо для избегания выкатывания	40358; 40219; 404F7; 4046P; B2030;
11	15.03.2010, а/п Уфа	Ту-134А, RA-65577	2516 х 49	-5	0,42/0,54 … 0,32	0,3..0,4	-5…-8	10000	наличие на ВПП слякоти до 2 мм	Выкатывание за пределы ИВПП вправо от оси на 56 м и на расстояние 120 м от торца ИВПП	Неудовлетворительное состояние ИВПП	40211; 40463; 404FA; 404FC; 52202; B3020;
12	17.05.2011, а/п Мирный	Ту-134Б, RA-65715	2800 х 45	0	0,5	3,6	1,7	1500	мокрая ВПП	Выкатывание вправо без последствий	*нет данных*	406;
13	22.01.2008, а/п Внуково	Ту-204-100*, RA-64017	3000 х 60	-3	0,4/0,32	1,7	4,7	2200	мокрая ВПП	Выкатывание за КПТ на 16,5 м	*Несоответствие коэффициента сцепления и бокового ветра минимуму ВС*	40369; 404FA; 404A1; 52299;

Продолжение таблицы А.2

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15.11.2010, а/п Новый Уренгой	Як-42Д, RA-42436	2550 х 46	-22	0,36/0,34	1,6	5,8	10000	уплотненный снег на ВПП	При выкатывание вправо самолет столкнулся со снежным бруствером. Повреждены законцовка и концевая секция предкрылка левого полукрыла	Несоответствие коэффицинта сцепления и бокового ветра минимуму ВС	B2030; 52299; 52302; SL;
15	24.02.2008, а/п Уфа	Як-42Д*, RA-42370	3761 х 60	-3	0,44	-9,2	-10,6	10000	вода и размокший снег на ВПП	Выкатывание влево. Повреждение предкрылков и закрылков	Превышение боковой составляющей скорости ветра допустимой по РЛЭ величины	40361; A2030; B2030;
16	30.12.2008, а/п Новый Уренгой	Як-42Д, RA-42388	2550 х 46	-12	0,42	3,1	9,5	3300		Выкатывание влево на 31 м	Превышение боковой составляющей скорости ветра допустимой по РЛЭ величины	B2030; 30112; 40361;
17	31.03.2007, а/п Гандер	Ан-124-100, RA-82078	2712 х 61					0		Выкатывание на 78 метров влево от края ВПП	*нет данных*	406;
18	11.06.2011, а/п Ростов-на-Дону	A-319, VQ-BAT	2501 х 45	+19	0,7	0…2,0	3,5…9,0	10000	мокрая ВПП	Выкатывание вправо на 100 м от торца ВПП	Неудовлетворительное состояние ИВПП	40131; B2030; 404A1; SL;

Продолжение таблицы А.2

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	30.01.2010, а/п Ростов-на-Дону	B737*, VQ-BCS	2500 х 45	-2	0,34/0,27	-1,7…-2,7	4,7…7,5	10000			Неудовлетворительное состояние ИВПП: недопустимо низкий коэффициент сцепления на ИВПП	B3020; 52206; SL;

Выводы и заключения ГосЦентра безопасности полетов

03.01.2007, Ту-154Б (RA-85504)

1. Данные бортового регистратора МСРП-64 ВС Ту-154Б RA-85504 по ряду параметров частично или полностью недостоверны. К недостоверно регистрируемым параметрам относятся: Нб, Нг, ,Dрвп, Dэип, Dзак и Nнд2, а к частично достоверным - PSIм. и Nz.

2. Внешние условия по ветру при приземлении по расчету, с учетом абсолютной методической погрешности расчетной оценки по данным бортовых регистраторов (±2м/с по скорости и ±10град. по направлению), соответствовали метеоданным контрольного замера после инцидента. Значение скорости ветра у земли в по расчету в среднем составляло 13м/с по скорости и 190град. по направлению (боковая составляющая ветра при этом - 8.4м/с справа). В приземном слое (Н=120…0м) отмечаются сильные порывы ветра – по расчету до ±4.5м/с.

При условии реализации на пробеге номинального значения расчетной боковой составляющей скорости ветра (Wz=8.4м/с), в соответствии с требованиями РЛЭ коэффициент сцепления на ИВПП должен быть не менее 0.376.

3. Оценка фактического состояния ИВПП по расчетному коэффициенту сцепления на основании данных МСРП-64 возможна в данном случае только с погрешностью, абсолютная величина которой по инженерной оценке составляет $\Delta\mu_{сц}^{эфф} = \pm 0.06$.

Большая погрешность оценки является следствием не только значительного разброса экспериментальных данных, по которым оценивается эффективный коэффициент сцепления, но и повышенных погрешностей регистратора МСРП-64 ВС Ту-154Б RA-85504 по основным данным, входящим в алгоритм расчета этого параметра (по боковой перегрузке и магнитному курсу).

С учетом выше оговоренной погрешности, эффективный коэффициент сцепления на участке пробега, на котором произошло нарушение путевой

устойчивости и управляемости самолета (L=950…1050м от входного порога ИВПП), находился в диапазоне 0.27…0.39.

4. Отличий характеристик устойчивости и управляемости самолета Ту-154Б RA-85504 от характеристик самолета-типа по всем каналам на всех этапах посадки не наблюдается. Характеристики продольной устойчивости и управляемости самолета при посадке соответствовали эффективной центровке 29,5±2%САХ (при допустимой по РЛЭ 20.5…32%САХ).

5. Приземление самолета произошло с вертикальной скоростью снижения ($V_у$~0.8м/с), с углами увода шасси ~6град, практически без бокового уклонения и сноса, на удалении 570м от входного порога ИВПП (фиксированная зона приземления 150…800м), приборной скорости 258км/час ($V_{зп}$РЛЭ-4км/час), но с большим правым креном (γ=4град.). После приземления и быстрого опускания передней стойки (без устранения угла упреждения) начался процесс роста углов увода шасси и при превышении их значений критического уровня по углам отклонения колес передней стойки (~10град.) и выходе двигателей на режим реверса произошла потеря самолетом путевой устойчивости и управляемости (на $V_{пр}$=217км/час при удалении 1030м). Это обстоятельство явилось непосредственной причиной развития неуправляемого разворота самолета вправо (на ветер) и последующего его выкатывания на БПБ на удалении 1700м от входного порога ИВПП и на $V_{пр}$=117км/час.

6. Рост углов увода в процессе пробега мог быть следствием влияния как внешних условий (порыва ветра, низкого коэффициента сцепления или его неравномерности по ширине ИВПП), так и неправильных и несвоевременных действий экипажа при посадке в допустимых условиях по соотношению коэффициента сцепления и боковой составляющей скорости ветра.

7. К неправильным и несвоевременным действиям экипажа, повлиявшим на развитие особой ситуации, относятся:

приземление с большим правым креном, что создало момент, препятствующий естественному уменьшению угла упреждения при приземлении;

создание трехточечного положения самолета на пробеге до устранения угла упреждения (~6град), что более чем вдвое уменьшило располагаемый управляющий момент от передней стойки;

запаздывание в использовании полных запасов путевой управляемости (полностью руль направления для парирования разворота ВС на ветер был отклонен только при углах увода 16град.);

большое запаздывание в отключении реверса тяги двигателей, которое произведено экипажем при углах увода ~24град. и только через 6.6с с момента достижения самолетом критических углов увода или 3.5с после полного отклонения руля направления.

8. С выключенным реверсом тяги двигателей запасов путевой управляемости самолета в сложившихся условиях по боковому ветру и коэффициенту сцепления было достаточно для выдерживания направления на пробеге.

22.01.2008, Ту-204-100 (RA-64017).

1. Условия посадки, располагаемые экипажем по данным АТИС (коэффициент сцепления 0.4, ветер 130° 5м/с без порывов), соответствовали допустимым для самолета, экипажа и аэродрома. При этих условиях потребная посадочная дистанция составляет 2550м, при располагаемой 3000м, что обеспечивало запас посадочной дистанции, равный 1.95, при минимально потребном 1.67.

2. Фактические условия, реализовавшиеся при приземлении (коэффициент сцепления на последней трети ИВПП составлял 0.28±0.01, ветер 130° 4м/с с порывами до 7м/с), не соответствовали минимумам для самолета и аэродрома, как собственно по коэффициенту сцепления ($\mu_{сц}^{доп}$=0,3), так и по соотношению коэффициента сцепления и боковой составляющей скорости ветра, и характеризуются как не эксплуатационные. При этом потребная длина посадочной дистанции (≥3170м) превышала располагаемую.

Данное обстоятельство создало предпосылки для выкатывания самолета

как на КПБ, так и БПБ и явилось определяющим фактором причины инцидента.

3. При выполнении посадки в не эксплуатационных условиях, на конечном участке пробега (на удалении 2400м от входного порога ИВПП при $V_{пр}$=60км/час), вследствие реализации низкой путевой устойчивости начался «занос» хвостовой части фюзеляжа «по ветру» и при полном израсходовании экипажем запасов путевой управляемости для выдерживания направления произошел неуправляемый разворот ВС влево «на ветер», закончившийся выкатыванием самолета на БПБ и остановом его на удалении 238м от конца ИВПП при боковом уклонении от края ИВПП на ~16м по основным стойкам шасси.

4.На всех этапах посадки двигатели и все системы самолета функционировали нормально и в соответствии с ТУ.

5. Действия экипажа на посадке, до момента практически прекращения (при полном использовании им основной тормозной системы шасси) уменьшения приборной скорости ВС в диапазоне 65….60км/час на пробеге, не противоречат требованиям РЛЭ.

При прекращении уменьшения приборной скорости (произошедшей вследствие порыва попутной составляющей скорости ветра) и возникшей при этом угрозе продольного выкатывания экипаж перешел на «ручной» режим работы тормозной системы.

При использовании экипажем «ручного» режима тормозной системы шасси реализовался не эксплуатационный «стартовый» режим её работы. Использование при этом экипажем технологии «стояночного» импульсного торможения, не обеспечивающей при реализовавшемся низком коэффициенте сцепления полную раскрутку колес шасси, привело к их юзовому движению, что снизило путевую устойчивость и, следовательно, повлияло на развитие особой ситуации.

6. На нерациональное в сложившейся ситуации решение КВС по переходу на «ручной» режим управления тормозной системой шасси (рациональным в данном случае было бы решение по использованию реверса до конца пробега) и

возникновение ошибок при использовании им рычага ручного управления тормозной системой, приведших к реализации «стартового» режима, могли повлиять неполные и недостаточно точные формулировки рекомендаций РЛЭ по использованию тормозной системой, а именно:

- отсутствие четко сформулированного запрета на использование «стояночного» торможения на пробеге (особенно при низких коэффициентах сцепления) при нормальной работе основной или резервной систем;

- отсутствие указаний в технологии использования «стояночного» тормоза о необходимости:

- приложения к рукоятке рычага управления определенного момента «против часовой стрелки» при его вытягивании для исключения непроизвольного включения «стартового» режима;

- об энергичном темпе перемещения рычага и об обязательной фиксации его в полностью убранном положении в течение не менее 1-ой секунды в процессе импульсного использования данной системы.

24.02.2008, Як-42Д (RA-42370).

1. Внешние условия, располагаемые экипажем перед принятием решения о производстве посадки, по данным диспетчера (коэффициент сцепления 0.44, ветер у земли 190° 14 м/с, без порывов) соответствовали допустимым для самолета, экипажа и аэродрома. Боковая составляющая скорости ветра при этом равнялась предельно допустимой по РЛЭ величине (при $\mu_{сц}$=0.44 $W_z^{доп}$=10.6м/с).

2. Фактически при посадке реализовался порывистый ветер. В процессе приземления и пробега величина порывов достигала 6м/с. При прохождении положительных фаз порывов значение боковой составляющей скорости ветра превышало допустимую по РЛЭ величину на ~4.5м/с.

Данное обстоятельство создало предпосылки для бокового выкатывания самолета и явилось определяющим фактором инцидента.

3. Особенностей летных характеристик и характеристик устойчивости и управляемости самолета Як-42 RA-42370 по располагаемой информации не

отмечается.

4. В не эксплуатационных условиях по скорости ветра, после приземления с допустимыми параметрами, в результате воздействия на самолет резких знакопеременных порывов бокового ветра произошел резкий поворот вектора скорости самолета влево и при неадекватных действиях экипажа в создавшейся ситуации произошло боковое выкатывание ВС влево («по ветру»).

5. Вероятной причиной неадекватных действий экипажа в сложной ситуации (не отклонение педалей на парирование разворота ВС), могла быть скоротечность процесса.

6. Максимальная нагруженность конструкции в центре масс ВС, реализовавшаяся при посадке, соответствовала вертикальной перегрузке 1.36ед. (при приземлении) и боковой перегрузке – 0.28ед. (в процессе выкатывания).

30.01.2010, B737 (VQ-BCS).

1. Внешние условия при посадке самолета Boeing-737-400 VQ-BCS в а/п Ростов-на-Дону 30.01.10 г., за исключением состояния ИВПП, соответствовали допустимым для данного типа ВС.

1.1. При приземлении ВС направление и скорость ветра с допустимыми отклонениями соответствовали метеопрогнозу (по прогнозу – 150град., 5м/с, порывы до 8м/с; фактически – 150град., 4м/с., порывы до 7м/с). При этом боковая составляющая скорости ветра в порывах не превышала максимально допустимой величины для данного типа ВС ($W_z^{доп.}$=7.7м/с при состоянии ИВПП, соответствующего категории «POOR»).

1.2. Оценка состояния ИВПП двумя независимыми методами (по фактической посадочной дистанции и коэффициенту бокового трения шасси) показала, что средний коэффициент сцепления на участке пробега (600…2485м от входного порога ИВПП) был значительно ниже допустимого для аэродрома и ВС ($\mu_{сц.факт.}^{ср.} < \mu_{сц.доп.}^{min.}$=0.3), а на участке $L_{ивпп.}$>1900м, при использовании экипажем полного тормозного давления,

реализовался недопустимо низкий для ВС коэффициент трения ($f_{тр}^{факт}$=0.036…0.038, при $f_{тр}^{доп}$≥0.05).

2. Особенностей летных характеристик самолета Boeing-737-400 VQ-BCS на всех этапах посадки не наблюдается. Двигатели и все системы функционировали нормально.

3. Во второй половине пробега ($L_{ивпп.}$>2000м и $V_{пр.}$<50kts) при выдерживании экипажем направления полным использованием совмещенного путевого управления, произошел выход самолета на закритические углы увода (до 27град. «на ветер», при був.крит.=7град.), что привело к нарушению путевой устойчивости и, как следствие, к потере путевой управляемости. Использование экипажем всех располагаемых средств (полное отклонение педалей, асимметричное торможение и снятие реверса) для вывода самолета с больших углов увода оказались безуспешными. В неуправляемом движении произошло боковое выкатывание ВС с ИВПП влево («на ветер»).

4. Причиной потери путевой управляемости, приведшей к боковому выкатыванию ВС, является недопустимо низкий (как для самолета, так и аэродрома) коэффициент сцепления на ИВПП.

Таблица А.3 Случаи выкатывания самолетов 1-2 классов за пределы ВПП при сруливании с ВПП за период 2007-2011 гг.

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	$\mu_{сц}$ АТИС/ $\mu_{сц}$ ФАКТ	W_x	W_z	$L'_{ови}$	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	25.07.2007, а/п Внуково	B737, VP-BBN	3000 х 60	+18	0,5	2,5	4,3	7000	мокрая ВПП	Левой опорой повреждены огни ВПП	Неправильные действия экипажа: выполнение маневра по освобождению полосы на повышенной скорости	20104; 40324; 40326; 404FA; 03245; 70110; 40149; 40512;
2	05.02.2011, а/п Талаги	B737, VP-BRK	2500 х 44	-17	0,45/0,33	-4,7… -9	-5,7… -3,2	8000		Без последствий	Неправильные действия экипажа: выполнение маневра по освобождению полосы на повышенной скорости	40511; 52299;
3	12.04.2011, а/п Ростов-на-Дону	B737, VQ-BAO	2501 х 45	+6	0,55	-0,3	-2,0	10000	мокрая ВПП	Повреждены 5 огней ИВПП.	Неправильные действия экипажа: освобождение ВПП на повышенной скорости	40324; 404G3; 40512;
4	07.12.2011, а/п Нижний Новгород	B737, VP-BPY	2805 х 45		0,5			0	мокрая ВПП	Выкатывание за пределы ВПП по курсу посадки на 40м	*нет данных*	406; 406;
5	30.11.2007,а/п Шереметьево	DC-10*, VP-BDE	3550 х 60	-2	0,35/0,27	-1,3	1,5	2300	наличие слякоти до 3 мм	Соскальзывание ВС к правой стороне РД	Отказ реверса двигателя	07830; 199; SL; 40121; 40131;

Продолжение таблица А.3

№	Дата события, аэропорт	Тип ВС, бортовой номер	Размеры ИВПП	Внешние условия						Проявление	Причина	Факторы
				T	μсц АТИС/ μсц ФАКТ	W_x	W_z	L´ови	Состояние ИВПП			
			м х м	°С		м/с	м/с	м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	17.11.2007, а/п Домодедово	Ил-86, RA-86121	3794 х 53	-4	0,5/0,38…0,49	-1,8	-3,6	1800	наличие слякоти более 2 мм	Выкатывание вправо	Неправильные действия экипажа: выполнение маневра по освобождению полосы на повышенной скорости	40249; 40512; B3020;
7	19.06.2007, а/п Витязево	Ту-154М, RA-85633	2500 х 45					10000		Выкатывание на грунт на 9м от края РД 3 в районе сопряжения её с ВПП	Неправильные действия экипажа: повышенная скорость на посадке	40324; 404FB; 51204; SL;
8	14.02.2009, а/п Внуково	Ту-154М*, RA-85645	3000 х 60	-2	0,3/0,32…0,22	-4,3	-2,5	1300	мокрая ВПП		Неудовлетворительное состояние ИВПП: низкий коэффициент сцепления	52205; 30199; 40512;
9	14.06.2010, а/п Сыктывкар	Ту-134, RA-65828	2500 х 50	+17	0,55/0,55	-0,8…2,5	4,8…12,0	7000	мокрая ВПП	Выкатывание за пределы ВПП влево на удаление 60 метров. ВС получило повреждения.	Невыпуск интерцепторов	4046P; 40456;

Выводы и заключения ГосЦентра безопасности полетов

07.12.2011, B737 (VP-BPY).

1. Условия при посадке самолета Boeing 737-800 VP-BPY в а/п Нижний Новгород 07.12.12 г. по состоянию ИВПП не соответствовали условиям, по которым экипаж принимал решение о использовании режима торможения на пробеге. По данным АТИС и диспетчерской службы – полоса влажная коэффициент сцепления по всей полосе 0.5, что для ВС типа B-747-800 соответствует состоянию ИВПП как Good, а фактически (по расчету с использованием данных бортовых регистраторов) на последней четверти ИВПП - мокрая, местами мокрый лед, средний коэффициент сцепления с удаления 2100м составлял 0.38, что соответствует категории Medium, а с удаления 2500м - 0.3, что соответствует категории Poor.

2. В соответствии с полученной информацией о состоянии ИВПП экипаж принял правильное решение производить посадку с использованием автоматического торможения в режиме AUTOBRAKE2. При данном режим торможения и состоянии ИВПП Good потребная посадочная дистанция составляла 2575м, что при располагаемой дистанции 2805м обеспечивало коэффициент запаса 2.09 (при потребном 1.92). Фактически при производстве посадки посадочная дистанция составила 2850м и превысила располагаемую, что привело к выкатыванию самолета за пределы ИВПП.

3. Кроме состояния ИВПП на увеличение фактической посадочной дистанции повлиял перелет ВС рекомендуемой зоны приземления - приземление произошло на удалении 875м (рекомендуемая зона приземления 305…610м). Однако данный фактор следует считать эксплуатационным, так как максимально допустимая точка приземления для данного ВС составляет 915м.

4. Несоответствие заявленного и фактического состояния ИВПП в данном случае является определяющим фактором увеличения посадочной дистанции и может рассматриваться как причина выкатывания самолета.

30.11.2007, DC-10 (VP-BDE).

1. При посадке самолета в предельно допустимых по РЛЭ условиях по состоянию ИВПП ($\mu_{сц}^{расч}$=0.3±0.04 и слой мокрого снега до 5мм) реализовалась посадочная дистанция (3610м), превышающая расчетную по РЛЭ (2970м) и располагаемую (3550м).

В условиях неизбежного продольного выкатывания, экипаж предпринял попытку сруливания на повышенной скорости на левую РД в конце ИВПП, которая закончилась сходом правой основной стойки на грунт на расстояние ~6м от правого края РД.

2. Причиной реализации повышенной посадочной дистанции явилась невозможность использования рекомендованных РЛЭ по скорости режимов реверса вследствие отказа реверса правого двигателя и недостатка при этом запасов путевой управляемости самолета для парирования суммарного возмущающего момента от асимметрии тяг двигателей и боковой составляющей скорости ветра (~1.5kts).

3. Непосредственной причиной схода самолета на грунт явилось возникновение бокового скольжения шасси самолета вследствие большой путевой скорости сруливания при попытке экипажа создания малого радиуса разворота на ВПП с низким коэффициентом сцепления (разворот начат в режиме торможения на удалении 130м от выходного порога ИВПП на путевой скорости 28kts, в то время как рекомендуемая РЛЭ скорость на разворотах при рулении не должна превышать 5kts).

14.02.2009, Ту-154М (RA-85645)

1. Внешние условия на всех участках посадки, за исключением эффективного коэффициента сцепления на участке сруливания с ВПП-06 на РД-1, соответствовали данным аэродромных служб и являлись допустимыми для ВС типа Ту-154М.

Оценка эффективного коэффициента сцепления ($\mu_{сц}^{эфф.}$) расчетными

методами на участке разворота ВС при сруливании на РД-1 показала, что по номинальному значению он составлял 0.28, при среднеквадратической погрешности оценки $б\mu_{сц}^{эфф}$= 0.02 (минимально допустимым для ВС ГА является $\mu_{сц}$=0.3).

2. Отличий характеристик устойчивости и управляемости самолета Ту-154М RA-85645 от характеристик самолета-типа по всем каналам и на всех этапах посадки, за исключением участка сруливания ВС на РД-1, не наблюдается.

3. При выполнении разворота на РД-1 (с удаления ~90м до выходного порога ИВПП и на допустимой по РЛЭ начальной путевой скорости ~30км/час), при отклонении носовых колес шасси $б_{нк}$>10град. реализовалась недостаточная для руления по схеме угловая скорость поворота вектора скорости ВС ($\psi_т^{факт}$~0,6…2град/с, при $\psi_т^{потр.}$=7…8град/с), что создало условия для выкатывания самолета за пределы ИВПП.

Наиболее вероятной причиной реализации недостаточной путевой управляемости самолета при сруливании, могла быть реализация на этом участке ИВПП низкого коэффициента сцепления ($\mu_{сц}$=0,28±0.02 ≤ 0.3). Фактором, способствующим в этом случае уменьшению управляющего момента от передней стойки, могла быть повышенная (но не превышающая допустимого значения по РЛЭ) путевая скорость ВС на развороте.

4. Предпринятые в возникшей особой ситуации действия экипажа – использование всех запасов путевой управляемости и включение максимального реверса не смогли предотвратить выкатывание самолета за пределы ИВПП. Выкатывание самолета произошло в зоне стыка ВПП-06 и РД-1 на $V_{пут}$ ~20км/час.

Примечание к таблицам А.1 – А.3:

1. Обозначения в таблицах:

Т - температура наружного воздуха;

μсц АТИС - значение коэффициента сцепления на ВПП, переданное АТИС, и / μсц ФАКТ - значение коэффициента сцепления на ВПП

фактическое;

Wx - продольная составляющая ветра (знак "-" означает встречный ветер, отсутствие знака - попутный ветер);

Wz - боковая составляющая ветра (знак "-" означает ветер справа, отсутствие знака - ветер слева);

L′ови - горизонтальная видимость;

события, исследованные в ГосЦентре безопасности полетов, помечены значком "*" в колонке "Тип ВС, бортовой номер".

2. Расшифровка кодов факторов системы АСОБП:

ФАКТОР 02762 Система управления спойлерами

ФАКТОР 03245 Основная система торможения

ФАКТОР 03245 Основная система торможения

ФАКТОР 07730 Анализаторы

ФАКТОР 07830 Реверс тяги

ФАКТОР 20104 Недостаточная подготовка/проверка персонала

ФАКТОР 20201 Недостаточный контроль за работой экипажей

ФАКТОР 30102 Неправильная информация экипажу об условиях погоды

ФАКТОР 30112 Неправильная оценка МУ при принятии решения на прием/выпуск ВС

ФАКТОР 30199 Прочие нарушения технологии

ФАКТОР 30701 Неправильная координация действий с другими службами

ФАКТОР 40111 Неправильная оценка скорости

ФАКТОР 40119 Прочие неправильные оценки динамических характеристик

ФАКТОР 40121 Неправильная оценка L,V,H

ФАКТОР 40129 Прочие неправильные оценки траекторных параметров

ФАКТОР 40131 Неправильная оценка метеообстановки

ФАКТОР 40139 Прочие неправильные оценки внешних условий

ФАКТОР 40149 Прочие ошибки в восприятии информации

ФАКТОР 40211 Неуход на второй круг

ФАКТОР 40219 Прочие ошибочные решения при пилотировании

ФАКТОР 40241 Выполнение полета без соответствующего опыта/подготовки

ФАКТОР 40247 Нарушение минимума погоды

ФАКТОР 40324 Скорость полета более рекомендованной

ФАКТОР 40326 Скорость касания более расчетной

ФАКТОР 40329 Прочие ошибки при управлении скоростью

ФАКТОР 4032D Скорость более рекомендованной с выпущенной механизацией

ФАКТОР 40342 Превышение допустимого крена на высоте менее установленной

ФАКТОР 40351 Невыдерживание направления на разбеге/пробеге

ФАКТОР 40352 Невыдерживание схемы захода на посадку

ФАКТОР 40358 Отклонение от посадочного курса

ФАКТОР 40361 Неправильное компенсирование ветра

ФАКТОР 40362 Неправильный расчет захода на посадку

ФАКТОР 40363 Неправильное выполнение разворотов, виражей

ФАКТОР 40366 Приземление под углом к оси ВПП

ФАКТОР 40367 Посадка с высокого выравнивания

ФАКТОР 40369 Прочие отклонения при маневрировании

ФАКТОР 40463 Неправильное манипулирование органами управления

ФАКТОР 40464 Несвоевременное манипулирование органами управления

ФАКТОР 4046P Невыпуск интерцепторов

ФАКТОР 404A1 Неправильное манипулирование органами управления

ФАКТОР 404A9 Другие случаи неправильной эксплуатации

ФАКТОР 404F7 Несвоевременное манипулирование органами управления

ФАКТОР 404FA Несвоевременное включение/отключение реверса

ФАКТОР 404G3 Неправильное использование

ФАКТОР 40511 Руление на повышенной скорости

ФАКТОР 40512 Разворот на повышенной скорости

ФАКТОР 40529 Прочие нарушения экипажа в полете

ФАКТОР 40531 Неправильные действия в чрезвычайных условиях

ФАКТОР 40537 Недостаточная предполетная подготовка

ФАКТОР 40539 Прочие другие факторы экипажа

ФАКТОР 406 Предположительно факторы экипажа

ФАКТОР 50206 Некачественное устранение о/н

ФАКТОР 51204 Неполная информация о метеообстановке

ФАКТОР 52104 Невыполнение инструкций, наставлений

ФАКТОР 52108 Отсутствие контроля за состоянием летного поля

ФАКТОР 52202 Неправильное оформление, заполнение документации

ФАКТОР 52205 Некачественная подготовка летного поля к полетам

ФАКТОР 52206 Неправильное определение значения коэффициента сцепления

ФАКТОР 52207 Значение коэффициента сцепления не определялось

ФАКТОР 52299 Прочие нарушения технологии выполнения работ

ФАКТОР 52302 Несообщение об опасных условиях/препятствиях

ФАКТОР 70110 Недостаточный учет факторов безотказности

ФАКТОР 70112 Недостатки конструкции изделий в эксплуатации

ФАКТОР 70120 Недостатки конструкции изделий в эксплуатации

ФАКТОР 70160 Недостаточный учет реальных условий эксплуатации

ФАКТОР 992LS Экипаж ВС другого государства

ФАКТОР A2020 сильные атмосферные осадки

ФАКТОР A2030 Активное ветровое воздействие

ФАКТОР B2020 атмосферные осадки

ФАКТОР B2030 Ветровые характеристики

ФАКТОР B3020 Состояние поверхности ВПП, РД

ФАКТОР SL Следствие предыдущих типов событий и их факторов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Метод предотвращения в предстоящем полете выкатывания самолета за пределы ВПП при посадке

Введение

Представленный метод предотвращения в предстоящем полете выкатывания самолета за пределы ВПП включает в себя последовательное решение трех задач:

– прогнозирование в предстоящем полете риска (через оценку вероятности) выкатывания самолета за пределы ВПП при посадке;

– выявление наиболее значимых в предстоящем полете факторов опасности;

– разработка мероприятий по предотвращению проявления выявленных факторов опасности в предстоящем полете или парированию их негативного воздействия.

Под факторами опасности понимаются ошибки экипажа, отказы авиационной техники, опасные воздействия внешней среды, существенно влияющие на безопасность полетов.

Прогнозирование вероятности и выявление факторов опасности выполняется на основе «дерева» развития событий типа выкатывания за пределы ВПП.

«Дерево» – это логическая схема, отражающая возможные пути развития факторов опасности и их комбинаций через промежуточные события и барьеры безопасности в авиационное событие определенного типа [5]. Визуально «дерево» представляет собой графическую модель причинно-следственных связей событий, вершиной которого является прогнозируемое событие (выкатывание за пределы ВПП), а основанием – факторы опасности, инициирующие и/или сопутствующие развитию авиационного события.

Возможны тысячи различных сценариев развития авиационных событий, и смоделировать каждый из них, изучив даже всю мировую статистику авиационных происшествий и инцидентов, невозможно, так как

остаются еще не реализованные сценарии.

Цель построения «дерева» – описать наиболее **типичные** и **кратчайшие сценарии** выкатывания самолетов за пределы ВПП, которые представляют наибольшую угрозу для безопасности полетов.

Традиционно «дерево» применяется в решении разовых задач: для подтверждения соответствия технической системы сертификационным требованиям отказобезопасности, в описании причинно-следственных связей свершившихся авиационных событий в ходе их расследования. Как инструмент систематической оценки рисков для безопасности полетов в авиакомпаниях «дерево» ранее не применялось.

В настоящем методе описан только один из возможных сценариев выкатывания самолета за пределы ВПП при посадке для демонстрации разработанного авторами подхода к предотвращению авиационных событий.

Прогнозирование выкатывания за пределы ВПП и выявление значимых факторов опасности

В период с 2007 года по 2011 год на самолетах 1-го и 2-го классов, эксплуатирующихся в гражданской авиации Российской Федерации, зарегистрировано 20 случаев продольного выкатывания самолетов за пределы ВПП при посадке. Согласно заключениям комиссий по расследованиям этих событий, основной или сопутствующей причиной 10 событий явилась посадка со значительным перелетом расчетной зоны приземления вследствие не выдерживания рекомендуемых значений параметров полета – скорости и высоты (рис. Б.1).

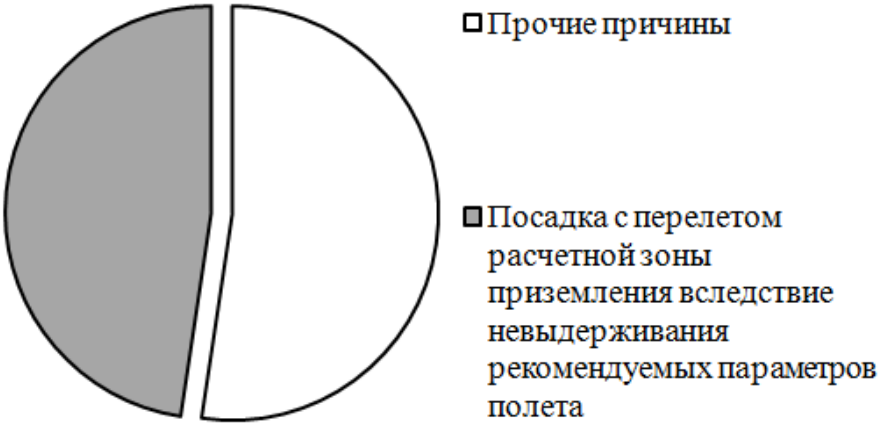


Рисунок Б.1 Причины выкатывания самолетов за пределы ВПП

Описанный сценарий выкатывания за пределы ВПП изображен на рис. Б.2 в виде «дерева». Базовые события «дерева» – проявления факторов опасности в полете, обозначены серыми кружочками.

Использование максимального реверса двигателей до полной остановки самолета и уход на второй круг при нестабилизированном заходе на посадку представляют барьеры безопасности, которые могут предотвратить выкатывание самолета за пределы ВПП.

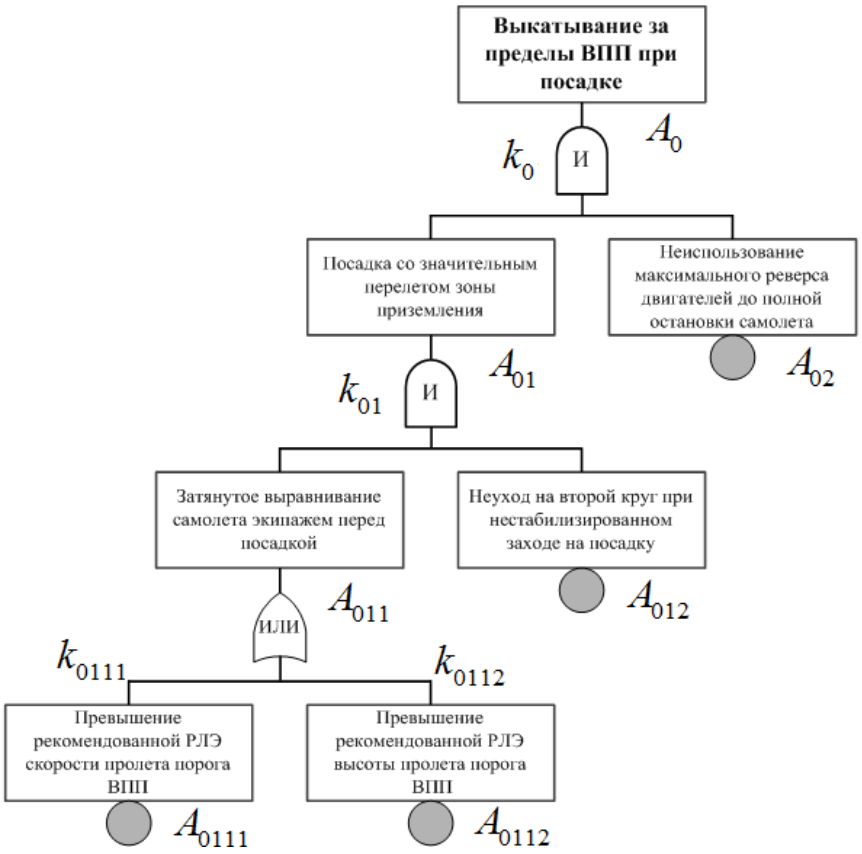


Рисунок Б.2 «Дерево»

Каждому событию «дерева» было присвоено цифробуквенное обозначение – Аххххх. Дополнительно были введены коэффициенты k – условные вероятности реализации причинно-следственных связей «дерева», отражающие неопределенность развития особой ситуации в полете.

«Дерево» описывается математической моделью, входными данными которой являются вероятности проявления факторов опасности в полете:

$$P(A_0) = k_0 \cdot \{1 - k_{0111} \cdot [1 - P(A_{0111})] \cdot k_{0111} \cdot [1 - P(A_{0112})]\} \cdot k_{01} \cdot P(A_{012}) \cdot P(A_{02}) . \quad (33)$$

Вероятности превышения рекомендованных РЛЭ значений скорости $P(A_{0111})$ и высоты $P(A_{0112})$ пролета порога ВПП могут быть оценены по результатам анализа полетной информации с использованием инструментов классической теории вероятности [5].

Вероятности ошибочных решений $P(A_{012})$ и $P(A_{02})$ оцениваются, как отношение количества полетов, в которых возникала соответствующая особая ситуация (не стабилизированный заход на посадку или посадка со значительным перелетом зоны приземления) и экипаж не выполнял предписанные в таких особых ситуациях действия, к общему количеству соответствующих особых ситуаций, возникших за определенный период.

Значения коэффициентов k рассчитываются по статистике полетной информации реальных полетов в конкретной авиакомпании (k_{0111}; k_{0112}; k_{01}), по статистике авиационных событий (k_0) или использованием экспертных оценок.

При подстановке в математическую модель (1) вероятностей факторов опасности, оцененных для предстоящего полета, и значений коэффициентов k рассчитывается прогнозное значение вероятности выкатывания – $P(A_0)$.

При критическом значении $P(A_0)$ по причинно-следственным связям «дерева» выявляются наиболее значимые в предстоящем полете факторы опасности, которые вносят наибольший вклад в значение $P(A_0)$. Разрабатываются мероприятия по предотвращению проявления выявленных факторов опасности или парированию их негативного воздействия на безопасность полетов. Тем самым становится возможным предотвратить

выкатывание самолета за пределы ВПП.

Предотвращение выкатывания самолета за пределы ВПП

Например, в случае выявления по вышеописанному методу первоочередной значимости фактора «Превышение рекомендованной РЛЭ скорости пролета порога ВПП», конкретному экипажу перед предстоящим полетом может быть дополнительно рекомендовано:

1. Командиру воздушного судна и второму пилоту внимательнее контролировать и выдерживать скоростные параметры при снижении и заходе на посадку. Цель рекомендации – предотвратить превышение рекомендованной РЛЭ скорости полета на посадке.

2. При не выдерживании скоростных параметров на посадке непременно уйти на второй круг. Цель рекомендации – предотвратить затянутое выравнивание самолета и посадку вне расчетной зоны приземления.

3. При посадке со значительным перелетом расчетной зоны приземления использовать максимальный реверс двигателей до полной остановки воздушного судна. Цель рекомендации – предотвратить выкатывание самолета за пределы ВПП.

Такие рекомендации следует выдавать пилотам, которые по результатам анализа их техники пилотирования склонны к нарушениям действующих правил выполнения полетов.

При всей очевидности приведенных рекомендаций, расследования авиационных событий свидетельствуют о том, что пилоты не всегда выполняют предписанные им правила.

Заключение

Описанный метод позволяет до выполнения фактического полета оценить: назначенные на предстоящий полет экипаж и воздушное судно,

аэродром посадки, ожидаемые метеорологические условия на аэродроме посадке, риск (через оценку вероятности) выкатывания самолета за пределы ВПП и предпринять при необходимости мероприятия по предотвращению этого события.

Реализованный в виде программного продукта метод «дерева» может использоваться в авиакомпаниях, как инструмент регулярной оценки рисков для безопасности полетов.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Данные бортовых регистраторов
ВС Як-42Д Ra-43439, B-737-500 VQ-BAD,
A-319 VQ-BAT и B-737-800 VP-BPY.

Данные МСРП-64 самолета Як-42Д RA-42439 при заходе на посадку и посадке в а/п Внуково 14.05.2011г.

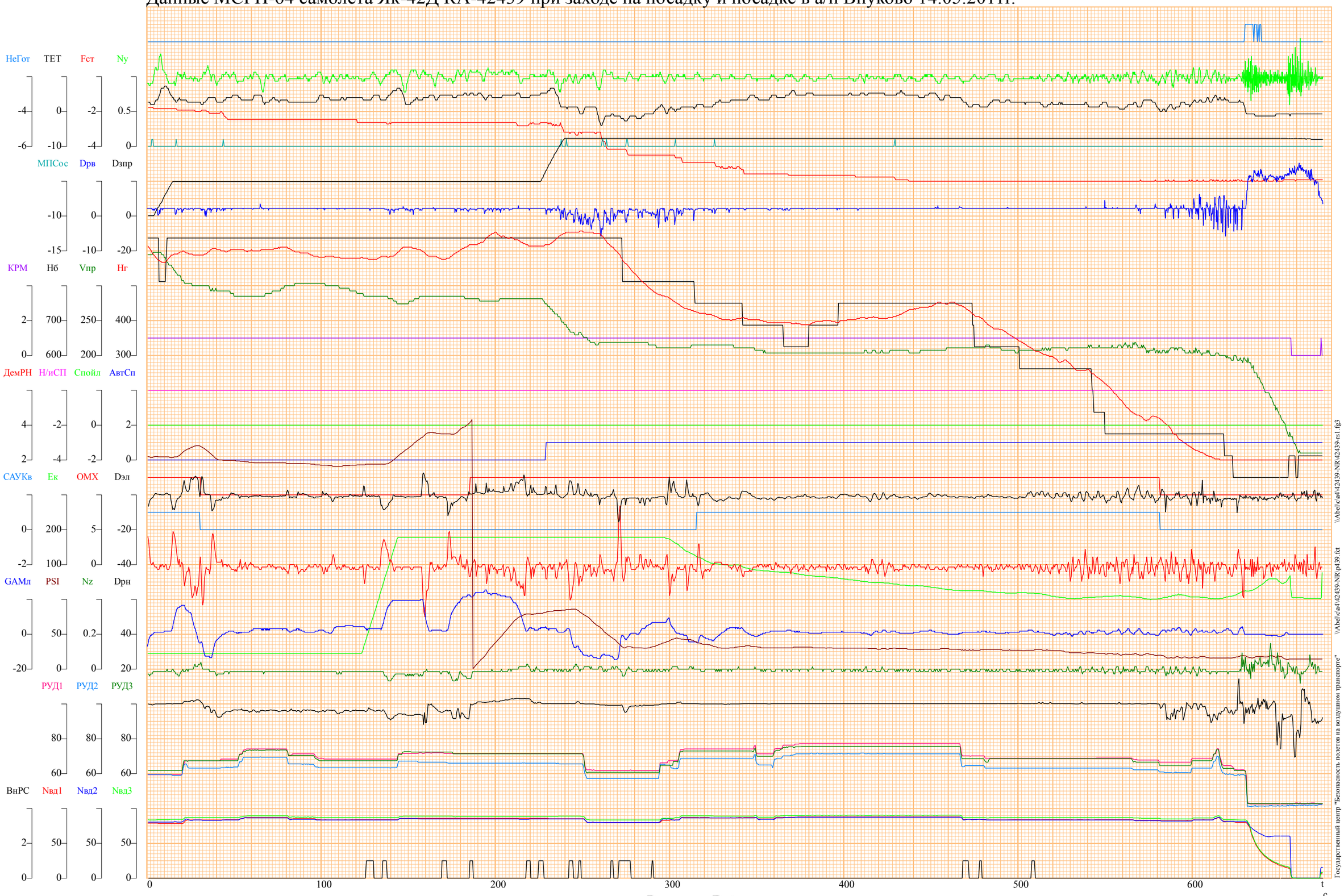


Рисунок В.1

Данные МСРП-64 самолета Як-42 RA-42439 на конечном этапе захода на посадку и посадке в а/п Внуково 14.05.2011г.
(в укрупненном масштабе времени)

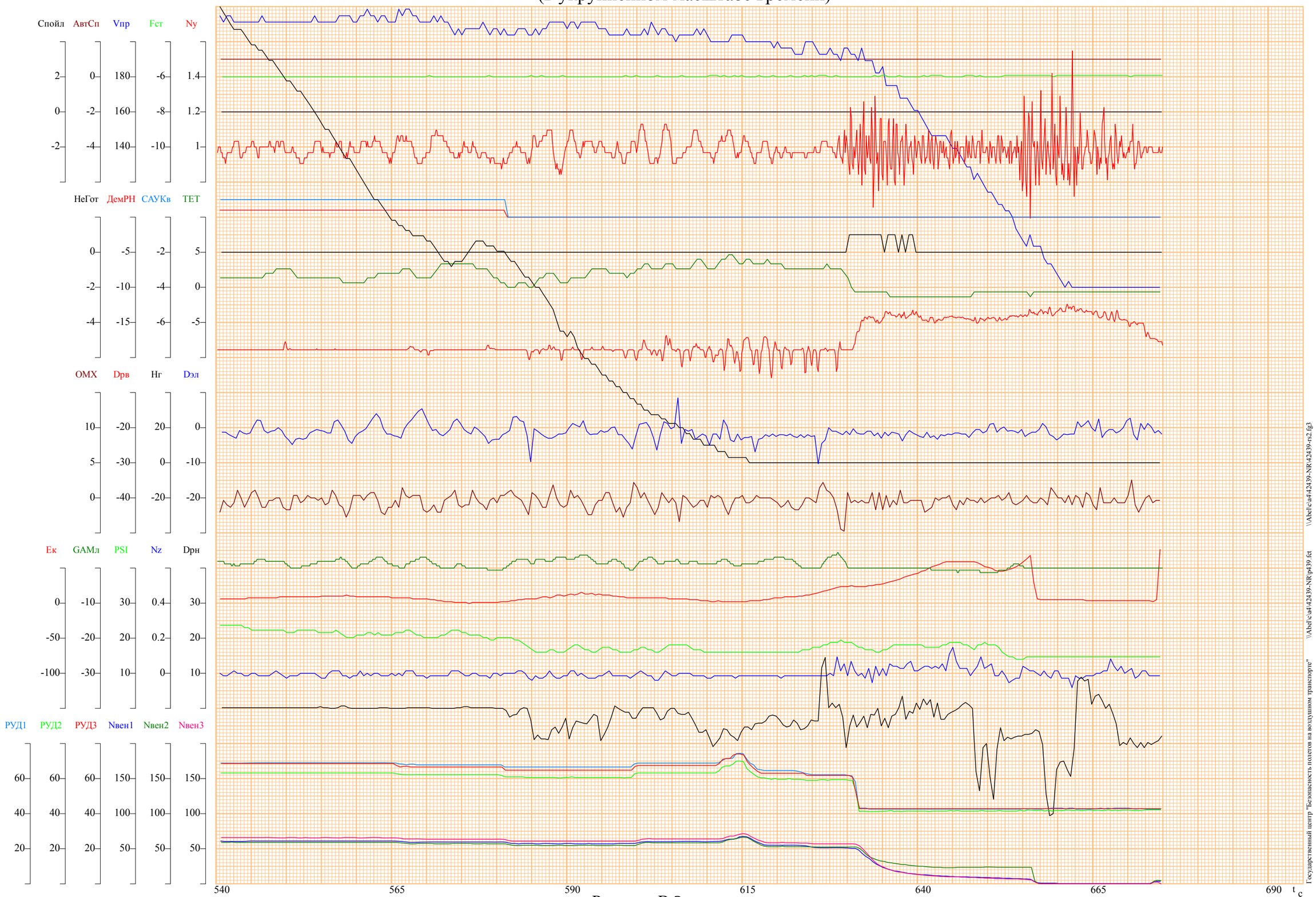


Рисунок В.2

Данные DFDR самолета B-737-500 VQ-BAD при заходе на посадку и посадке в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011г.

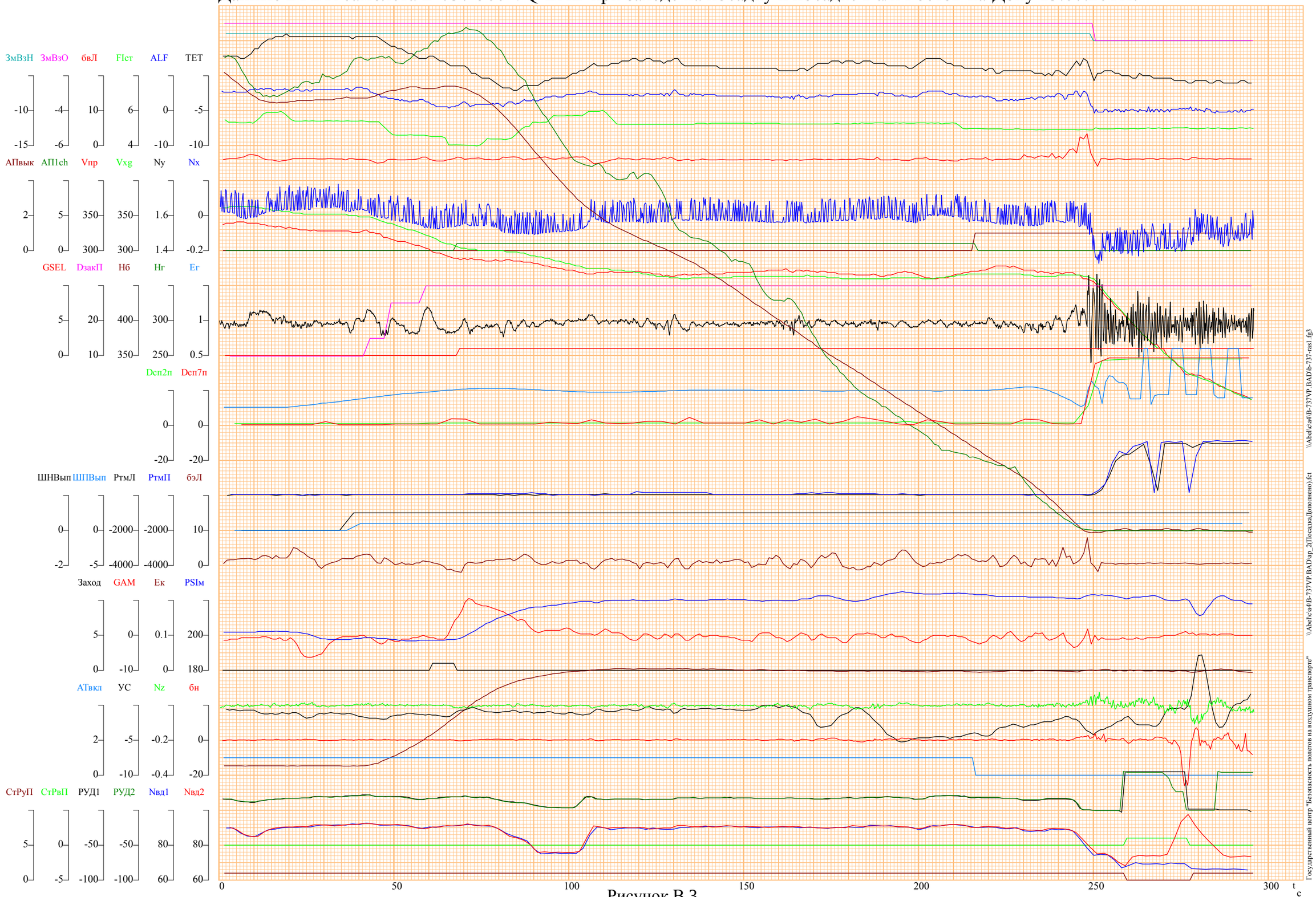


Рисунок В.3

Данные DFDR самолета B-737-500 VQ-BAD на конечном этапе захода на посадку и посадке в а/п Ростов-на-Дону 23.07.2011г.
(в укрупненном масштабе времени).

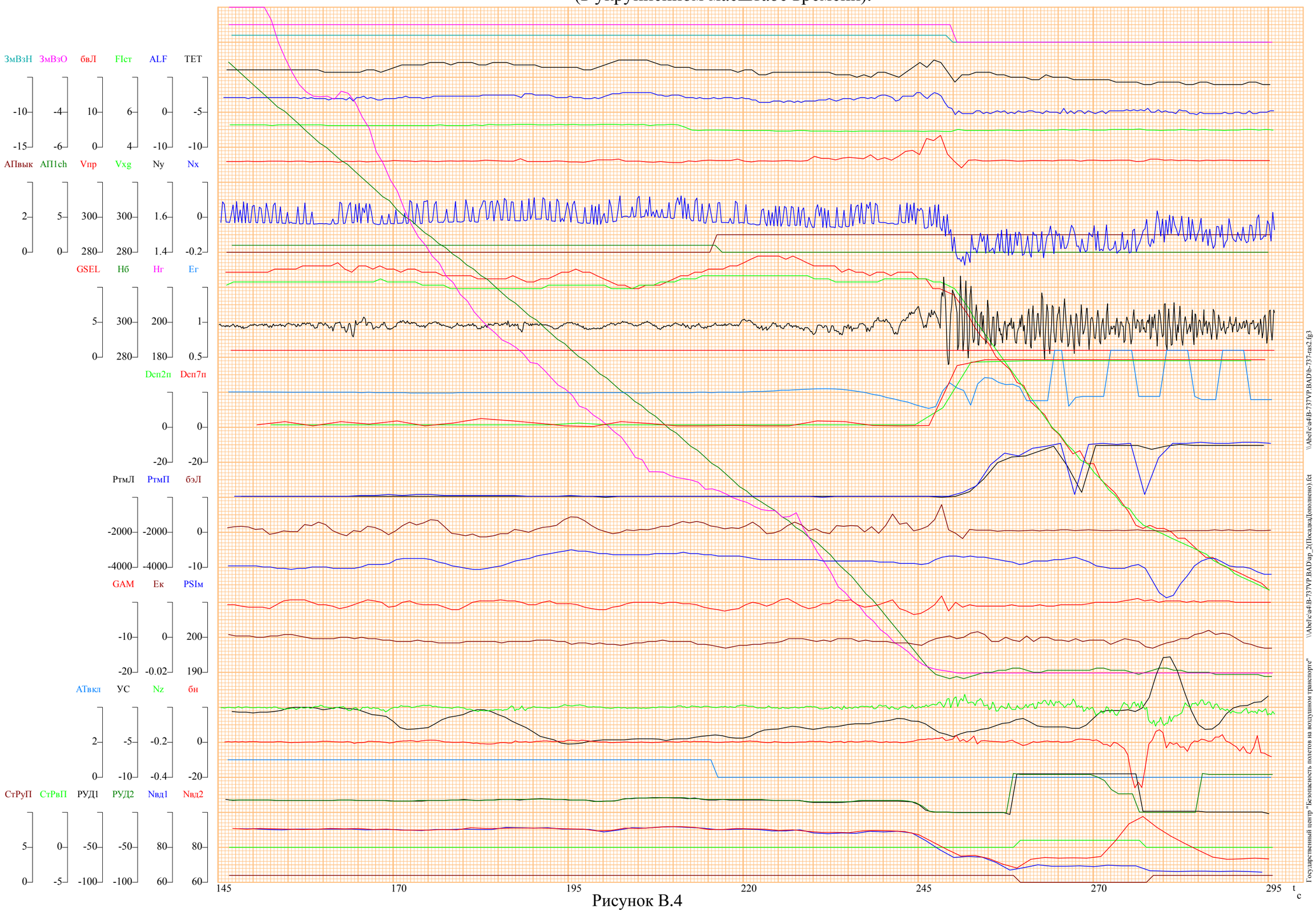


Рисунок В.4

Данные DFDR самолета А-319 VQ-BAT при заходе на посадку и посадке в а/п Ростов - на -Дону 11.06.2011г.

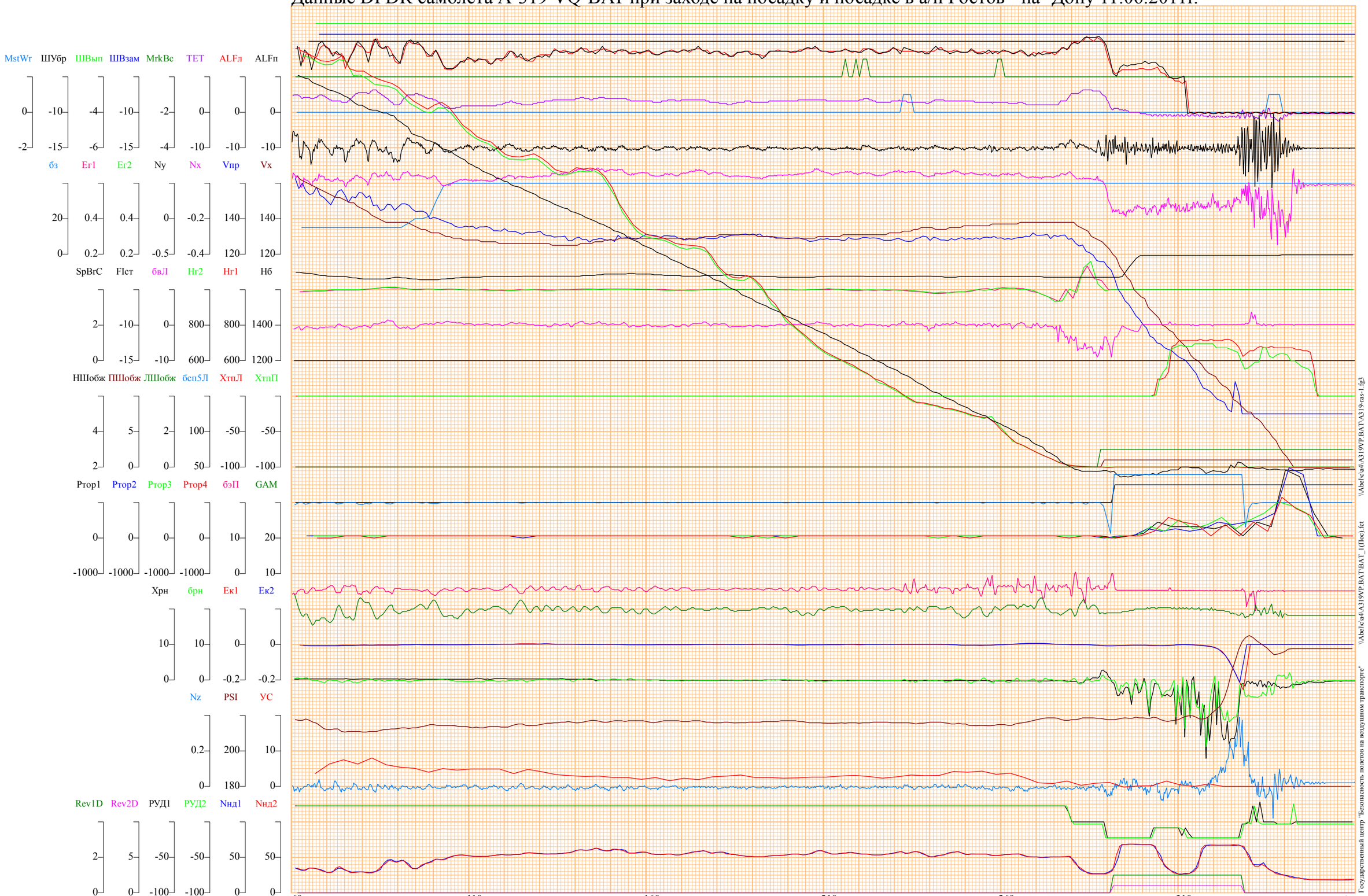


Рисунок В.5

Данные DFDR ВС B-737-800 VP-BPY при посадке в а/п Нижний Новгород 07.12.2011г.

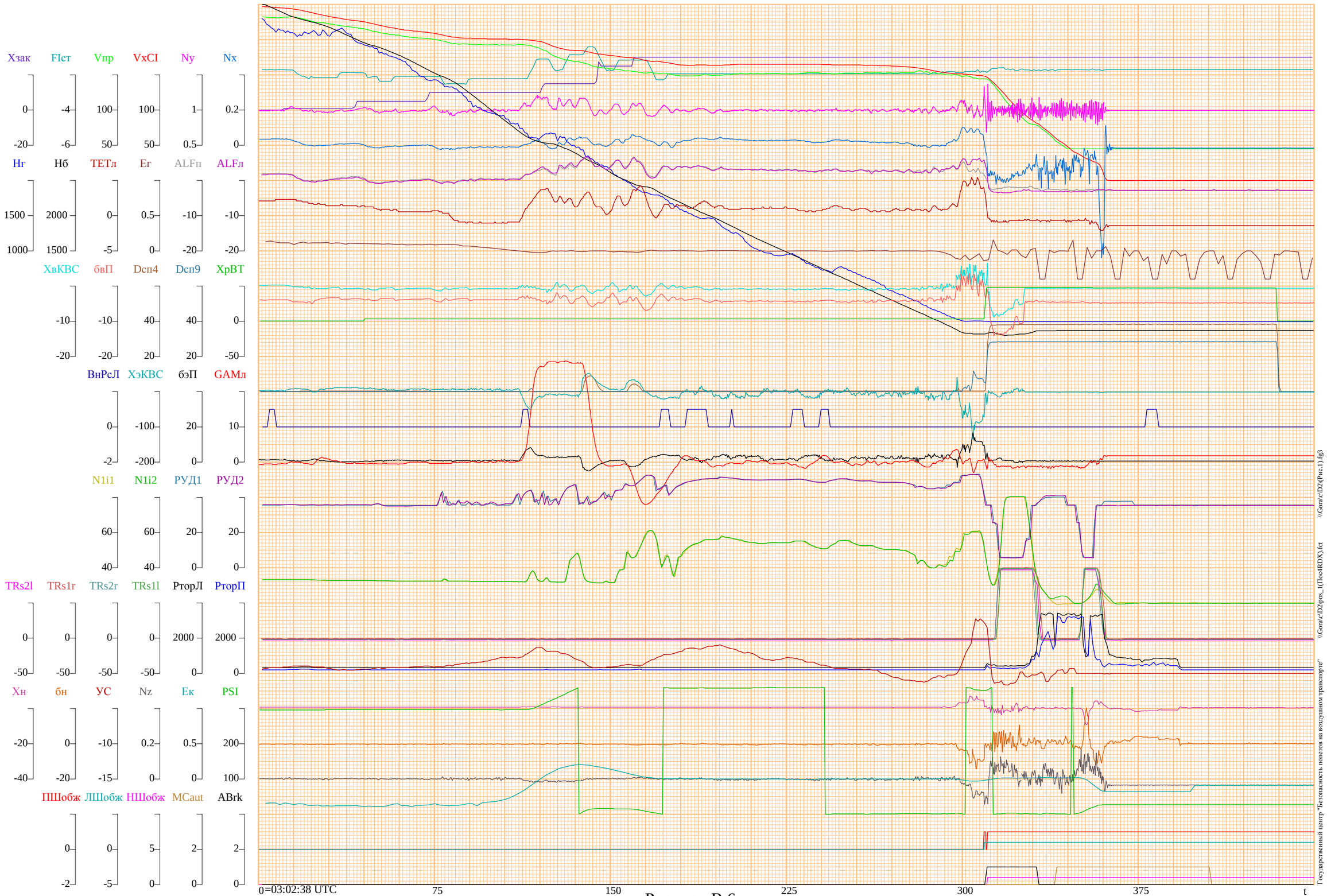


Рисунок В.6