

Утверждено
Директором Агентства «Узавиация»
Т.А. Назаров



РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АЭРОДРОМОВ

Часть 6 Ломкость

Документ №: GM-AGA-006

Редакция / Ревизия:01/00

Дата вступления в силу: 20 Апреля 2023 года

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	0/1
	Администрирование и Контроль Документа		

0 АДМИНИСТРИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ДОКУМЕНТА

0.1 Содержание

0 АДМИНИСТРИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ДОКУМЕНТА	1
0.1 Содержание	1
0.2 Список Действительных Страниц	3
0.3 Список Рассылки	5
0.4 Запись Поправок и Изменений	5
0.5 Термины и Определения	6
0.6 Аббревиатура и Сокращения	7
0.7 Термины «должен», «следует», «может»	7
0.8 Администрирование и Контроль	7
0.9 Предисловие	7
1 ПРЕПЯТСТВИЯ СЛЕДУЕТ СДЕЛАТЬ ЛОМКОМИ	1
2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ	1
2.1 Размещение Оборудования	1
2.2 Предпочтительное Размещение Компонентов Оборудования	4
3 ОБЩИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ СООБРАЖЕНИЯ	1
3.1 Эксплуатационные Требования	1
3.2 Экологические Условия Эксплуатации	2
3.3 Требования к Хрупкой Деятельности	2
4 КОНСТРУКЦИЯ НА ЛОМКОСТЬ	4
4.1 Философия Дизайна	1
4.2 РЕЖИМ НЕИСПРАВНОСТИ	1
4.3 УДАРНАЯ НАГРУЗКА	2
4.4 ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ	2
4.5 Понятия Ломкости	2
4.6 Механизмы Отлома или Отказа	3
4.7 Выбор Материалов	3
4.8 Электрические Компоненты	4
4.9 Проектные Критерии Хрупкой Способности	4
5 ИСПЫТАНИЕ НА ЛОМКОСТЬ	1
5.1 Общий	1
5.2 Процедуры Испытаний	1
5.3 Испытания Производителей и Испытательных Организаций	7

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	0/2
	Администрирование и Контроль Документа		

6	МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛОМКОСТИ	8
6.1	Общий	1
6.2	Анализы	1
6.3	Подход Конечно-Элементного Анализа (FEA)	2
6.4	Гибридный Подход	2
6.5	Проверка с Помощью Вычислительного Анализа	3
7	УСТАНОВКА, ОСМОТР И ОБСЛУЖИВАНИЕ	1
7.1	Общий	1
7.2	Монтаж	1
7.3	Осмотр и Обслуживание	1

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	0/3
	Администрирование и Контроль Документа		

0.2 Список Действующих Страниц

Глава 0		
Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №
1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00
3	20.АПР.2023	00
4	20.АПР.2023	00
5	20.АПР.2023	00
6	20.АПР.2023	00
7	20.АПР.2023	00
7	20.АПР.2023	00
8	20.АПР.2023	00
Глава 1		
Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №
1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00
Глава 2		
Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №
1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00
3	20.АПР.2023	00
4	20.АПР.2023	00
5	20.АПР.2023	00
6	20.АПР.2023	00
Глава 3		
Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №
1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00
3	20.АПР.2023	00
4	20.АПР.2023	00
Глава 4		
Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №

1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00
3	20.АПР.2023	00
4	20.АПР.2023	00
5	20.АПР.2023	00
6	20.АПР.2023	00
7	20.АПР.2023	00
8	20.АПР.2023	00
9	20.АПР.2023	00
10	20.АПР.2023	00
11	20.АПР.2023	00
12	20.АПР.2023	00
13	20.АПР.2023	00
14	20.АПР.2023	00
15	20.АПР.2023	00
16	20.АПР.2023	00
17	20.АПР.2023	00
18	20.АПР.2023	00
Глава 5		
Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №
1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00
3	20.АПР.2023	00
4	20.АПР.2023	00
5	20.АПР.2023	00
6	20.АПР.2023	00
7	20.АПР.2023	00
8	20.АПР.2023	00
Глава 6		
Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №
1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00
3	20.АПР.2023	00
4	20.АПР.2023	00
5	20.АПР.2023	00
6	20.АПР.2023	00
7	20.АПР.2023	00
8	20.АПР.2023	00
9	20.АПР.2023	00

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	0/4
	Администрирование и Контроль Документа		

10	20.АПР.2023	00
11	20.АПР.2023	00
12	20.АПР.2023	00
Глава 7		

Страница	Дата вступления в силу	Ревизия №
1	20.АПР.2023	00
2	20.АПР.2023	00

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	0/5
	Администрирование и Контроль Документа		

0.3 Список Рассылки

Копия №	Тип Копии	Отдел	Месторасположение
Оригинал	(S)		
1	(S)		

(S) SoftCopy - (Электронная версия)

(H) HardCopy – (Печатная версия)

Примечание: Электронные и печатные копии считаются «неконтролируемыми», если они напечатаны или не включены в этот список рассылки.

0.4 Запись Поправок и Изменений

Издание/ Ревизия №:	Дата Издания/Ревизии:	Введено в силу:	Причина:
Издание №01	20.АПР.2023		

Издание: - Публикация документа, объединяющая все поправки предшествующие текущей версии. Новая редакция документа не отображает текст поправок синим цветом. Текущая версия документа отображается на каждой странице в нижнем колонтитуле.

Ревизия: - Изменение, внесенное в часть документа, где оно отображается синим текстом или сопровождается вертикальной линией на правой стороне документа. Основная информация об изменениях (номер и дата) приведена в Перечне страниц Руководства с актуальной информацией и указана в заголовке соответствующей страницы и в самом контексте.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	0/6
	Администрирование и Контроль Документа		

0.5 Термины и Определения

Ломкость. Способность объекта ломаться, деформироваться или деформироваться при воздействии на него другого объекта.

Хрупкий объект. Предмет малой массы, предназначенный для разрушения, деформации или деформации при ударе, что представляет минимальную опасность для воздушного судна.

Энергия удара. Энергия, необходимая для разрушения, деформации или деформации объекта при воздействии ударной нагрузки.

Ударная нагрузка. Внезапное приложение нагрузки или силы к объекту, движущемуся с высокой скоростью.

Механизм отрыва или отказа. Устройство, которое спроектировано, сконфигурировано и изготовлено таким образом, что оно очень чувствительно к одному типу нагрузки, обычно возникающей в результате динамического воздействия, зависящего от времени, но невосприимчиво к нормальным экологическим и эксплуатационным нагрузкам, воздействующим на механизм в течение срока службы. структуры. «Отрывной механизм» может быть спроектирован совместно с соединениями конструкции и/или спроектирован независимо от соединений конструкции.

Зона безопасности взлетно-посадочной полосы (RSA). Определенная поверхность, окружающая взлетно-посадочную полосу, подготовленная или подходящая для снижения риска повреждения самолетов в случае недолета, пролета или отклонения от взлетно-посадочной полосы.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Администрирование и Контроль Документа	Глава/Стр.	0/7

0.6 Аббревиатура и Сокращения

UAR-AS	Авиационные правила Узбекистана - Стандарты аэродрома
UAR-HS	Авиационные правила Узбекистана - Стандарты вертолетных площадок
ILS	Система посадки по приборам
FEA	Анализ методом конечных элементов
MLS	Микроволновая система посадки
PAPI	Индикатор пути точного захода на посадку

0.7 Термины «должен», «следует», «может»

Следующие термины имеют смысл, изложенный ниже:

“Должен” - Глагол действия в императивном смысле означает, что применение правила или процедуры или положения является обязательным.

“Следует” - Означает, что рекомендуется применение процедуры или положения.

“Может” - Означает, что применение процедуры или положения является необязательным.

0.8 Администрирование и Контроль

Данный документ опубликован как книга на листах формата А4. Файлы PDF будут заблокированы и подписаны, чтобы предотвратить изменения.

Данный документ регулярно пересматривается и изменяется. Весь соответствующий персонал должен быть ознакомлен со всеми сделанными ревизиями.

Данный документ будет изменен и пересмотрен в соответствии с требованиями процедуры АГА «Документация и Контроль».

0.9 Предисловие

Надлежащее проектирование и установка визуальных и невизуальных средств (например, сигнальных мачт, метеорологического оборудования, радионавигационных средств) являются предпосылками безопасности и регулярности полетов гражданской авиации. В аэропортах различные визуальные и невизуальные средства располагаются вблизи взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек и перронов, где они могут представлять опасность для воздушных судов в случае случайного удара при посадке, взлете или маневрировании на земле. Все такое оборудование и его опоры должны быть ломкими и устанавливаться как можно ниже, чтобы гарантировать, что удар не приведет к потере управления воздушным судном.

Настоящее Руководство основано на эксплуатационных стандартах, спецификациях и рекомендациях, содержащихся в документах Международной организации гражданской авиации (ИКАО) по проектированию аэродромов (GM-AGA-006), часть 6, Ломкость.

Большая часть материала, включенного в настоящий документ, тесно связана со спецификациями по ломкости визуальных и невизуальных средств, содержащимися в Авиационных правилах Республики Узбекистана– Стандарты аэродромов (AR-AS)

Руководство включает инструктивный материал по проектированию, испытаниям и установке хрупких конструкций в аэропортах и на вертолетных площадках.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Администрирование и Контроль Документа	Глава/Стр.	0/8

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	1/1
	Препятствия, Которые должны Быть Ломкими		

1 ПРЕПЯТСТВИЯ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ЛОМКИМИ

1.1.1 Препятствиями считаются все стационарные объекты или их части, расположенные на территории, которая предназначена для наземного движения воздушных судов, или выступающие над поверхностью, установленной для защиты воздушных судов в полете. Главная цель заключается в размещении объектов таким образом, чтобы они не являлись препятствиями. Тем не менее, определенное аэродромное оборудование и объекты вследствие характера выполняемых ими функций должны устанавливаться в оперативной зоне. Все оборудование и объекты подобного рода так же, как и их опоры, должны обладать минимальной массой и быть ломкими в целях гарантии того, что при соударении с ними воздушное судно не потеряет управляемость. .

1.1.2 В главе 5 AR-AGA-001 указано, что надземные огни приближения и их поддерживающие опоры должны быть ломкими, за исключением того, что в той части системы огней приближения за пределами 300 м от порога ВПП:

- где высота поддерживающей опоры превышает 12 м, требования в отношении ломкости должны применяться только к верхней 12-метровой части, и
- где поддерживающая опора находится в окружении неломких объектов, только та часть опоры, которая возвышается над окружающими объектами, должна являться ломкой.

1.1.3 В главе 9 AGA-001 указывается, что любое оборудование или установка, необходимые для аэронавигационного обеспечения, которые должны располагаться:

- на летной полосе (оборудованной или необорудованной), или
- в концевой зоне безопасности ВПП; или
- на полосе, свободной от препятствий, и которые будут подвергать опасности воздушное судно, находящееся в воздухе, или
- на рулежной полосе или в пределах расстояний, указанных в колонке 11 таблицы 3-1; AR-AGA-001 должны быть ломкими и устанавливаться как можно ниже.

1.1.4 В главе 9 AR-AGA-001 также указано, что любое оборудование или установка, которые необходимы для аэронавигационного обеспечения и должны располагаться на летной полосе или вблизи этой полосы ВПП, оборудованной для точного захода на посадку по категории I, II или III, и которые:

- располагается в пределах 240 м от конца полосы или в пределах:
 - 60 м от продолжения осевой линии ВПП с кодовым номером 3 или 4;
 - 45 м от продолжения осевой линии ВПП с кодовым номером 1 или 2, или
- выступают за пределы внутренней поверхности захода на посадку, внутренней переходной поверхности или поверхности ухода на второй круг при прерванном заходе на посадку; должны быть ломкими и устанавливаться как можно ниже.

1.1.5 Кроме того, в главе 9 AR-AGA-001 указано, что любое оборудование или установка, которые необходимы для аэронавигационных целей и которые в соответствии с пп. 4.2.4, 4.2.11, 4.2.20 или 4.2.27 Правила с эксплуатационной точки зрения являются препятствиями, должны быть ломкими и устанавливаться как можно ниже.

1.1.6 Аэропортовое оборудование и установки, которые вследствие выполнения ими конкретной навигационной функции должны или могут располагаться в оперативной зоне, в частности, включают в себя:

- надземные огни ВПП, РД и концевой полосы торможения (КПТ)
- системы огней приближения
- системы визуальной индикации глиссады

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	1/2
	Препятствия, Которые должны Быть Ломкими		

- знаки и маркеры
- ветроуказатели
- оборудование курсового радиомаяка системы посадки по приборам (ILS)
- Оборудование глиссадного радиомаяка ILS
- антенну контрольного устройства ILS
- азимутальное оборудование захода на посадку микроволновой системы посадки (MLS)
- угломестное оборудование захода на посадку MLS
- Антенну контрольного устройства MLS
- оборудование наземной системы функционального дополнения (GBAS) передающую антенну ОБЧ-передатчик данных (VDB) GBAS
- антенну контрольного устройства GBAS VDB
- антенну опорного приемника GBAS
- радиолокационные отражатели
- анемометры
- облакомеры,
- трансмиссометры,
- измерители дальности видимости прямого рассеяния,
- ограждение.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	2/1
	Рекомендации по Размещению		

2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ

2.1 Расположение Оборудования

2.1.1 Инструктивный материал или технические требования по расположению навигационных средств содержатся в томе I "Радионавигационные средства" AR-ANS-007 "Авиационная электросвязь", AR-AGA-001 и в связанных с ними руководствах. Этот материал следует учитывать при расположении навигационных средств. В целом оборудование и защитное ограждение должны располагаться на максимальном, насколько это практически возможно, расстоянии от осевых линий ВПП и РД.

Посадочные огни ВПП, огни КПП и рулежные огни

2.1.2 Посадочные огни ВПП, огни КПП и рулежные огни должны располагаться по краям зоны, объявленной для использования соответственно в качестве ВПП, КПП и РД, или за краями этих зон на расстоянии не более 3 м. Аналогичным образом огни порога ВПП и ограничительные огни ВПП должны располагаться на прямой линии под прямым углом к оси ВПП как можно ближе к торцу ВПП и в любом случае не далее 3 м с внешней стороны от торца ВПП. Надземные посадочные огни ВПП, огни КПП и рулежные огни являются препятствиями, и поэтому должны быть установлены на ломкой опоре.

Система огней приближения

2.1.3 Система огней приближения может быть расположена только вдоль продолжения осевой линии ВПП. В AR-AGA-001 указаны три типа систем огней приближения, а именно: простая, для точного захода на посадку по категории I и для точного захода на посадку по категориям II и III. Все системы огней приближения начинаются на установленном расстоянии от порога ВПП и простираются от него в направлении захода на посадку на ВПП. Там, где порог ВПП располагается в ее торце, вся система огней является надземной и ее огни могут представлять собой препятствие для аэронавигации. Там, где порог ВПП смещен от ее торца, огни части системы между смещенным порогом ВПП и торцом ВПП как правило являются углубленными и в результате они не представляют собой препятствие

Система визуальной индикации глissады

2.1.4 Система визуальной индикации глissады должна располагаться в установленном месте вблизи ВПП. AR-AGA-001 содержатся технические требования к системам визуальной индикации глissады двух типов: T-VASIS и PAPI (Т-система визуальной индикации глissады и указатель траектории точного захода на посадку). Эти системы состоят из углубленных глissадных огней, расположенных либо с одной, либо с обеих сторон ВПП на установленных расстояниях за порогом ВПП. Количество глissадных огней и их расположение зависит от типа системы. Как правило, глissадные огни располагаются на расстоянии 15–42 м от края ВПП.

Знаки и маркеры

2.1.5 Знаки и маркеры в зависимости от их конструкции должны располагаться как можно ближе к краю искусственного покрытия, с тем чтобы они были хорошо видны пилоту воздушного судна. Знаки и маркеры, располагаемые вблизи ВПП и РД, устанавливаются достаточно низко, чтобы обеспечить необходимый клиренс для винтов и гондол двигателей реактивных воздушных судов. Знаки и маркеры, располагаемые на удалении от ВПП или РД, должны иметь больший размер для обеспечения надписей более крупным шрифтом, достаточным для считывания пилотом.

Примечание: Для получения дополнительной информации о расположении визуальных средств, описанных в 2.1.2–2.1.5, см. AR-AGA-001 глава 5.

Ветроуказатели (ветровые конусы)

2.1.6 Ветроуказатель должен располагаться таким образом, чтобы он был виден с самолетов, находящихся в воздухе или на рабочей площади аэродрома. Он может располагаться за пределами зон, указанных в пп. 1.3.3 и 1.3.4. Кроме того, место расположения указателя следует выбирать таким образом, чтобы на него не оказывали

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Рекомендации по Размещению	Глава/Стр.	2/2

воздействие возмущения воздуха, создаваемые близко расположенными объектами.

Курсовой радиомаяк ILS

2.1.7 Антенну курсового радиомаяка желательно располагать на продолжении осевой линии ВПП за дальним концом ВПП. При таком расположении курсовой сигнал излучается по осевой линии ВПП. При выборе месторасположения учитываются следующие факторы:

- а) требование к зоне действия,
- б) тип антенны курсового радиомаяка,
- в) препятствия или вертикальные отражающие поверхности в пределах требуемой зоны действия курсового радиомаяка,
- г) критерии пролета препятствий и ухода на второй круг
- д) расположение антенны контрольного устройства и
- е) технические аспекты расположения.

Антенная система глиссадного радиомаяка ILS

2.1.8 Боковое смещение антенной системы глиссадного радиомаяка ILS не должно составлять менее 120 м относительно осевой линии ВПП. Продольное расположение должно выбираться таким образом, чтобы опорная точка ILS располагалась как можно ближе к рекомендуемому номинальному значению высоты в 15 м над порогом ВПП. В целом при выборе месторасположения учитываются следующие факторы:

- а) желательные эксплуатационные пределы скоростей захода на посадку и снижения самолетов;
- б) местоположение препятствий в зоне конечного этапа захода на посадку, в секторе аэродрома и в зоне ухода на второй круг, а также обусловленные ими минимальные высоты пролета препятствий;
- в) располагаемая длина ВПП;
- г) расположение антенны контрольного устройства и
- д) технические аспекты расположения.

Примечание. Дополнительные указания по размещению, обсуждаемому в 2.1.7 и 2.1.8, см. в AR-ANS-007, том I, глава 3, и в дополнении С.

Азимутальное оборудование захода на посадку MLS

2.1.9 Предпочтительным местом расположения антенны азимутального оборудования захода на посадку (по аналогии с курсовым радиомаяком ILS) является продолжение осевой линии ВПП за дальним концом ВПП, а для антенны оборудования обратного азимута (если таковое предусмотрено) – продолжение осевой линии ВПП перед порогом ВПП. При выборе месторасположения учитываются следующие факторы:

- а) необходимость совместного размещения с существующей антенной системой курсового радиомаяка ILS;
- б) критерии пролета препятствий и ухода на второй круг
- в) аспекты многолучевых отражений,
- г) возможная проблема помех при размещении MLS в зоне огней приближения,
- д) расположение антенны контрольного устройства и
- е) технические аспекты расположения.

Угломестное оборудование захода на посадку MLS

2.1.10 Антенна угломестного оборудования захода на посадку (по аналогии с глиссадным радиомаяком ILS) должна располагаться со смещением относительно ВПП. Месторасположение выбирается таким образом, чтобы асимптота минимальной глиссады

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	2/3
	Рекомендации по Размещению		

пересекала порог ВПП в опорной точке MLS для захода на посадку. При выборе месторасположения учитываются следующие факторы:

- а) необходимость совместного размещения с существующей антенной глиссадного радиомаяка ILS
- б) критерии пролета препятствий и ухода на второй круг,
- в) аспекты многолучевых отражений,
- г) расположение антенны контрольного устройства и
- д) технические аспекты расположения.

2.1.11 В случае совместного размещения ILS/MLS антенна угломестного оборудования захода на посадку MLS должна располагаться перед глиссадным радиомаяком ILS и с большим (дальше от осевой линии ВПП) или меньшим (ближе к осевой линии ВПП) смещением, чем смещение антенны ILS.

***Примечание.** Дополнительные указания по размещению, обсуждаемому в 2.1.10 и 2.1.11, см. в AR-ANS-007, том I, глава 3, и в дополнении G.*

Анемометры

2.1.12 Учитывая как правило плоскую поверхность и открытое пространство большинства аэродромов, в целом поток приземного ветра на ВПП или над комплексом ВПП можно считать однородным. Наблюдения приземного ветра должны быть репрезентативными для условий на высоте 6–10 м над ВПП и это, как правило, означает, что высота мачты анемометра составляет 6–10 м. Следовательно, в обычных условиях анемометры можно располагать за пределами летной полосы, при этом они не должны выступать за переходную поверхность ограничения препятствий и располагаться на рулежных полосах. В тех случаях, когда необходимо анемометры располагать в пределах полосы для обеспечения репрезентативных наблюдений для посадочных и взлетных операций, маловероятно (хотя такая возможность полностью не исключается), что местные условия потребуют их установки ближе 60 м от осевой линии ВПП. Следовательно, на летных полосах, в т. ч. на ВПП, оборудованной для точного захода на посадку, и в местах, где местные условия требуют установки анемометра в пределах полосы, он не должен выступать за внутреннюю переходную поверхность и за границу зоны, свободной от препятствий. Следует рассмотреть возможность использования для мачт анемометров ломких опор огней приближения.

Облакомеры

2.1.13 Наблюдения за высотой нижней границы облаков, необходимые для обеспечения посадочных операций, должны быть репрезентативными для зоны захода на посадку, однако в случае использования ВПП, оборудованных для точного захода на посадку, они должны быть репрезентативными для месторасположения среднего маркерного радиомаяка систем посадки по приборам. Измерения высоты нижней границы облаков для ВПП, оборудованных для точного захода на посадку, должны выполняться автоматически с помощью облакомера, расположенного вблизи среднего маркерного радиомаяка. Если это по каким-либо причинам невозможно, облакомер следует располагать в пределах летной полосы, однако за исключением крайне сложных местных условий, он не должен выступать за границу зоны, свободной от препятствий. В тех случаях, когда облакомер используется на ВПП неточного захода на посадку или на необорудованных ВПП, репрезентативные наблюдения за высотой нижней границы облаков могут, как правило, осуществляться с помощью прибора, расположенного за пределами полосы. Высота облакомера редко превышает 1,5 м и он, как правило, состоит из передатчика и приемника.

Трансми́ссометры

2.1.14 Трансми́ссометры, как правило, включают в себя передатчик и приемник, установленные на мачтах высотой приблизительно 1,5–4,5 м, разнесенных вдоль опорной линии на 10–200 м. Для одной ВПП может потребоваться до трех комплектов оборудования. Трансми́ссометры следует располагать не дальше 120 м от осевой линии ВПП. Это означает,

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	2/4
	Рекомендации по Размещению		

что трансмиссомеры должны быть размещены в пределах летной полосы. Однако лишь в исключительных местных условиях может потребоваться их установка на расстоянии менее 60 м от осевой линии ВПП, и в этом случае они будут выступать за границу зоны, свободной от препятствий.

Ограждение

2.1.15 На аэродроме следует устанавливать ограду для предотвращения случайного или умышленного появления постороннего лица в зоне аэродрома, закрытой для доступа публики. Для предотвращения доступа на рабочую площадь крупных животных, представляющих опасность для воздушных судов, на аэродроме также следует устанавливать ограду. В целом ограду следует устанавливать как можно дальше от осевых линий ВПП и РД.

2.1.16 В ограждении должны быть предусмотрены ворота для обеспечения доступа транспортных средств на рабочую площадь и удобного доступа аварийно-спасательных и пожарных машин в зоны, расположенные за пределами границ аэропорта. Ворота, в особенности тяжелые, дистанционно управляемые ворота должны располагаться за пределами оперативных зон и как можно дальше от ВПП или продолжения ее осевой линии для сведения к минимуму конструктивных повреждений самолета в случае его столкновения с оградой или воротами. Кроме того, следует предусмотреть так называемые "аварийные выходы" для обеспечения доступа аварийноспасательных и противопожарных транспортных средств в районы, расположенные за пределами границ аэропорта.

Компоненты наземной подсистемы GBAS

2.1.17 Характеристики обслуживания, обеспечиваемого GBAS, улучшаются по мере уменьшения расстояния до оперативных зон аэропорта. При некоторых конфигурациях аэропортов может возникнуть необходимость в размещении ряда компонентов GBAS на летной полосе. В целом выбор позиции регламентируется следующими факторами:

а) местоположение антенны VDB GBAS выбирается с учетом соблюдения требований к минимальной и максимальной напряженности поля в пределах объема обслуживания, определенного для планируемых операций. Для наземной подсистемы GBAS, обеспечивающей заход на посадку в автоматическом режиме и взлет с наведением при использовании одной и той же ВПП в обоих направлениях, может возникнуть необходимость в установке антенны VDB в непосредственной близости от ВПП для выполнения требования относительно минимальной напряженности поля над поверхностью ВПП;

б) в значительной степени место установки антенн опорного приемника GBAS выбирается таким образом, чтобы обеспечить соответствующие характеристики контроля в части, касающейся ионосферного градиента. По крайней мере вблизи ВПП потребуются установить одну или несколько антенн опорного приемника GBAS. В аэропортах с конкретным рестриктивным ограничением может отсутствовать возможность применения такой установки за пределами границы летной полосы. По существу, для выполнения требований в отношении ионосферного мониторинга может возникнуть необходимость в установке антенн опорного приемника GBAS на летных полосах.

2.2 Рекомендуемое Расположение Элементов Оборудования

2.2.1 В тех случаях, когда спроектировать ломкую конструкцию оборудования не представляется возможным или, в противном случае, его эксплуатационные характеристики не будут соответствовать установленным требованиям, данный объект следует перенести в другое место или расположить таким образом, чтобы он не представлял опасности для воздушных судов.

2.2.2 В конструкции систем следует предусмотреть возможность такой компоновки элементов, чтобы свести к минимуму количество и/или массу препятствий в тех зонах, которые должны быть свободными от всех объектов за исключением ломкого оборудования и установок, необходимых для обеспечения аэронавигации (см. пп. 1.3.3 и 1.3.4).

2.2.3 Анализ соответствующих данных о происшествиях свидетельствует о том, что

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	2/5
	Рекомендации по Размещению		

большинство происшествий в зоне выкатывания имеет место в пределах 300 м от конца ВПП. Таким образом, все оборудование, расположенное в пределах этой зоны, должно обладать малой массой и быть ломким. По мере возможности все оборудование, расположенное на расстоянии, превышающем 300 м от конца ВПП, также должно обладать малой массой и быть ломким. Имеющиеся данные об авиационных происшествиях также свидетельствуют о том, что большинство происшествий имеет место в тех случаях, когда самолет останавливается в пределах спланированного участка летной полосы. Таким образом, все оборудование, расположенное в пределах этого участка полосы, должно обладать малой массой и быть ломким. По мере возможности все оборудование, расположенное в пределах неспланированного участка летной полосы, должно обладать малой массой и быть ломким.

2.2.4 В том случае, когда по своему функциональному назначению оборудование необходимо располагать в зоне, которая представляет опасность для воздушных судов, те элементы этого оборудования, которые могут быть вынесены за пределы опасной зоны, следует расположить в другом месте.

2.2.5 При необходимости совместного расположения элементов оборудования их следует по возможности размещать ниже поверхности земли.

2.2.6 Из-за тяжелой массы корпус передатчиков установок ILS не может быть сконструирован ломким. Поэтому при планировании установки ILS особое внимание следует уделить расположению передатчиков курсового и глиссадного радиомаяков. Передатчик курсового радиомаяка ILS ни в коем случае нельзя располагать в пределах концевой зоны безопасности ВПП (или в пределах 300 м от торца ВПП). По мере возможности передатчик глиссадного радиомаяка ILS должен располагаться за пределами летной полосы. В любом случае боковое смещение передатчика глиссадного радиомаяка ILS должно составлять не менее 120 м от осевой линии ВПП.

2.2.7 Установки MLS, включая существующие в настоящее время азимутальные и угломестные антенны, являются тяжелыми и не могут иметь ломкую конструкцию. В этой связи эти установки следует располагать таким образом, чтобы они представляли минимальную опасность для воздушных судов. Азимутальную антенну MLS следует располагать как можно дальше от торца ВПП и в любом случае не ближе, чем 300 м. Угломестную антенну MLS следует по мере возможности располагать за пределами летной полосы.

2.2.8 Нынешние конструкции, расположенные в пределах 300 м от торца ВПП и не отвечающие требованию ломкости, как например, существующая неломкая антенная система курсового радиомаяка ILS, следует заменить ломкой конструкцией или разместить далее 300 м от торца ВПП. Аналогичным образом конструкции, расположенные в пределах спланированного участка летной полосы и не отвечающие требованию ломкости, как например, существующая неломкая антенна глиссадного радиомаяка ILS, следует заменить ломкой конструкцией, если это возможно, и расположить в пределах неспланированного участка летной полосы. В этой связи следует иметь в виду, что в целом боковое смещение антенной системы глиссадного радиомаяка ILS должно составлять не менее 120 м относительно осевой линии ВПП (см. п. 2.1.8).

2.2.9 Учитывая значительную массу, корпуса блоков обработки данных и передатчика GBAS не могут быть выполнены ломкими. В этой связи при планировании установки наземной подсистемы GBAS необходимо тщательно рассмотреть вопрос о размещении корпусов блоков обработки данных и передатчика GBAS

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Рекомендации по Размещению	Глава/Стр.	2/6

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	3/1
	Общие Конструкционные Соображения		

3 ОБЩИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1 Эксплуатационные Требования

3.1.1 Как правило, ломкая опора отклоняется под нагрузкой от воздействия факторов окружающей среды. Однако важно, чтобы такое отклонение опоры не влияло на качество сигнала средства, установленного на этой опоре. С этой целью в пп. 3.1.2–3.1.10 приводятся допустимые пределы отклонения, т. е. допуски на отклонение средств, установленных на высоких столбах или опорах.

Системы огней приближения

3.1.2 В том случае, если опора подвергается воздействию расчетной нагрузки, обусловленной влиянием окружающей среды, ее отклонение должно быть таким, чтобы отклонение луча огня не превышало $\pm 2^\circ$ по вертикали и $\pm 5^\circ$ по горизонтали.

Ветроуказатели

3.1.3 Для данного средства нет необходимости устанавливать допуски на отклонение.

Курсовой радиомаяк ILS

3.1.4 При определении допусков на отклонение опоры следует учитывать установленные пределы контроля системы для каждой категории установки.

Глиссадный радиомаяк ILS

3.1.5 При определении допусков на отклонение опоры следует учитывать установленные пределы контроля системы для каждой категории установки.

Азимутальное оборудование захода на посадку MLS

3.1.6 При определении допусков на отклонение для данного оборудования следует учитывать рекомендуемые эксплуатационные допуски на точность луча.

Угломестное оборудование захода на посадку MLS

3.1.7 При определении допусков на отклонение для данного оборудования следует учитывать рекомендуемые эксплуатационные допуски на точность луча.

Примечание. Дополнительные указания по допускам на прогиб, рассмотренные в 3.1.4–3.1.7, см. в AR-ANS-007, том I.

Анемометры

3.1.8 Данное оборудование включает в себя датчик скорости и датчик направления ветра, которые обычно устанавливаются на одной мачте. Отклонения мачты в вертикальной плоскости должны быть минимальными для обеспечения того, чтобы датчики всегда находились в уравновешенном состоянии. Для датчика скорости ветра (или вертушки) это необходимо для того, чтобы не изменялась его инерционность, а для датчика направления ветра (флюгера) – чтобы он не оказывался в нулевом положении, а находился в одном уравновешенном положении относительно каждого направления ветра.

Облакомер

3.1.9 Устойчивость опоры должна быть достаточной для обеспечения точности измерения, однако меньшей, чем у трансмиссометров.

Трансмиссометры

3.1.10 Для обеспечения измерений требуется точная ориентация передатчика и приемника. В связи с этим для обеспечения точности измерения опора должна быть достаточно устойчивой с минимальным допустимым отклонением при нагрузке от воздействия факторов окружающей среды.

Ограждение

3.1.11 Ограда и ворота должны быть достаточно устойчивыми и не ломкими, с тем чтобы они

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	3/2
	Общие Конструкционные Соображения		

могли выполнять свое предназначение. Однако ограда должна иметь сегментную конструкцию, с тем чтобы самолет, в случае столкновения с оградой, вырубал в ней "окно".

3.1.12 Несмотря на вышеизложенное, легкая ломкая ограда должна устанавливаться между ломкими опорами огней приближения или для защиты критических и чувствительных зон ILS от незаконного вмешательства.

Антенны VDB и опорного приемника GBAS

3.1.13 При определении допусков на отклонение для антенн VDB и опорного приемника GBAS необходимо учитывать пределы, установленные для контрольного устройства соответствующей наземной подсистемы каждого типа установки и средства обеспечения захода на посадку

3.2 Окружающие Эксплуатационные Условия

3.2.1 Несмотря на требования о том, что объект должен иметь ломкую конструкцию для сведения к минимуму опасности для воздушных судов в случае столкновения, тем не менее он должен выдерживать воздействие окружающих условий, в которых он может обычно эксплуатироваться. Ниже определяется ряд условий, которые должны учитываться проектировщиком. Информация об особенных и других условиях содержится в соответствующих документах полномочных органов.

Ветровая нагрузка

3.2.2 Объект должен быть достаточно устойчивым и прочным, с тем чтобы отвечать требованиям обычной эксплуатации при установленном уровне скорости ветра (например, 140 км/ч (75 уз) при толщине ледового покрытия 12,5 мм). Кроме того, объект должен выдерживать более высокий уровень скорости ветра (например, 210 км/ч (113 уз)). При проектировании определение ветровой нагрузки должно основываться на исторических данных (например, 50-летний средний период повторяемости).

Реактивная струя

3.2.3 Нагрузка от струи реактивного двигателя не должна приводить к разрушению или необратимой деформации объекта. Для расчета нагрузки следует использовать контуры истечения выхлопных газов проектируемого воздушного судна. Фактическая нагрузка зависит от расстояния и ориентации объекта относительно данного воздушного судна.

Вибрация

3.2.4 Элементы конструкции, которые служат опорой для объекта, должны быть спроектированы таким образом, чтобы ни один узел или сочетание узлов, не вибрировали с резонансной частотой или близкой к ней частотой, обусловленной аэродинамической реакцией на воздействие сил ветра, реактивной струи, землетрясения и т. д.

3.3 Требования Ломкости

3.3.1 Оборудование и его поддерживающие опоры, расположенные в зонах, указанных в п. 1.3, должны быть ломкими для обеспечения того, чтобы они под воздействием случайного удара воздушным судном, ломались, изменяли форму или пружинили. Выбираемые конструктивные материалы должны полностью исключать возможность зацепления элементов конструкции, включая электрические провода и т. д., за корпус ударяющего воздушного судна или за любую его часть.

3.3.2 Ломкая опора должна быть спроектирована таким образом, чтобы выдерживать статические и эксплуатационные ветровые нагрузки или воздействие реактивной струи с учетом соответствующего коэффициента безопасности и легко разрушаться, изменять форму или спружинивать от внезапного удара 3000-кг воздушного судна, находящегося в воздухе и движущегося со скоростью 140 км/ч (75 уз) или движущегося на земле со скоростью 50 км/ч (27 уз).

3.3.3 Характеристики ломкости конструкции должны быть подтверждены натурными испытаниями, компьютерными оценками или расчетами, основанными на сравнении с

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Общие Конструкционные Соображения	Глава/Стр.	3/3

аналогичными уже утвержденными конструкциями, возможно, дополненными результатами испытаний отдельных компонентов.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Общие Конструкционные Соображения	Глава/Стр.	3/4

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/1
	Проектирование Ломких Конструкций		

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОМКИХ КОНСТРУКЦИЙ

4.1 Принципы Проектирования

4.1.1 Оборудование и его опоры, устанавливаемые вблизи ВПП и РД, должны иметь ломкую конструкцию, с тем чтобы свести к минимуму опасность для воздушных судов при случайном столкновении с ними с любого направления, либо при нахождении в воздухе, либо при маневрировании на земле. Соударение может повлиять на безопасность полетов следующим образом:

- а) воздушное судно может потерять количество движения;
- б) воздушное судно может изменить направление движения и
- с) воздушное судно может получить повреждения конструкции.

4.1.2 Потеря количества движения математически определяется интегралом силы за время. Это означает, что величина ударной нагрузки и ее продолжительность должны быть по возможности минимальными.

4.1.3 Повреждение конструкции воздушного судна зависит от количества энергии, которое ему требуется для того, чтобы сместить препятствие или его часть и, следовательно, должно быть ограниченным. Эту энергию можно разложить на следующие компоненты:

- а) энергия, необходимая для приведения в действие распадающихся или разрушающихся механизмов;
- б) энергия, необходимая для неупругой и/или упругой деформации препятствия или его части и
- с) энергия, необходимая для ускорения перемещения препятствия или его части до достижения, по крайней мере, скорости воздушного судна.

4.1.4 Энергия, необходимая для приведения в действие распадающихся или разрушающихся механизмов зависит от эффективности их конструкции и количества задействованных механизмов. Энергия, поглощаемая при неупругой или упругой деформации конструкции находится в прямой зависимости от выбранного материала: количество энергии будет выше при использовании вязких материалов с высоким пределом текучести. Энергия (кинетическая), необходимая для ускорения перемещения препятствия или его части, зависит от скорости воздушного судна, которая не является конструктивной переменной, и от массы, подлежащей ускорению. Поэтому массу следует ограничивать, например за счет использования материалов с малой массой и/или ограничения объема частей конструкции, подлежащих ускорению, что может быть достигнуто посредством включения в конструкцию соответствующим образом установленных распадающихся или разрушающихся механизмов.

4.1.5 Повреждение конструкции воздушного судна также зависит от площади соударения воздушного судна с препятствием, через которую передается энергия. Чем больше площадь соударения с препятствием, тем меньше повреждение конструкции воздушного судна. Это имеет значение для определения геометрических параметров препятствия.

4.2 Режим Разрушения

4.2.1 Для выполнения требований ломкости могут применяться различные разрушающиеся механизмы. Например, сооружения могут иметь модульную конструкцию, в которой при соударении "открывается окно" для прохождения воздушного судна, или монолитную конструкцию, которая при соударении не разрушается, а полностью опрокидывается воздушным судном.

4.2.2 При модульной конструкции сооружение должно включать распадающиеся или разрушающиеся механизмы, которые в отдельности или все вместе требуют лишь минимального количества энергии для приведения в действие. Этот принцип позволяет сталкивающемуся воздушному судну сдвигать с места минимальную массу. В этом случае

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/2
	Проектирование Ломких Конструкций		

легче спрогнозировать последовательность событий, поскольку конструкция подвергается хрупкому разрушению, распадаясь на части даже при небольших отклонениях. Это также сводит к минимуму вероятность эффекта зацепления. Однако в этом случае отделившиеся фрагменты конструкции могут соудариться с другими частями воздушного судна, проходящими место соударения немного позднее.

4.2.3 В случае монолитной конструкции ломкость должна гарантироваться полным разрушением сооружения, что достигается в результате беспорядочного разрушения элементов конструкции, а не разрушения установленных распадающихся или разрушающихся механизмов. Это означает, что в конечном итоге удару будет подвергаться вся конструкция, в результате чего для того, чтобы сдвинуть конструкцию с места потребуется относительно большая кинетическая энергия. Таким образом данный тип механизма разрушения представляется приемлемым только для легких конструкций, т. е. предназначенных для оборудования малой массы. Кроме того, вследствие монолитности конструкции довольно трудно спрогнозировать последовательность событий, при этом в качестве дополнительной опасности следует учитывать эффект зацепления за элементы воздушного судна.

4.3 Ударная Нагрузка

4.3.1 Ударная нагрузка представляет собой быстро изменяющуюся динамическую нагрузку малой продолжительности. Обычно время приложения нагрузки и противодействия составляет миллисекунды. Ударная нагрузка влияет на характеристики ломкости двумя способами. Во-первых, максимальная ударная нагрузка может отрицательно сказаться на конструктивной целостности воздушного судна. Во-вторых, интеграл ударной нагрузки за время воздействия удара обуславливает изменение количества (включая направление) движения воздушного судна.

4.4 Передача Энергии

4.4.1 Во время удара энергия передается от воздушного судна препятствию. Поскольку повреждение воздушного судна пропорционально передаваемой энергии, она должна быть ограниченной. Требуемая энергия рассчитывается следующим образом:

- энергия, необходимая для разрушения распадающегося механизма, определяется в лабораторных условиях на образце, выполненном в масштабе; это количество энергии следует умножить на количество механизмов, подлежащих разрушению;
- энергия, необходимая для неупругой и/или упругой деформации, рассчитывается или определяется проведением простых испытаний; эта энергия зачастую является незначительной, когда в модульной конструкции применяются неэластичные и непрочные материалы и
- кинетическая энергия, необходимая для ускорения движения отдельных элементов или всего сооружения в случае монолитной конструкции, рассчитывается с учетом известной массы и репрезентативной скорости воздушного судна.

4.4.2 Расчеты должны выполняться для всех различных сценариев соударения воздушного судна с конструкцией.

4.5 Концепции Ломкости

Общие положения

4.5.1 В ломкой конструкции должны быть реализованы такие технические решения, как элементы малой массы, неэластичные и низкопрочные элементы и сочленения и/или соответствующие распадающиеся механизмы. Существуют различные конструктивные решения, каждому из которых свойственны определенные преимущества и недостатки. Для обеспечения ломкости конструкций в них может быть реализовано одно или несколько решений.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/1
	Проектирование Ломких Конструкций		

Ломкие соединения

4.5.2 В конструкции ломкого соединения принцип ломкости заложен в самом соединении, которое несет нагрузку конструкции и разрушается при ударе. Элемент конструкции рассчитан не на разрушение, а на передачу ударной силы в соединение. Неэластичный легкий элемент обеспечивает эффективную передачу нагрузки в соединение и сводит к минимуму количество энергии, поглощаемой в результате изгиба и ускорения движения массы. Соединение должно разрушаться при низких уровнях энергии, определяемых в ходе испытаний на ударную нагрузку. К таким ломким соединениям относятся болты с узкой шейкой или срезающиеся болты, болты из специальных материалов или сплавов, заклепки с потайной головкой или прорывающие крепежные детали, а также усилительные накладки с отрываемыми фрагментами. Некоторые из них описываются ниже:

- а) Срезающиеся болты. Разрушение соединения этого типа происходит благодаря концентратору напряжения, обеспечиваемому посредством удаления материала с тела болта. Один из методов достижения этого заключается в проточке канавки для уменьшения диаметра болта или плоских срезов по обеим сторонам болта, тем самым ослабляя его в конкретном направлении. Посредством просверливания отверстия по диаметру болта в точке вне плоскости среза сохраняется прочность на срез и снижается прочность на растяжение. Срезающиеся болты следует устанавливать с осторожностью, с тем чтобы не повредить их или не подвергнуть чрезмерному напряжению при затягивании. Проблема с использованием срезающихся болтов заключается в том, что концентратор напряжения может сократить усталостный ресурс болта или прогрессировать под воздействием эксплуатационных нагрузок, в результате чего болт может преждевременно разрушиться. Срезающиеся болты с проточенными канавками имеются на рынке. На рис. 4-1 приведен пример применения таких срезающихся болтов.
- б) Болты из специальных материалов. Использование крепежных деталей, изготовленных из специальных материалов, исключает необходимость сложной машинной обработки или трудоемкого изготовления, при этом базовые заготовки изготавливаются по обычной экономичной технологии. Крепежные детали подбираются по величине расчетных нагрузок, однако изготавливаются из материалов с низкой ударопрочностью. Такие материалы, как сталь, алюминий и пластмасса должны выбираться с учетом прочности и минимального удлинения до разрушения. Рекомендуются алюминиевые болты марки ANSI 2024-T4, поскольку они такие же прочные, как болты из нержавеющей стали, однако максимальный коэффициент удлинения у них составляет лишь 10% по сравнению с 50% у болтов из нержавеющей стали. Пластмассовые болты могут иметь низкие коэффициенты удлинения, однако их прочность должна определяться посредством проведения испытаний. Поскольку ломкость зависит от выбранного материала, чрезвычайно важно приобретать крепежные детали с гарантированными физическими характеристиками.
- в) Прорывающие крепежные детали. Могут использоваться крепежные детали, например заклепки с потайной головкой, которые выдерживают нагрузки на срез, но прорывают базовый материал, если ударная сила создает нагрузку на растяжение. Отверстие в базовом материале высверливается очень точно и таким образом, чтобы оно захватывало минимальную площадь под головкой крепежной детали. Скос потайной головки также способствует прорыву. При изготовлении этих изделий требуется особая технология и тщательный контроль качества.
- г) Отрываемые фрагменты. Соединяющие усилительные накладки могут быть спроектированы с надрезами, благодаря которым они будут вырываться вместе с

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/2
	Проектирование Ломких Конструкций		

элементом конструкции. При таком соединении крепежная деталь не ломается, а используется для отрыва фрагмента усилительной накладки. При проектировании основное внимание следует уделять усталостному ресурсу и качеству изготовления.



Рисунок 4-1. Болт предохранителя

Ломкие элементы

4.5.3 При такой конструкции должен разрушаться структурный элемент, а не соединительная деталь. Элемент конструкции должен разделяться на секции по всей своей длине, тем самым сводя к минимуму ускорение массы и снижая вероятность эффекта зацепления. Предпочтительно вместо металлов использовать такие хрупкие материалы, как пластмасса, стеклопластик или другие неметаллические материалы. Основное преимущество ломких элементов заключается в том, что ударные силы не переносятся на соединение для того, чтобы разрушить секцию. Это означает, что энергия не поглощается изгибом элемента конструкции, как это имеет место при ломком соединении. Недостаток заключается в том, что специальные неметаллические материалы требуют масштабных испытаний для установления их характеристик, подлежащих использованию при анализе упругой деформации конструкции. Результаты этого анализа должны также быть подтверждены натурными испытаниями конструкции на нагрузку. Неметаллы должны также содержать ингибиторы растрескивания под воздействием ультрафиолетового излучения.

4.5.4 Пластмассовые профили или стеклопластиковые детали имеют угловую или трубчатую форму. Кроме того, в конструкциях элементов могут быть специально предусмотрены точки излома. Это обеспечивается посредством склеивания одного материала с другим в определенных точках по всей длине элемента. Таким образом

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/3
	Проектирование Ломких Конструкций		

поверхность склеивания становится точкой излома элемента.

Ломкий механизм

4.5.5 Ломкость может быть обеспечена в поддерживающей конструкции с помощью механизма, который смещается, разрушается или изгибается под воздействием удара, тем самым нарушая конструктивную целостность опоры. Ломкий механизм может быть спроектирован таким образом, чтобы выдерживать большие ветровые нагрузки, оставаясь при этом очень чувствительным к ударным нагрузкам. Ломкие механизмы, как правило, имеют направленную прочность, т. е. они выдерживают очень большую нагрузку на растяжение и изгиб, но очень малую нагрузку на срез.

4.5.6 Используемые в качестве ломких механизмов фрикционные соединения могут придавать высокую прочность трущейся поверхности, однако смещаются, когда сила прилагается параллельно трущейся поверхности. В опорах ударные силы, как правило, прилагаются в горизонтальной плоскости. Фрикционные соединения должны проектироваться таким образом, чтобы плоскость смещения была горизонтальной, а полное разрушение имело место при ударе в любом направлении в этой плоскости. Это достигается посредством использования соединений фланцевого типа на концах опорных стоек или скользящих трубок, которые распадаются при ударе.

4.5.7 В качестве ломких механизмов могут также использоваться поворотные опорные элементы. Они предусматриваются в конструкции для обеспечения стабильности, однако в случае поломки от удара конструкция становится неустойчивой и может разрушиться. Однако при использовании такой конструкции может потребоваться перемещение большого количества массы для того, чтобы конструкция разрушилась.

4.5.8 Любая конструкция с использованием ломких механизмов должна гарантировать отсутствие скольжения или изменения формы под воздействием циклической нагрузки. Например, в конструкции с использованием скользящих трубок вихревой след от реактивной струи или ветра может расшатать трубку или вырвать ее из другой трубки.

4.6 Распадающиеся или Разрушающиеся Механизмы

4.6.1 Размещение распадающихся или разрушающихся механизмов должно быть таким, чтобы конструкция распадалась на элементы предсказуемой массы и размера, которые в случае вторичного воздействия не представляли большую опасность, чем будучи частью неповрежденной конструкции. Желательно, чтобы распадающиеся или разрушающиеся механизмы не зависели от прочности, необходимой для выдерживания ветровых, ледовых и других нагрузок, обусловленных окружающей средой. Кроме того, механизм не должен быть подвержен преждевременному усталостному разрушению.

4.7 Выбор Материала

4.7.1 Материалы и конфигурация ломких конструкций должны быть приемлемыми для намеченного использования и максимально легкими. Конструкции могут быть изготовлены из металла или неметаллических материалов, на которые не оказывают отрицательного влияния окружающие условия. Выбранный с учетом требований ломкости материал должен быть прочным, легким и иметь низкий коэффициент сопротивления удару. Минимальный вес является важнейшим фактором для того, чтобы требовалось минимальное количество энергии для ускорения массы до скорости ударяющего воздушного судна. В целом коэффициент сопротивления удару определяется как способность материала противостоять разрушению под воздействием динамических нагрузок. Коэффициент сопротивления удару представляет собой суммарное количество энергии на объем, которое материал будет поглощать, и определяется зоной под кривой "напряжение – деформация" вплоть до разрушения. В таблице 4-1 перечислены некоторые общие характеристики металлических материалов.

4.7.2 Самой экономичной конструкцией является та, которая создана с использованием стандартных, имеющихся на рынке материалов. Для обеспечения наилучших показателей ломкости могут быть специально разработаны неметаллические материалы, однако проанализировать их прочностные свойства может оказаться сложной задачей, учитывая

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/4
	Проектирование Ломких Конструкций		

изменчивость коэффициентов упругости или изотропности материала. Все материалы должны выдерживать или подвергаться защите от воздействия внешних факторов, включая погоду, солнечное излучение, колебания температуры и т. д., типичных для окружающей среды.

Таблица 4-1. Свойства металлических дизайнерских материалов					
Материал	Плотность (кг/м ³)	Напряжение текучести (МПа)	Предел напряжение (МПа)	Предельное удлинение (мм/мм)	Коэффициент вязкости (МПа)
Низкоуглеродистая сталь	7 850	240	413	0.35	114
Чугун	7 190	41	138	0.05	4.5
Алюминий ANSI 6061-T6	2 710	276	310	0.12	35
Алюминий ANSI 2024-T4	2 710	275	275	0.10	35

4.8 Электротехнические Элементы

4.8.1 Конструкция электротехнического оборудования или элементов и их опор должна быть ломкой, но не препятствовала выполнению ими своих функций. Рекомендуется, чтобы электротехническое оборудование и т. д. размещалось по мере возможности ниже уровня земли.

4.8.2 При проектировании ломких конструкций следует учитывать прочность электрических проводников и пожароопасность, создаваемую искрением, в случае разрыва проводника. Рекомендуется такая конструкция проводников, чтобы они не разрушались, а размыкались в определенных точках в пределах ломкой части конструкции. Это достигается посредством установки проводников, которым требуется меньшая сила растяжения для разделения, чем для разрушения проводника. Кроме того, проводники должны быть защищены прерывателем, соответствующим напряжению, с тем чтобы воспрепятствовать возможному искрению при размыкании. Такие обрывные соединители имеются на рынке.

4.9 Критерии Проектирования Ломких Конструкций

Наземные посадочные огни ВПП и рулежные огни

4.9.1 Ветер. Арматура огней может подвергаться воздействию максимальных ветровых нагрузок и/или реактивной струи. Аэродромы должны обеспечивать, чтобы наземные огни ВПП и РД выдерживали скорости реактивной струи двигателей воздушных судов, которые предполагается эксплуатировать. Типичные скорости ветра составляют 480 км/ч (260 уз) для всех огней высокой и средней интенсивности и 240 км/ч (130 уз) – для любой другой наземной арматуры (огни низкой интенсивности)

4.9.2 Пластично-деформирующееся устройство. Арматура наземного огня должна иметь критическую точку текучести вблизи места крепления огня к опорной плите или монтажной стойке. Критическая точка текучести должна располагаться на высоте не более 38 мм над уровнем земли, при этом конструкция должна начать прогибаться до повреждения любой другой части арматуры. Арматура в критической точке текучести должна выдерживать изгибающий момент в 204 Дж без разрушения, однако должна полностью отделяться от монтажного основания до того, как изгибающий момент достигнет 678 Дж. Однако определенная арматура может изгибаться, а не отделяться. В этом случае изгиб арматуры не должен составлять более 25 мм от вертикали при установленной ветровой нагрузке. Неметаллические пластично-деформирующиеся устройства должны демонстрировать установленные характеристики в диапазоне расчетных температур, а также соответствующие возможности опрокидывания закрепленной арматуры на землю.

Знаки управления рулением

Примечание: Указания по рулению включают знаки с обязательными инструкциями, такие как знаки с обозначением ВПП, знаки мест ожидания категорий I, II и III, знаки мест ожидания у ВПП,

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/5
	Проектирование Ломких Конструкций		

знаки мест ожидания на дороге и знаки запрета въезда, а также информационные знаки, такие как указатели направления, знаки, знаки местоположения, знаки выезда с ВПП, знаки освобождения ВПП и знаки взлета с пересечения.

4.9.3 Требования окружающей среды. Знаки, включая все их требуемые элементы, должны быть рассчитаны на непрерывную эксплуатацию в следующих внешних условиях:

- Температура. Диапазон температур окружающего воздуха от -20°C до $+55^{\circ}\text{C}$ или от -55°C до $+55^{\circ}\text{C}$.
- Ветер. Воздействие ветра и/или реактивной струи со скоростью до 480 км/ч (260 уз). В зависимости от предполагаемого месторасположения знака и использования аэропорта допустимы пониженные требования к скорости, например 322 км/ч (174 уз) или 240 км/ч (130 уз). Скорости реактивной струи варьируются в зависимости от тяги, используемой для взлета, руления или страгивания с места.
- Дождь. Воздействие проливного дождя.
- Снег и лед. Воздействие соответственно снега и обледенения.
- Соль. Воздействие соленасыщенной атмосферы.
- Влажность. Воздействие относительной влажности от 5 до 95%.

4.9.4 Конструкция знаков. Знаки должны выполняться из легких цветных металлов и устанавливаться на бетонной подушке или стойках. Для целей ломкости все необходимые крепежные или поддерживающие детали должны рассматриваться в качестве части конструкции знака.

4.9.5 Ломкость. Знаки должны быть ломкими. Общая масса знака, включая крепежные детали, должна составлять не более 24,5 кг/м длины, а общая длина знака не должна превышать 3 м. В том случае, если вся информация не помещается на трехметровом знаке, следует предусмотреть установку рядом двух отдельных знаков. Знаки, располагаемые вблизи ВПП и РД, должны устанавливаться достаточно низко, чтобы обеспечить клиренс для винтов и гондол двигателей реактивных воздушных судов.

4.9.6 Монтажные стойки. Монтажные стойки каждого знака должны иметь точки ломкости, расположенные на высоте 55 мм или меньше над бетонной подушкой или опорой. Стойки в точках ломкости должны выдерживать установленную ветровую нагрузку в результате воздействия реактивной струи, однако ломаться прежде, чем прилагаемая статическая нагрузка достигает установленного значения (см. п. 3.2.3). Для установленной ветровой нагрузки в 322 км/ч (174 уз) разрушение должно иметь место до того, как прилагаемая статическая нагрузка достигнет значения в 8,96 кПа.

4.9.7 Панели с условными обозначениями. Панели с условными обозначениями и их опоры должны выдерживать как минимум давление, при котором происходит разрушение в точках ломкости.

4.9.8 Распадающийся механизм. Каждый распадающийся механизм должен иметь нестираемую маркировку с указанием как минимум наименования изготовителя (которое может быть сокращенным) и размера знака, для которого данный механизм предназначен.

PAPI/APAPI и T-VASIS/AT-VASIS

4.9.9 Ветер. PAPI/APAPI (упрощенный PAPI) и T-VASIS/AT-VASIS (упрощенная T-VASIS) могут подвергаться воздействию больших ветровых нагрузок и/или реактивной струи. Аэродромы должны обеспечивать, чтобы эти системы могли выдерживать скорости реактивной струи воздушных судов, которые предполагается эксплуатировать. Как правило, скорость ветра составляет 480 км/ч (260 уз) для аэродромов, используемых воздушными судами с высокой скоростью реактивной струи, и 240 км/ч (130 уз) – для других аэродромов.

4.9.10 Положения, касающиеся установки. Глиссадные огни должны устанавливаться как можно ниже и быть ломкими. Кроме того, они должны иметь минимум три монтажные стойки, которые должны быть регулируемы для обеспечения нивелирования. Опоры должны

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/6
	Проектирование Ломких Конструкций		

включать в себя крепежные и регулировочные детали, при необходимости распадающийся механизм, а также фланцы для установки на бетонной подушке. Регулировочные детали должны быть спроектированы для предотвращения любого смещения оптической системы вследствие вибрации. Могут быть предложены и другие монтажные системы, если обеспечивается эквивалентная жесткость, ломкость и регулируемость.

Системы огней приближения

4.9.11 Как определено в главе 5 AR-AGA-001, надземные огни приближения и их поддерживающие опоры должны быть ломкими, за исключением того, что в той части системы огней приближения за пределами 300 м от порога ВПП:

- а) где высота поддерживающей опоры превышает 12 м, требования в отношении ломкости должны применяться только к верхней 12-метровой части, и
- б) где поддерживающая опора находится в окружении неломких объектов, только та часть опоры, которая возвышается над окружающими объектами, должна быть ломкой.

4.9.12 Имеющиеся на рынке ломкие опоры показаны на рис. 4-2–4-5. Опоры огней приближения жесткой конструкции, заменяемые новыми ломкими конструкциями, показаны на рис. 4-6, а стеклопластиковый трубчатый столб на жесткой конструкции показан на рис. 4-7.

4.9.13 На рис. 4-8 приведен пример опор огней приближения, высота которых превышает 12 м.

Опоры

4.9.14 Ветер. Опоры должны быть спроектированы в соответствии с национальными стандартами с таким расчетом, чтобы выдерживать ветровую и ледовую нагрузку, типичную для местных условий, при их установке со смонтированным всем светосигнальным оборудованием. Опора не должна иметь какую-либо постоянную деформацию в результате воздействия ветровой нагрузки.

4.9.15 Расчетное ветровое давление может быть определено по следующей формуле::

$$P = 0,0000475 \cdot V^2$$

где P = давление в кПа; и

V = скорость ветра в км/ч.

Расчетное ветровое давление не зависит от формы опоры. Расчетные уровни ветрового давления для скоростей ветра и/или реактивной струи 480 км/ч (260 уз), 322 км/ч (174 уз) и 240 км/ч (130 уз) составляют соответственно 11,52 кПа, 5,12 кПа и 2,88 кПа.

4.9.16 Суммарная ветровая нагрузка на опору должна быть соответствующим образом скорректирована на форму опоры, используя аэродинамический коэффициент.

4.9.17 Реактивная струя. Типичное расположение надземных огней приближения и их опор является таким, что нагрузки, создаваемые реактивной струей, не будут превышать нагрузок, обусловленных факторами окружающей среды. Аэродромы должны оценить конкретные местные потребности в светосигнальных средствах, на которые может воздействовать реактивная струя.

4.9.18 Отклонение. Отклонение луча огня должно составлять не более $\pm 2^\circ$ по вертикали и не более $\pm 5^\circ$ по горизонтали в том случае, когда опора подвергается воздействию ветра со скоростью 100 км/ч (54 уз) и все ее поверхности покрыты льдом толщиной 12,5 мм.

4.9.19 Ломкая конструкция любой опоры огней приближения должна выдерживать

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/7
	Проектирование Ломких Конструкций		

статические и эксплуатационно-экстремальные ветровые нагрузки с учетом соответствующего коэффициента безопасности и легко разрушаться, изменять форму или спружинивать от внезапного удара 3000-кг воздушного судна, находящегося в воздухе и движущегося в любом направлении со скоростью 140 км/ч (75 уз). Опора должна разрушаться, изменять форму или спружинивать без приложения максимальной силы или энергии в соответствии с требованиями настоящего пункта, а также пп. 4.9.20–4.9.23. После удара опора не должна зацепляться за воздушное судно и тем самым мешать воздушному судну безопасно выполнять маневрирование как в воздухе, так и на земле. Для целей ломкости огни приближения и соответствующие электрические провода, поддерживаемые опорой, считаются частью опоры.



Рисунок 4-2. Опоры огней приближения – стеклопластиковые решетчатые конструкции



Рисунок 4-3. Опоры огней приближения – стеклопластиковые трубчатые столбы

4.9.20 Опора не должна воздействовать на воздушное судно с силой, превышающей 45 кН. Максимальная энергия, сообщаемая воздушному судну в результате удара, не должна превышать 55 кДж за период контакта воздушного судна с опорой. Для обеспечения дальнейшего движения воздушного судна разрушение опоры должно быть одним из следующих:

- а) излом;
- б) образование окна или
- с) изгибание.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/9
	Проектирование Ломких Конструкций		

4.9.21 Подвергнувшаяся удару опора должна освободить путь воздушному судну таким образом, чтобы оно могло успешно выполнить посадку, взлет или уход на второй круг.

4.9.22 Все отдельные элементы опоры, образовавшиеся после удара, должны по возможности иметь небольшую массу, с тем чтобы свести к минимуму любую опасность для воздушного судна.

4.9.23 Для определения ломкости системы осветительная арматура и поддерживающая опора должны рассматриваться как единое целое. Что касается электрических кабелей, то проектировщик должен предусмотреть точки размыкания, с тем чтобы не препятствовать их разделению на части, если такой режим разрушения запланирован.



Рисунок 4-4. Опоры огней приближения – алюминиевые решетчатые конструкции

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/10
	Проектирование Ломких Конструкций		



Рисунок 4-5. Опора огня приближения крупным планом – алюминиевая решетчатая конструкция



**Руководство по Проектированию Аэродромов
Часть 6 Ломкость**

Проектирование Ломких Конструкций

Код №

GM-AGA-006

Глава/Стр.

4/11



Рисунок 4-6. Установка огней приближения жесткой конструкции (слева), заменяемая новыми ломкими конструкциями (справа)

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/12
	Проектирование Ломких Конструкций		



Рисунок 4-7. Стеклопластиковый трубчатый столб на жесткой опоре

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/13
	Проектирование Ломких Конструкций		



Рисунок 4-8. Стеклопластиковые опоры огней приближения на жестких поддерживающих конструкциях

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/14
	Проектирование Ломких Конструкций		

Установки ILS/MLS/GBAS и другие невизуальные средства

4.9.24 Ветер. Конструкции невизуальных средств и их поддерживающих опор должны выдерживать типичную для местных условий ветровую и ледовую нагрузку в соответствии с национальными стандартами. Опоры не должны подвергаться какой-либо постоянной деформации в результате воздействия ветровой нагрузки.

4.9.25 Реактивная струя. Невизуальные средства, например оборудование ILS и MLS (300 м за торцом ВПП или боковое смещение 120 м относительно осевой линии ВПП), размещаются обычно таким образом, чтобы нагрузки, создаваемые реактивной струей, не превышали нагрузок, создаваемых факторами окружающей среды. Если условия таковы, что оборудование должно быть размещено ближе к ВПП, то следует оценить влияние воздействия реактивной струи.

4.9.26 6 Отклонение. Допуски на отклонение для установок ILS и MLS должны соответствовать применяемым пределам контроля системы каждой категории. Допуски на отклонение для установок GBAS должны будут соответствовать пределам, установленным для контрольного устройства используемого средства обеспечения захода на посадку. Дополнительный инструктивный материал содержится в томе I AR-ANS-007.

4.9.27 Ломкость. Любое оборудование или установка, необходимые для аэронавигационного обеспечения, которые должны располагаться:

- на летной полосе, в концевой зоне безопасности, на рулежной полосе или в пределах расстояний, указанных в таблице 3-1 AR-AGA-001, или
- на полосе, свободной от препятствий, и которые будут подвергаться опасности воздушное судно, находящееся в воздухе, должны быть ломкими и устанавливаться как можно ниже.;

4.9.28 Любое оборудование или установка, которые необходимы для аэронавигационного обеспечения и должны располагаться на летной полосе или вблизи этой полосы ВПП, оборудованной для точного захода на посадку по категории I, II или III, и которые:

- располагаются в пределах 240 м от конца полосы или в пределах:
 - 60 м от продолжения осевой линии ВПП с кодовым номером 3 или 4, или
 - 45 м от продолжения осевой линии ВПП с кодовым номером 1 или 2, или
- выступают за пределы внутренней поверхности захода на посадку, внутренней переходной поверхности или поверхности ухода на второй круг при прерванном заходе на посадку:

должны быть ломкими и устанавливаться как можно ниже.

4.9.29 Кроме того, любое оборудование или установка, которые необходимы для аэронавигационного обеспечения и которые в соответствии с пп. 4.2.4, 4.2.11, 4.2.20 или 4.2.27 с эксплуатационной точки зрения являются препятствиями, должны быть ломкими и устанавливаться как можно ниже. .

4.9.30 Конструкции ломких невизуальных средств должны выдерживать статические и эксплуатационно-экстремальные ветровые нагрузки с учетом соответствующего коэффициента безопасности и легко разрушаться, изменять форму и спружинивать от внезапного удара 3000-кг воздушного судна, находящегося в воздухе и движущегося со скоростью 140 км/ч (75 уз), как это указано в пп. 4.9.19–4.9.23.

4.9.31 Установки ILS/MLS/GBAS представляют собой особые случаи. Требования пп. 4.9.24–4.9.30 применимы к опорам ILS/MLS/GBAS, однако критерии проектирования с учетом удара 3000-кг воздушного судна не могут быть применены во всех случаях по следующим причинам:

- Критерии проектирования с учетом удара 3000-кг самолета следует сохранить для курсового радиомаяка ILS и антенн опорных приемников GBAS. Существующие

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	4/15
	Проектирование Ломких Конструкций		

конструкции подтверждают возможность применения для таких установок легких опор. Следует также учитывать возможность использования модульных конструкций для уменьшения общей массы. Проверка энергетических допущений и разработка предельных значений массы требуют специального исследования.

- b) Ввиду уникального характера башеннообразной опоры глиссадной антенны ILS критерии ломкости для нее еще не разработаны.
- c) Считается, что передатчики установок ILS из-за их тяжелой массы не могут быть сделаны ломким. Поэтому при планировании установки ILS особое внимание следует уделить вопросу размещения передатчиков курсового и глиссадного радиомаяков. Ни в коем случае не следует размещать передатчик курсового радиомаяка ILS в концевой зоне безопасности ВПП (или на ее продолжении в пределах 300 м от торца ВПП). В любом случае боковое смещение передатчика глиссадного радиомаяка ILS должно быть не менее 120 м относительно осевой линии ВПП. По мере возможности передатчик глиссадного радиомаяка ILS должен располагаться за пределами летной полосы.
- d) Считается также, что критерии проектирования с учетом удара 3000-кг самолета не могут применяться к установкам MLS. Азимутальная и угломестная антенны MLS существующей конструкции являются тяжелым оборудованием и не могут быть ломкими. Поэтому эти установки следует размещать таким образом, чтобы они представляли минимальную опасность для воздушных судов. Азимутальная антенна MLS должна устанавливаться как можно дальше от торца ВПП и в любом случае не ближе 300 м. По мере возможности угломестную антенну MLS следует устанавливать за пределами летной полосы.
- e) Полная масса существующих азимутальных антенн MLS может колебаться от 200 до 700 кг. Более ранние конструкции были даже еще тяжелее. Поэтому масса самой антенны является сдерживающим фактором; вопрос ломкости ее опоры неуместен, если применять те же критерии ломкости конструкции, что и для опор огней приближения и аналогичных легких опор. Следовательно, если азимутальная антенна MLS и ее опора, а также другие тяжелые системы подлежат регламентированию по ломкости, необходимо пересмотреть критерии проектирования на основании более реалистичных допущений.
- f) Установлено, что в связи со значительной массой корпуса блоков обработки данных и передатчика GBAS не могут быть выполнены ломкими. В этой связи при планировании установки наземной подсистемы GBAS необходимо тщательно рассмотреть вопрос о размещении корпусов блоков обработки данных и передатчика GBAS. Ни в коем случае корпуса блоков обработки данных и передатчиков GBAS не должны располагаться в пределах концевых зон безопасности ВПП (или на их продолжении в пределах 300 м от конца ВПП). По возможности корпус передатчика для блоков обработки данных и блоков передатчиков GBAS следует устанавливать за пределами летной полосы.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Проектирование Ломких Конструкций	Глава/Стр.	4/16

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Испытание на Ломкость	Глава/Стр.	5/1

5 ИСПЫТАНИЯ НА ЛОМКСТЬ

5.1 Общие Положения

5.1.1 Основная цель настоящего раздела заключается в том, чтобы содействовать применению единообразной методики испытаний, на основе которых соответствующий полномочный орган может определить приемлемость конструкций с точки зрения их соответствия требованиям ломкости.

5.1.2 Прежде чем устанавливать какое-либо средство, всегда следует подтвердить его характеристики ломкости. Высокоскоростные натурные испытания являются апробированным методом проверки ломкости. Результаты численного моделирования показывают, что такой подход позволяет продемонстрировать характеристики ломкости. Однако применяемые с этой целью методы, как и прочие методы численного моделирования, следует проверить посредством сравнения полученных результатов с репрезентативными данными испытаний. Методы численного моделирования рассматриваются в главе 6.

5.1.3 Учитывая большое количество устанавливаемых средств и разнообразие условий их размещения, возможные испытания не исчерпываются рассматриваемыми в настоящей главе. В этой главе, насколько это возможно, изложены лишь общие принципы.

5.1.4 Статические испытания в отличие от динамических считаются достаточными для проверки ломкости визуальных средств малой массы и общей высотой, равной 1,2 м или меньше, как например надземные огни ВПП и РД, знаки управления рулением и системы визуальной индикации глиссады.

5.1.5 Динамические испытания рекомендуются для проверки ломкости навигационных средств высотой более 1,2 м, установленных в местах, где существует вероятность столкновения с ними воздушного судна, находящегося в воздухе. Такими средствами являются опоры огней приближения, ветроуказатели, трансмиссомеры, антенны курсового и глиссадного радиомаяков ILS, азимутальное и угломестное оборудование MLS и антенн VDB и опорного приемника GBAS. Глиссадная антенна ILS и азимутальное и угломестное оборудование захода на посадку MLS являются уникальными с точки зрения габаритов и массы установок и поддерживающих опор. Несмотря на то, что к этому оборудованию вообще-то должны применяться требования к ломкости, тем не менее эти требования могут оказаться слишком ограничивающими для таких больших сооружений.

5.1.6 В настоящей главе описывается методика натурных испытаний типичных сооружений. Эти сооружения должны изготавливаться с использованием имеющихся технологий и серийного оборудования производства эксплуатационной конструкции, подлежащей установке. Для новых изделий, которые требуют проведения испытаний прежде, чем задействовать производственные мощности или технологии, первоначальные испытания могут быть проведены на предсерийном образце, с тем чтобы убедиться в правильности проектного решения, однако окончательная проверка соответствия конструкций техническим условиям должна выполняться на изделии, пригодном для серийного производства.

5.2 Методика Испытаний

Наземные посадочные огни ВПП и рулежные огни

5.2.1 Пластично-деформирующееся устройство. Изготовителю следует представлять отчеты об испытаниях, подтверждающие, что пластично-деформирующееся устройство отвечает требованиям п. 4.9.2. Все испытания должны проводиться с использованием огня, полностью смонтированным на номинальной высоте и установленным на надежно закрепленной опорной плите. Нагрузка должна прилагаться к корпусу в точке, расположенной непосредственно под линзами, со скоростью не более 220 Н/мин до достижения минимального изгибающего момента, указанного в п. 4.9.2. Если определено, что огонь выдерживает эту нагрузку без повреждения, следует продолжить приложение нагрузки такими же темпами до проявления текучести в критической точке. Испытание одного образца "выскакивающих" или других запрессованных устройств следует повторять 10 раз для проверки ослабления узла крепления. Испытанию должны подвергаться 5 ломких

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	5/2
	Испытание на Ломкость		

соединительных деталей. Кроме того, испытания неметаллических пластично деформирующихся устройств должны проводиться при температурах -55 и $+55^{\circ}\text{C}$ ($\pm 15^{\circ}$). Несоответствие любого из устройств требованиям п. 4.9.2 или повреждение любой части огня до упругого деформирования устройства является основанием для его браковки. В отношении запрессованных устройств изготовитель должен представлять данные об ожидаемом количестве случаев "выскакивания" устройства, прежде чем оно разрушится до достижения минимального предела текучести.

Знаки управления рулением

5.2.2 Знак должен быть испытан на соответствие требованиям ломкости и способность выдерживать ветровые нагрузки, указанные в п. 4.9.3 б).

5.2.3 Испытание на ветровую нагрузку и ломкость. Данное испытание должно проводиться следующим образом:

- знак должен быть испытан на способность выдерживать установленную ветровую нагрузку. Для испытания знак должен быть полностью смонтирован вместе с основанием. Если ветровая нагрузка прилагается к знаку, установленному вертикально, вес знака должен учитываться как часть общего веса конструкции. Испытание должно проводиться таким образом, чтобы панель с условными обозначениями испытывала полную нагрузку. Знаки с пружинным креплением, рассчитанные на качение при нагрузке, должны быть заблокированы для предотвращения движения во время испытания. Статическая нагрузка должна прилагаться равномерно по всей поверхности панели с условными обозначениями в течение 10 мин. Знак не должен ломаться в точках ломкости или подвергаться остаточной деформации. Для установленной ветровой нагрузки в 322 км/ч (174 уз) прилагаемая статическая нагрузка должна составлять 6,21 кПа.
- если знак, отвечающий требованию п. 4.9.5 в отношении максимальной массы, успешно прошел испытание, указанное в п. 5.2.3 а), он считается ломким. Любой знак, не отвечающий требованию в отношении массы, должен пройти испытание в соответствии с п. 5.2.3 с).
- статическая нагрузка на панель с условными обозначениями должна быть увеличена до поломки знака в точках ломкости. Поломка должна произойти до достижения прилагаемой статической нагрузки установленного значения. После этого панель с условными обозначениями и ее опоры следует проверить, чтобы убедиться в повреждении. Любая поломка или деформация являются основанием для браковки. При установленной ветровой нагрузке в 322 км/ч (174 уз) поломка должна произойти до достижения прилагаемой статической нагрузки значения 8,96 кПа.

5.2.4 Знаки с пружинным креплением могут быть испытаны по другой методике, изложенной в п. 5.2.5.

5.2.5 Знаки с пружинным креплением. Знак с защищенной панелью условных обозначений должен подвергнуться испытанию на ломкость в соответствии с п. 5.2.3. Затем знак должен быть разблокирован и подвергнут воздействию P_{break} (давление, при котором происходит поломка в точках ломкости). Следует измерить угол качания знака, θ , под давлением P_{break} . После этого следует рассчитать давление P_{swing} следующим образом: $P_{\text{swing}} = P_{\text{break}} \cdot \cos \theta$. При заблокированном знаке и убранной защите панели с условными обозначениями P_{swing} должно прилагаться равномерно по всей поверхности панели с условными обозначениями в течение 1 мин. После этого панель с условными обозначениями и ее опоры следует проверить, чтобы убедиться в повреждении. Любая поломка или деформация являются основанием для браковки.

РАПИ/АРАПИ и Т-VASIS/АТ-VASIS

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	5/3
	Испытание на Ломкость		

5.2.6 Ветровая нагрузка. Изготовитель должен продемонстрировать посредством проведения испытаний в аэродинамической трубе или приложения статической нагрузки, что система будет выдерживать указанную в п. 4.9.9 ветровую нагрузку в любом направлении по горизонтали без смещения оптического изображения сверх допустимого предела при испытании жесткости.

5.2.7 Испытание на ломкость. Изготовитель должен продемонстрировать ломкость монтажных стоек

Опоры огней приближения и аналогичные конструкции

5.2.8 Испытание на ломкость. Навигационные средства, как например опоры огней приближения, имеющие общую высоту более 1,2 м и установленные в местах, где существует вероятность соударения с воздушным судном, находящимся в воздухе, должны быть проверены на ломкость посредством проведения динамического испытания. Испытание желательно проводить таким образом, чтобы при этом моделировались наиболее неблагоприятные условия, при которых конструкция действительно может подвергнуться удару. С этой целью испытания должны проводиться с использованием установленного на транспортном средстве ударного механизма с репрезентативной массой, эквивалентной весу планируемого средства, установленного на вершине опоры. На рис. 5-1 приведен пример общей схемы испытания опор огней приближения.

5.2.9 Стандартный ударный механизм. Проведено большое количество испытаний опор огней приближения на удар. Отчеты об этих испытаниях включены в справочный материал в конце настоящего Руководства. Изучались разнообразные ударные механизмы при соударении с опорами разных конструкций, например ударные механизмы, имитирующие в максимально возможной степени конструкцию, прочность и жесткость крыла 3000-кг самолета, а также жесткие ударные механизмы, выполненные из толстостенных стальных труб. Проводились высокоскоростные испытания со скоростью 140 км/ч (75 уз), моделирующие удар со стороны самолета, находящегося в воздухе, среднескоростные испытания со скоростью 80 км/ч (43 уз) и низкоскоростные испытания со скоростью 50 км/ч (30 уз), моделирующие рулящее на земле воздушное судно.

5.2.10 Проводились также испытания для определения влияния жесткости ударного механизма на основные параметры ломкости, такие как максимальная сила удара, время контакта и максимальное изменение энергии за время контакта. Анализ результатов свидетельствует о том, что жесткий ударный механизм дает консервативную оценку максимальной силы удара и эквивалентной энергии за период контакта. Время контакта является также аналогичным для всех типов ударных механизмов и конструкций опор, т. е. 100 мс. Один из основных выводов заключается в том, что опора не находится в контакте с ударным механизмом в течение неопределенного времени. Разделение опоры за короткий период времени дает возможность самолету продолжать движение, при этом вероятность повторного удара исключается.

5.2.11 В результате этого анализа рекомендован ударный механизм, выполненный из "жесткой" полукруглой трубы длиной 1000 мм или равной пятикратному максимальному размеру поперечного сечения опоры, в зависимости что больше. Внешний диаметр трубы должен составлять приблизительно 250 мм, а толщина стенки должна быть достаточно большой для имитации жесткого тела, но не менее 25 мм. Этот ударный механизм должен быть изготовлен из стали. Поверхность должна быть в целом ровной и не требовать покрытия или обработки.

5.2.12 Использование жесткого ударного механизма рекомендуется для того, чтобы получить репрезентативные или консервативные данные во время натурного высокоскоростного испытания на удар. Жесткий ударный механизм является наименее дорогостоящим и не требует сложного построения секции крыла и точности с точки зрения материалов и/или метода изготовления. Кроме того, он может многократно использоваться без модификации для повторных испытаний, поскольку маловероятно, что он будет испытывать пластическую деформацию и износ наружного слоя репрезентативной секции крыла.

5.2.13 Жесткий ударный механизм должен быть прочно и надежно закреплен на

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Испытание на Ломкость	Глава/Стр.	5/4

испытательном транспортном средстве для обеспечения того, чтобы сила сопряжения при ударе была такой же как у жесткого профиля. Между ударным механизмом и сопряжением на транспортном средстве, как можно ближе к месту крепления, должны устанавливаться датчики нагрузки для регистрации динамики изменения и силы удара. Для регистрации и оценки любых моментов, генерируемых в ударном механизме вследствие ударов вне его осевой линии, или сил и моментов противодействия опоры на ее крепежных деталях следует устанавливать достаточное количество датчиков нагрузки. Энергия за период контакта рассчитывается посредством вычисления интеграла ударной силы по расстоянию.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	5/5
	Испытание на Ломкость		

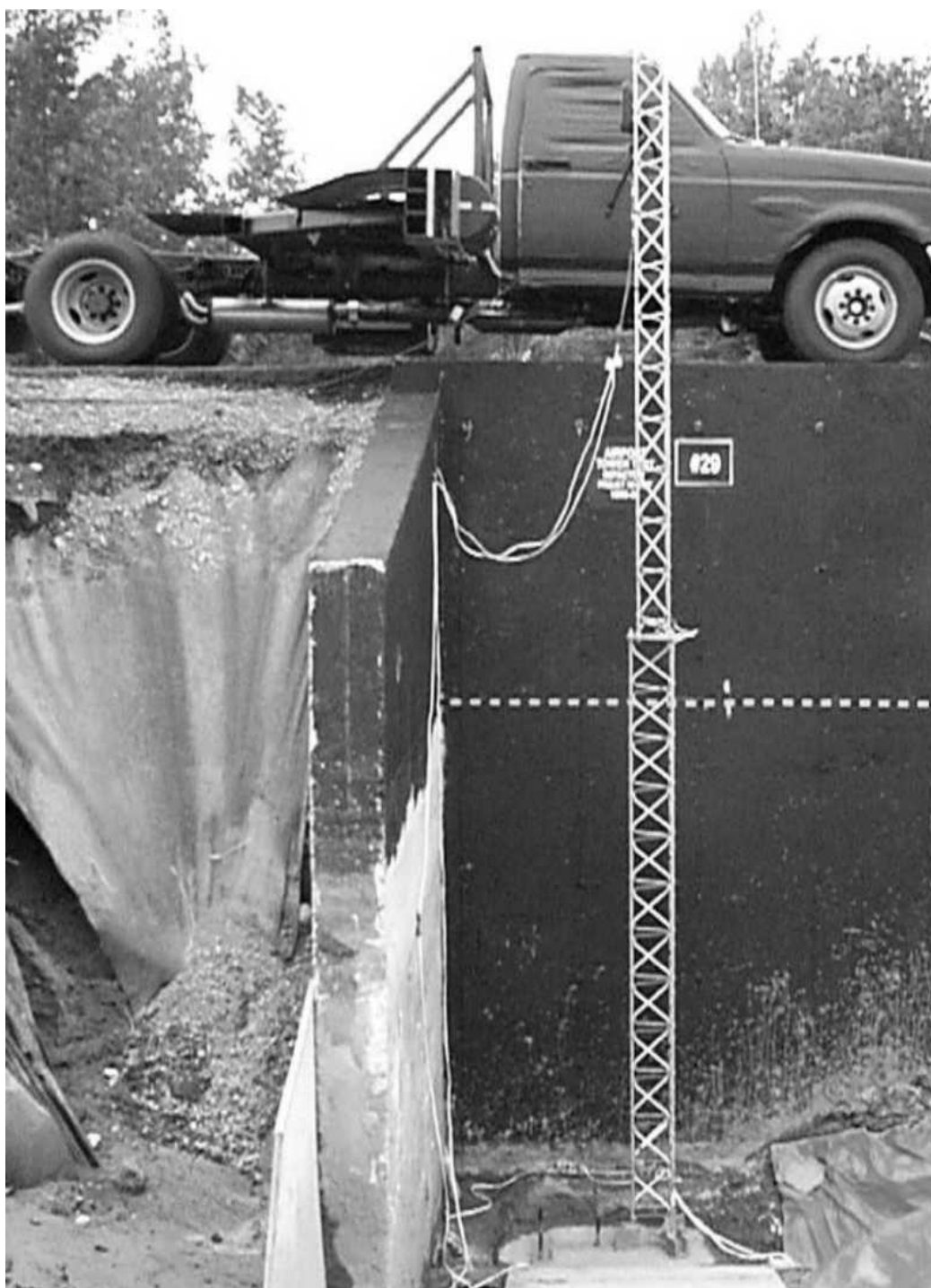


Рисунок 5-1. Пример общей схемы испытания опор огней приближения с использованием ударного механизма, установленного на транспортном средстве

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	5/6
	Испытание на Ломкость		

5.2.14 Методика испытания. Испытание следует проводить при скорости 140 км/ч (75 уз). Ударный механизм должен быть установлен на транспортном средстве таким образом, чтобы он ударял конструкцию в точке на высоте приблизительно 4 м над уровнем земли или 1 м ниже вершины конструкции, в зависимости от того, что выше. На вершине опоры должен быть установлен элемент репрезентативной массы, эквивалентной весу планируемого средства. Все требуемые для средства провода и кабели должны быть также смонтированы и закреплены. Общую высоту конструкции следует измерять от уровня земли и она должна включать в себя опору и элемент репрезентативной массы.

5.2.15 Удар должен регистрироваться высокоскоростной фото- или видеокамерой, с тем чтобы выявить режим разрушения. Вследствие короткого времени удара невозможно визуально проследить последовательность удара и деформацию. Кроме того, деформация после удара очень сильно отличается от деформации в момент удара.

5.2.16 Скорость удара должна оставаться постоянной во время удара и регистрироваться с движущегося транспортного средства точно и непосредственно в момент удара.

5.2.17 Для точной регистрации данных датчиков нагрузки во время испытаний на удар следует использовать средства записи, имеющие достаточные возможности и скорости. Для регистрации максимальной ударной силы, которая имеет место в течение 2–5 мс, рекомендуется применять скорость записи как минимум 10 кГц.

5.2.18 Критерий приемки/браковки. Конструкцию опоры огней приближения следует считать ломкой, если она удовлетворяет требованиям пп. 4.9.19–4.9.23.

5.2.19 Для приемки или браковки следует также применять и другие критерии, основанные на визуальной проверке:

- а) в случае опор, с которыми могут столкнуться воздушные суда, находящиеся в воздухе, желательно не только свести к минимуму объем повреждения воздушного судна, но и не изменить значительно траекторию его полета. Поврежденная опора не должна препятствовать воздушному судну успешно завершить посадку или продолжить взлет. Часть опоры в высшей точке удара не должна зацепляться за крыло воздушного судна, когда нижняя часть остается прикрепленной к фундаменту, что приводит к беспорядочному изменению направления движения воздушного судна. Опоры, которые зацепляются за крыло воздушного судна, не обязательно представляют опасность, если они распадаются на отдельные элементы или их нижняя часть открепляется от фундамента и переносится воздушным судном. На противодействие опоры удару влияет не только сама конструкция, но также и другие элементы, являющиеся частью установки. В случае электрокабелей проектировщик должен предусмотреть точки размыкания, с тем чтобы обеспечить их разделение на отдельные сегменты.
- б) после удара опора может распасться на отдельные элементы. Масса этих элементов и характер их разъединения не должны явиться причиной вторичной опасности для воздушного судна (например, пробить лобовое стекло, фюзеляж, хвостовое оперение)
- в) при столкновении воздушных судов, находящихся на земле, с конструкциями, допустимы большие повреждения, чем при столкновении воздушных судов, находящихся в воздухе. Поскольку воздушное судно уже находится на земле, основная задача заключается в том, чтобы избежать телесных повреждений или человеческих жертв.

Ветроуказатели/трансмиссометры/измерители дальности видимости прямого рассеяния

5.2.20 Опоры ветроуказателей, трансмиссометров и измерителей дальности видимости прямого рассеяния должны испытываться на ломкость в соответствии с методикой испытания опор огней приближения.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	5/7
	Испытание на Ломкость		

Установки ILS/MLS/GBAS

5.2.21 До сих пор не проводились натурные испытания для определения критериев проектирования и методики испытания установок ILS/MLS/GBAS на ломкость. Антенна курсового радиомаяка ILS и азимутальная антенна MLS вследствие их размещения в зоне выкатывания/зоне перед порогом ВПП представляют бóльшую опасность для полетов воздушных судов, чем глиссадная антенна ILS, угломестная антенна MLS и антенны VDB и опорного приемника GBAS, устанавливаемые на летной полосе на некотором удалении от осевой линии (обычно 120 м). Требование к натурному высокоскоростному испытанию с использованием жесткого ударного механизма разработано для легких опорных конструкций с минимальной массой верхней части, однако оно неприемлемо для различных типов конструкций или опор с тяжелой массой верхней части. Поэтому требуется альтернативное натурное испытание для оценки ломкости таких конструкций.

5.2.22 Несмотря на вышеизложенное, критерии проектирования с учетом 3000-кг самолета следует оставить неизменными для курсового радиомаяка ILS и антенн VDB и опорного приемника GBAS. Как указано в п. 4.9.31 существующие проекты подтверждают возможность применения легких конструкций для таких установок. Следует также рассмотреть возможность использования модульных конструкций, ограничивая тем самым общую массу. Проверка энергетических допущений и определение значений предельной массы требует специального исследования

5.2.23 В будущем планируется проведение натурных испытаний установок ILS/MLS/GBAS и их опор. Следовательно, пока не будут разработаны компьютерные модели, определить процедуры проверки и критерии приемки таких установок не представляется возможным. Поэтому рекомендуется, чтобы в тех случаях, когда ломкую конструкцию оборудования создать невозможно или это нанесет ущерб его эксплуатации в соответствии с установленными требованиями, данное оборудование следует перенести или разместить иным способом так, чтобы оно не представляло опасности для воздушного судна. Говоря в целом, если перенести оборудование не представляется возможным, установки должны быть максимально легкими. В частности, следует рассмотреть возможность размещения элементов таким образом, чтобы ограничить число и/или массу препятствий в тех зонах, которые должны быть свободными от всех объектов, кроме ломкого оборудования и установок, необходимых для обеспечения аэронавигации.

5.3 Проведение Испытаний Изготовителями и Организациями по Испытаниям

5.3.1 Некоторые из описанных в настоящей главе натурных испытаний являются сложными и требуют значительных капиталовложений для их организации и оснащения приборами. Тем не менее считается, что эти испытания должны проводиться изготовителями, которые несут ответственность за проверку проектных решений своих изделий.

5.3.2 Натурные испытания опор огней приближения, описанные в пп. 5.2.8–5.2.17, под силу признанным независимым организациям по испытаниям.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Испытание на Ломкость	Глава/Стр.	5/8

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/1

6 МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛОМКОСТИ

6.1 Общие Положения

6.1.1 Проведение даже упрощенных полевых испытаний на ломкость по-прежнему является сложным и сопряжено с большими затратами средств и времени. Кроме того, невозможно провести испытания с учетом всех сочетаний скорости, направления, абсолютной высоты и т. д. из-за большого разнообразия конструкций, как навигационных средств, так и воздушных судов. И наконец, желательно определить метод проверки, позволяющий учитывать все вопросы, изменения и разработки, которые могут появиться в будущем. В этой связи можно использовать альтернативные методы оценки ломкости аэропортовых сооружений.

6.1.2 Современные вычислительные возможности и мощности облегчают расчет и анализ конструкций посредством использования программного обеспечения, позволяющего прогнозировать противодействие конструкции с большой точностью. В целом такие подходы классифицируются как метод конечных элементов, либо метод конечных разностей. Кроме того, современные компьютерные программы позволяют проводить промежуточный динамический анализ в момент удара в дополнение к детальному анализу очень сложных и изобилующих большим количеством деталей конструкций. В последнее время разработан ряд основных компьютерных программ, которые дали отличные результаты. Уверенность в этих методах выросла настолько, что в настоящее время крупные проекты, в том числе конструирование больших транспортных воздушных судов и автомобилей, опираются на данные анализа увеличивающегося числа проверок соответствия конструкции заданным требованиям. К сожалению, каждая программа имеет свои особенности, которым при ее выполнении придается особое значение в ущерб другим. Кроме того, общепринято, что такие аналитические модели еще подлежат проверке посредством проведения ряда репрезентативных полевых испытаний.

6.2 Анализ

6.2.1 В настоящее время для проверки ломкости аэропортовых сооружений проводится компьютерный анализ. Цель данной работы заключается в том, чтобы разработать и продемонстрировать возможности точного моделирования типовой конструкции в аэропорту посредством сравнения спрогнозированных результатов с данными натурного испытания на удар. После проверки эти модели могут использоваться для анализа других конфигураций и параметров удара с целью оценки характеристик конструкции. Эти модели могут также использоваться для интерполяции данных испытаний для новых или изменившихся условий и экстраполяции на короткий срок, с тем чтобы спрогнозировать поведение и характеристики конструкций. Конечная цель должна заключаться в разработке возможностей достоверного моделирования новых и различных ситуаций и конструкций посредством проведения анализа. Однако эта цель вряд ли будет достигнута в ближайшем будущем, хотя ближайшая задача интерполяции и частичной экстраполяции вполне решаема.

6.2.2 Детальное моделирование. Одним из подходов к аналитическому моделированию удара является использование имеющихся на рынке и зарекомендовавших себя программ анализа методом конечных элементов (FEA). Эти программы продаются и распространяются на коммерческой основе с такими специфическими особенностями, как пред- и постобработка, с тем чтобы облегчить построение моделей и проведение анализа данных. Четкие программы нелинейного FEA используются для анализа удара и больших деформаций вследствие их способности продолжать анализ после спрогнозированного "разрушения" элементов, составляющих модель. Такие модели обычно включают в себя много стандартных элементов различной формы, степени свободы и сложности. Нелинейные характеристики материала, промежуточный динамический анализ, соприкасающиеся элементы и разрезные конструкции являются некоторыми из особенностей, которые позволяют моделировать реальные ситуации. Кроме того, эти программы позволяют моделировать сложные процессы взаимодействия, которые происходят на поверхности контактного сопряжения, а также внутри модели конструкций. Примеры трехмерных моделей

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/2

FEA опор огней приближения приведены на рис. 6-1.

6.2.3 Промежуточное моделирование. FEA предлагает детальную конструкцию, расчетные условия, характеристики местного взаимодействия, точность проектирования и конкретное применение элемента. Другим подходом к аналитическому моделированию является промежуточное или гибридное моделирование, которое предлагает практичный и экономичный метод анализа, более тесно связанный с предварительным проектированием, глобальным анализом и параметрическими сравнительными исследованиями. Этот подход идеально подходит в качестве средства оценки потенциальных конструкторских решений и общих поведенческих характеристик с целью повышения ломкости конструкций. Гибридная программа позволяет использовать имеющиеся результаты испытаний и другие данные в качестве вводимой информации наряду с внутренним расчетом параметров конструкции. Гибридная программа также подходит для согласования с данными моделей FEA. Выбор имеющихся гибридных программ является небольшим по сравнению с программами FEA.

6.3 ПОДХОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (FEA)

6.3.1 Детальное численное моделирование с использованием FEA включает в себя моделирование результатов высокоскоростных натурных испытаний на удар при скоростях 140 км/ч (75 уз), 80 км/ч (43 уз) и 50 км/ч (27 уз). Для построения модели имелись подробные данные о геометрических и механических параметрах, а также характеристиках материала. Использовались экспериментальные результаты, полученные от датчиков деформации и нагрузки, которые сравнивались с спрогнозированными значениями силы, деформации и времени. Кроме того, использовалась высокоскоростная видеозапись ударной деформации для сравнения режимов и результатов изгиба.

6.3.2 Для представления опоры была построена ее модель из эластичного пластикового материала с характеристиками алюминия, состоящая приблизительно из 2000 балочных элементов, каждый с шестью степенями свободы в каждом узловом соединении. Эти степени свободы включают три линейных смещения и три вращательных движения узлового соединения. Удар по опоре наносился с использованием жесткой модели, состоящей приблизительно из 600 твердотельных элементов из материала со свойствами стали. Взаимодействие независимых частей рассматривалось с использованием контактных элементов. Был также определен датчик контактного усиления для контроля за ударными силами в сопряжении. Эта модель приведена на рис. 6-1 b).

6.3.3 Результаты смоделированных ударов вполне сопоставимы с результатами натурных высокоскоростных испытаний. Деформация аналитической модели при моделировании FEA сравнивалась с деформацией полномасштабной опоры во время удара (см. рис. 6-2 и 6-3). Следует отметить, что форма и величина деформации, а также время при моделировании почти полностью совпадают с данными испытаний. Режимы разрушения опоры также спрогнозированы аналитически. прогнозируются аналитически.

6.3.4 Спрогнозированная ударная сила также хорошо согласуется с измеренной в ходе испытаний. Примеры спрогнозированных при моделировании данных силы в сравнении с данными испытаний приведены на рис. 6-4 и 6-5.

6.3.5 Результаты моделирования свидетельствуют о том, что промежуточный динамический анализ с использованием апробированной модели с точной программой FEA позволяет спрогнозировать во всех подробностях процесс удара, включая разрушение и разделение элементов.

6.4 Гибридный Подход

6.4.1 Промежуточное численное моделирование с использованием гибридного подхода может применяться в качестве предварительного средства проектирования для оценки потенциальных конструкторских решений, общего поведения сооружений и для повышения ломкости конструкций. При таком подходе в упрощенной форме моделируются большие участки конструкции и используются имеющиеся данные испытаний или аналитического

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/3

анализа, например FEA, в качестве вводимой информации. Гибридный подход идеально подходит для предварительного анализа, в котором детальных проектных данных недостаточно и они легко адаптируются к изменению проектных параметров и в исследованиях тенденций в силу быстроты вычислений.

6.4.2 В отличие от модели FEA при гибридном подходе необходимо лишь ограниченное число элементов. Модели, используемые в численном анализе решетчатых опор огней приближения, как правило состоят приблизительно из 100 балочных элементов. Механические свойства и характеристики надежности балок определяются посредством проведения испытаний отдельных элементов.

6.4.3 Как и в случае FEA результаты, полученные с использованием модели гибридного анализа, легко сравнимы с данными натурных испытаний. На рис. 6-6 показан общий вид деформации во время удара, спрогнозированной с помощью модели гибридного анализа.

6.4.4 Помимо общей деформации максимальная сила контакта и энергия, поглощаемая при ударе, также аппроксимируются в допустимых пределах, как показано на рис. 6-7 и 6-8.

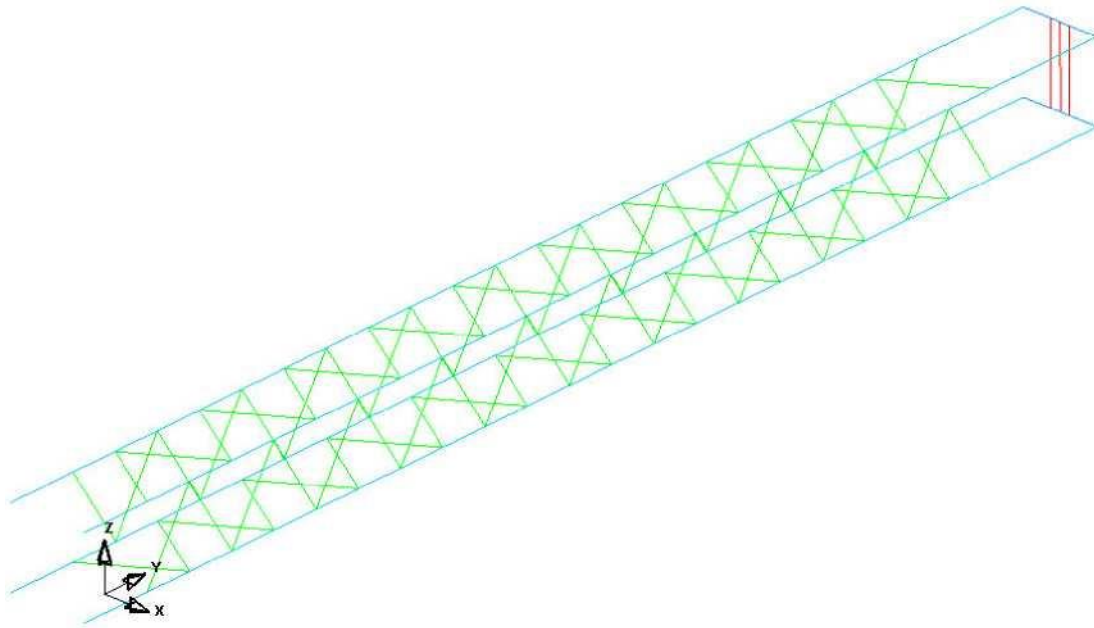
6.4.5 Время выполнения гибридного анализа составляет как правило несколько минут.

6.5 Проверка Посредством Численного Анализа

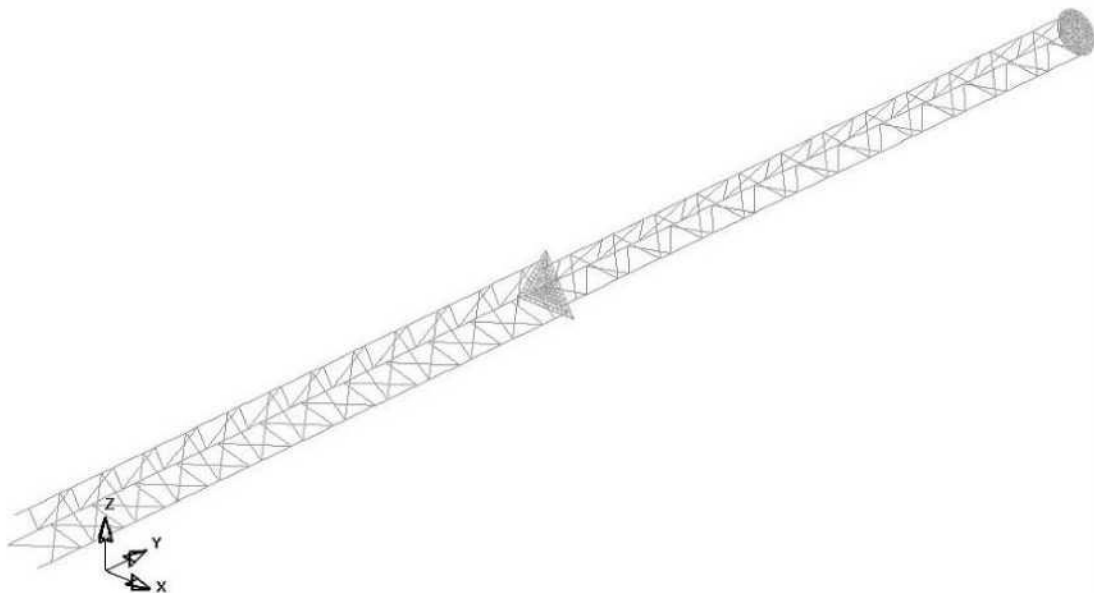
6.5.1 Цель численного анализа заключается в том, чтобы за короткое время и при минимальных затратах определить и продемонстрировать возможности правильно смоделировать удар и тем самым спрогнозировать результаты. Как отмечено в п. 6.4.3 предполагается, что такой подход позволит подтвердить результаты испытаний посредством предоставления дополнительной информации. Это существенно расширит возможности оценки конструкций с учетом таких различий в установке, как арматура, высота и изменения в приборной оснастке. Такой подход будет содействовать проверке ломкости конструкций в аэропорту.

6.5.2 В целом, для обеспечения возможности моделировать, имитировать и прогнозировать динамические характеристики конструкции требуется пакет сложных, но имеющихся на рынке программ и квалифицированные разработчики моделей. Однако если проверка посредством анализа будет апробирована и внедрена, она окажется полезной во многих ситуациях и районах мира. Возможностями проводить такой анализ располагают определенные независимые организации по испытаниям, которые имеют технические возможности и опыт в области динамических нагрузок.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/4



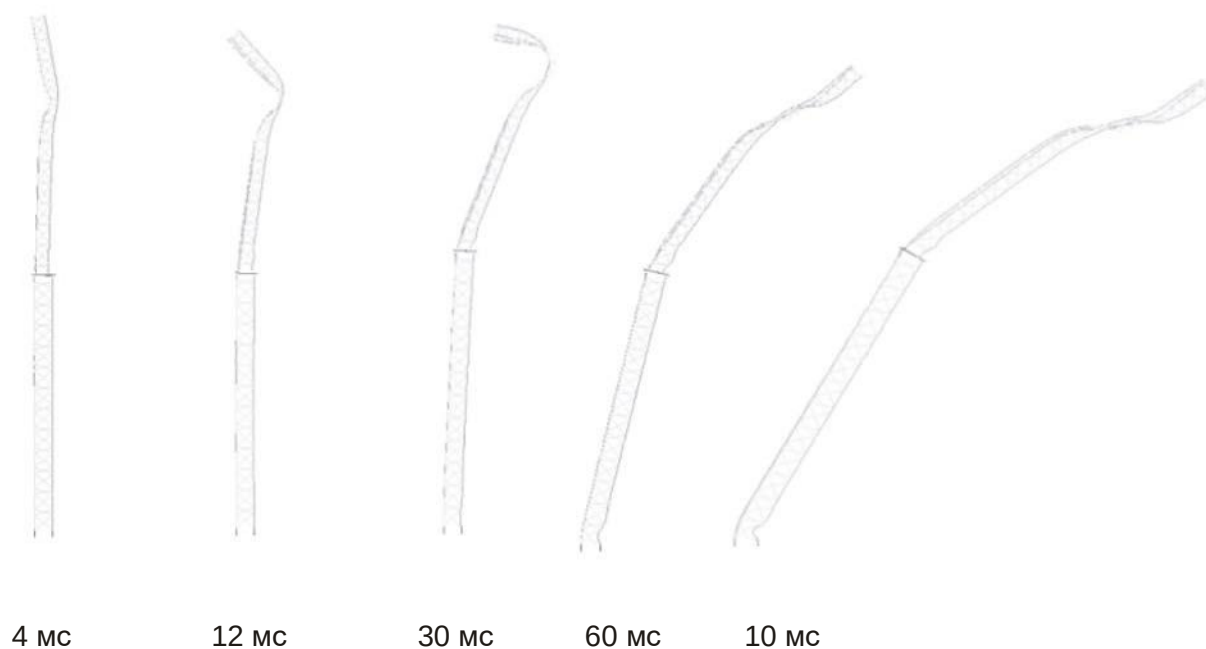
а) опора огней приближения: стеклопластиковая решетчатая конструкция



б) опора огней приближения: алюминиевая решетчатая конструкция

Рисунок 6-1Примеры трехмерных моделей опор огней приближения в анализе методом конечных элементов (FEA)

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/5



Моделирование FEA

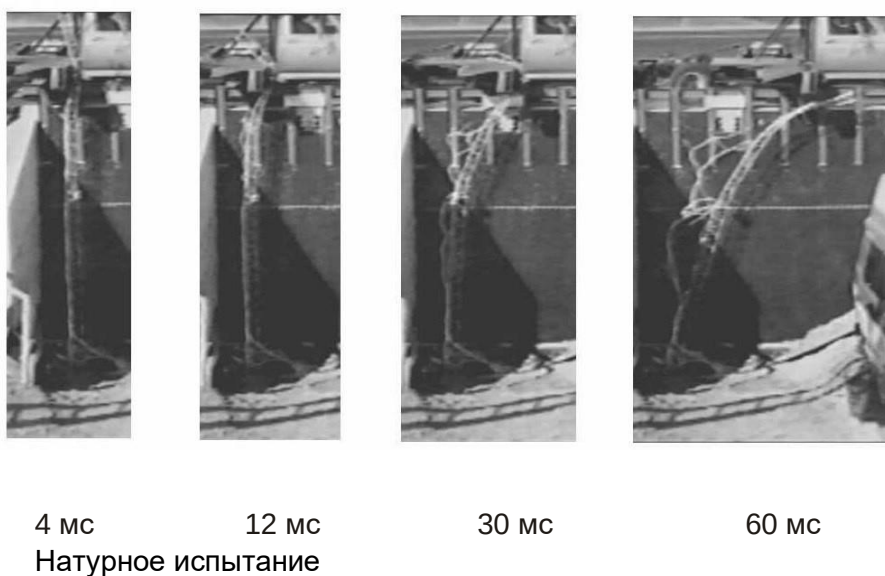


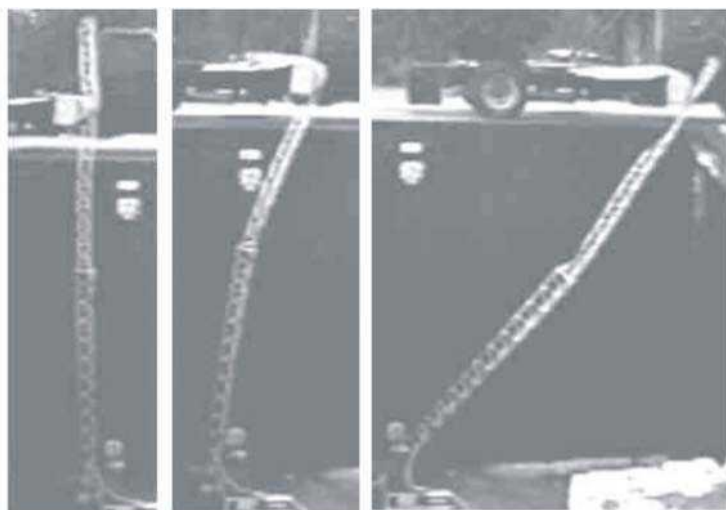
Рисунок 6-2. События удара по результатам моделирования в анализе методом конечных элементов (FEA) и натурного испытания: скорость соударения 140 км/ч; удар в бок; жесткий ударный механизм

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/6

и натурные испытания — скорость удара 140 км/ч; удар сбоку; жесткий ударный элемент

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	6/7

Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости



4 мс

38 мс

104 мс

Рисунок 6-3. Ударные события из моделирования методом конечных элементов (МКЭ) и натурных испытаний — скорость удара 140 км/ч; удар по апексу; максимальная масса 5,44 кг; жесткий ударный элемент

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/8

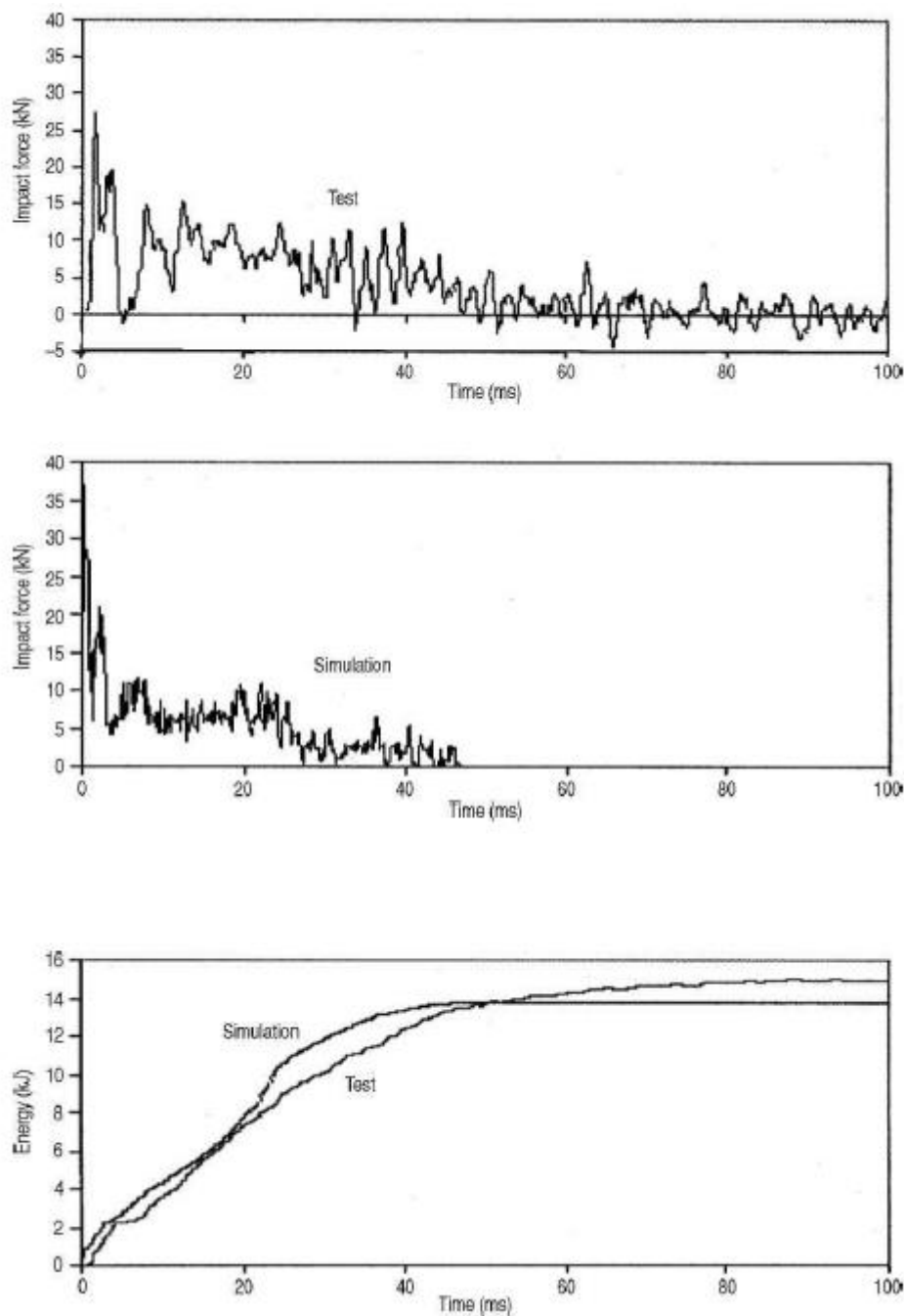


Рисунок 6-4. Ударная сила и энергия: скорость соударения 140 км/ч; удар в бок; жесткий ударный механизм

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/9

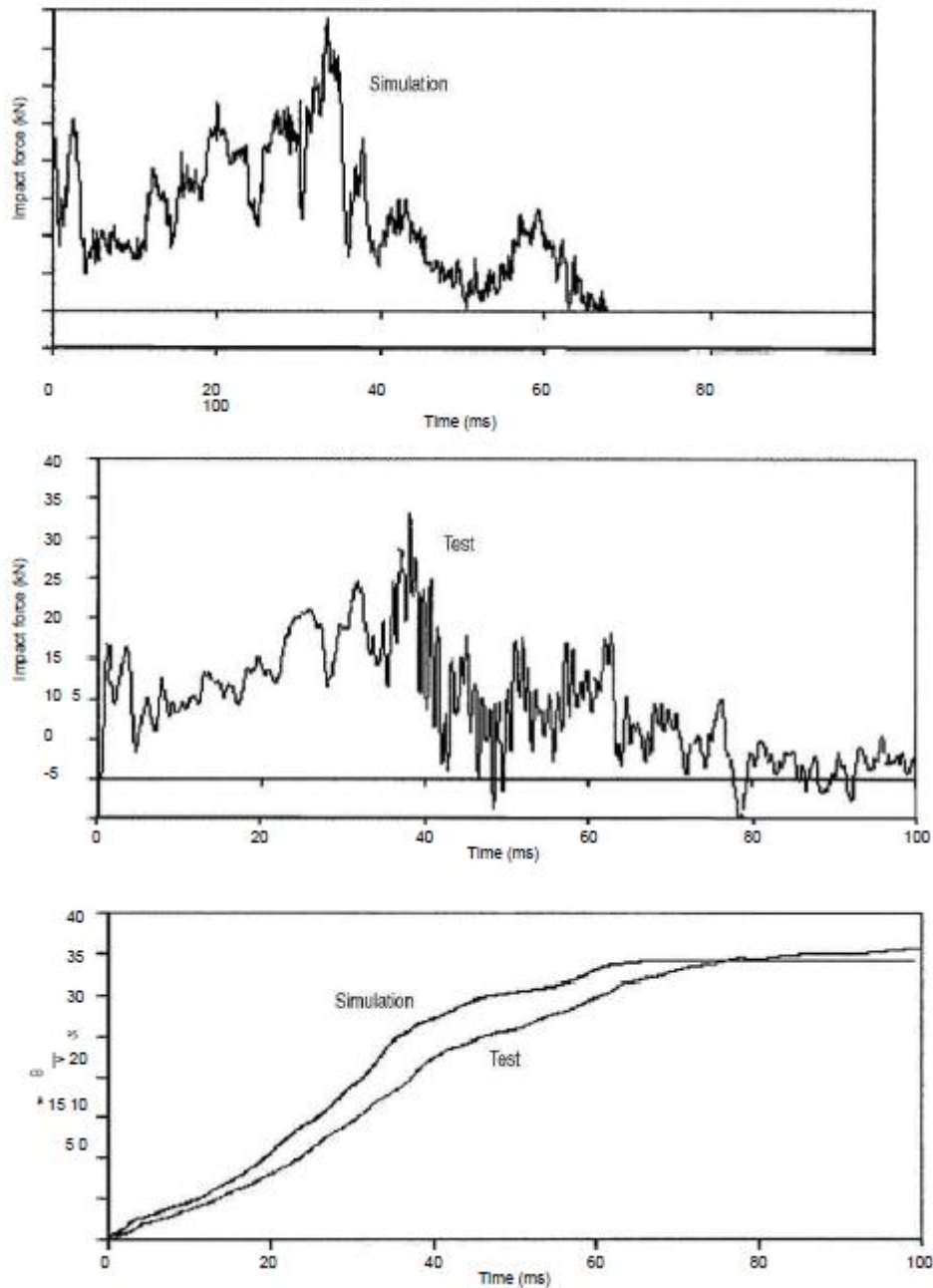


Рисунок 6-5. Ударная сила и энергия: скорость соударения 140 км/ч; удар в верхнюю часть; масса верхней части 5,44 кг; жесткий ударный механизм

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	6/10

Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости

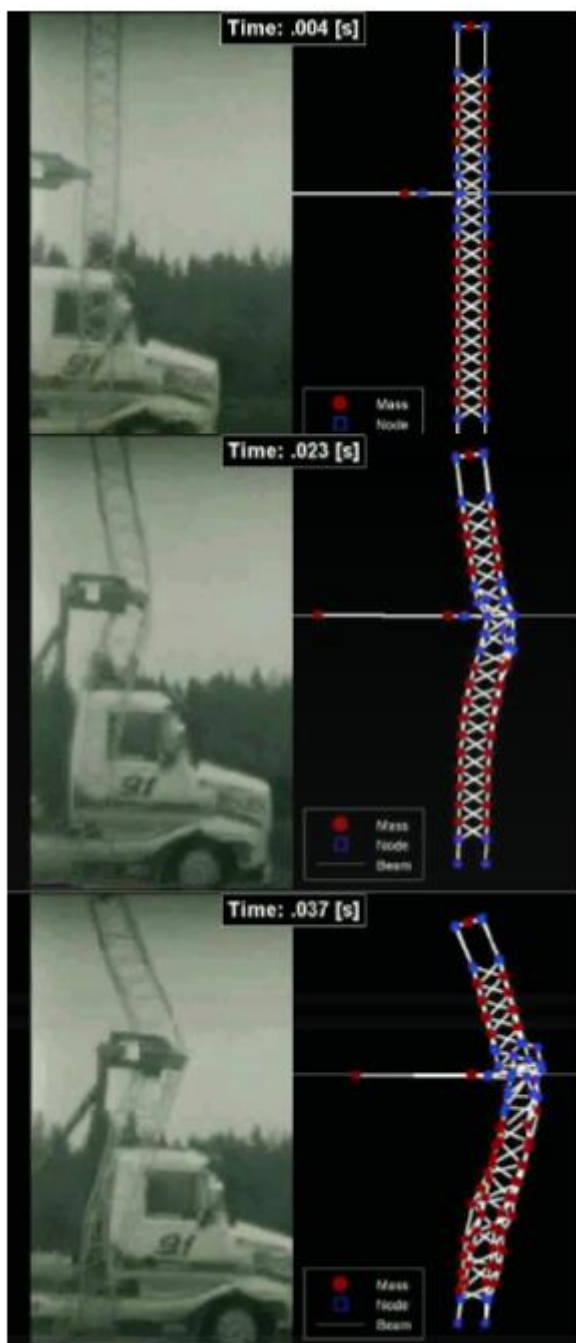


Рисунок 6-6. Сравнение фактической деформации и деформации, полученной посредством гибридного анализа

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/11

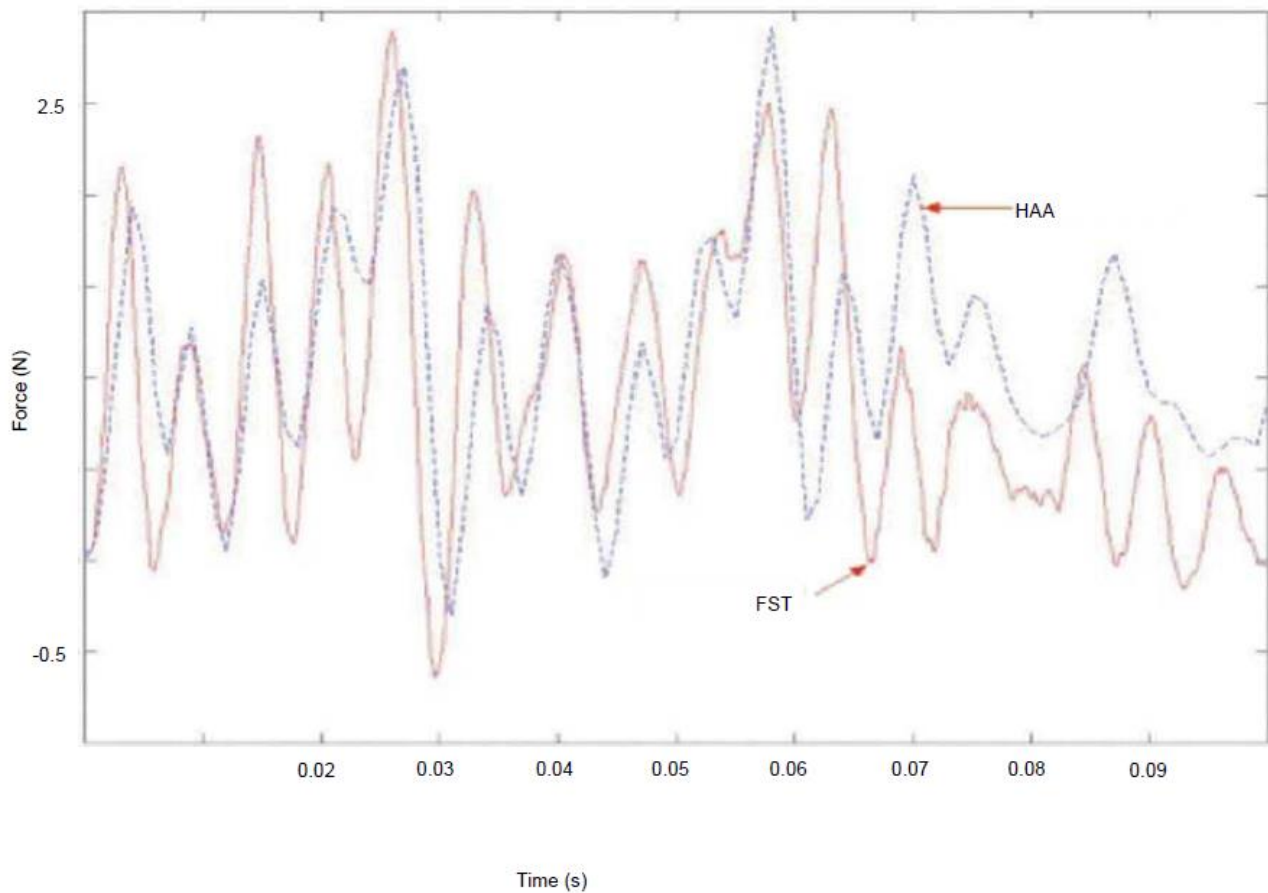


Рисунок 6-7. Ударные силы, рассчитанные с использованием подхода методом гибридного анализа (HAA), в сравнении с результатами натурного испытания (FST)

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
	Методы Численного Моделирования для Оценки Хрупкости	Глава/Стр.	6/12

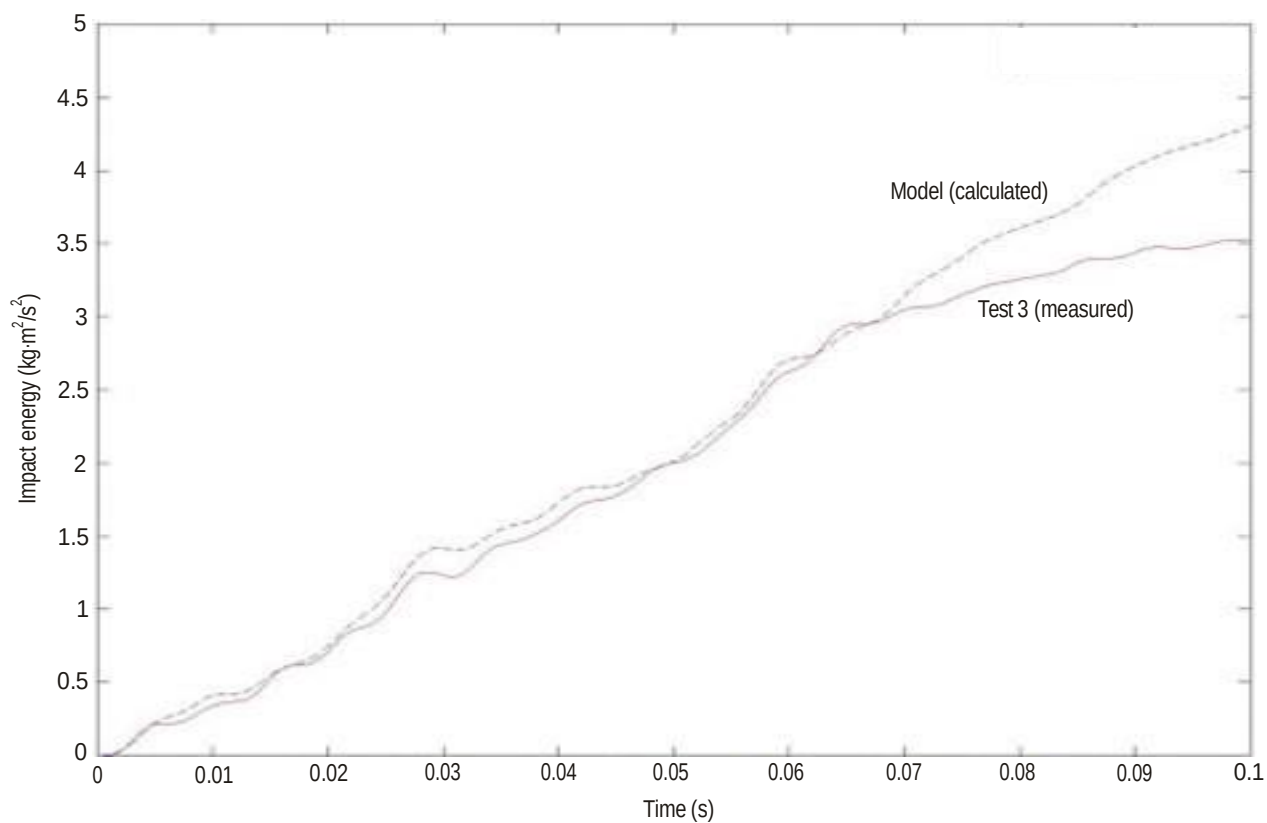


Рисунок 6-8. Ударная энергия, рассчитанная с использованием подхода методом гибридного анализа, в сравнении с результатами натурного испытания.

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	7/1
	Установка, Осмотр и Обслуживание		

7 УСТАНОВКА, ПРОВЕРКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

7.1 Общие Положения

7.1.1 Основная цель систем визуальных и невизуальных навигационных средств заключается в содействии безопасной эксплуатации воздушных судов. В этой связи требуются самые жесткие стандарты технического обслуживания.

7.1.2 Практичность установленной системы навигационных средств зависит от ее пригодности к эксплуатации, которая в свою очередь зависит от эффективности проводимых профилактических работ. Необходимо разработать систему всеобъемлющего и регулярного технического обслуживания визуальных и невизуальных средств и их опор для обеспечения соответствия установок определенным требованиям, в том числе требованиям ломкости.

7.2 Установка

7.2.1 Ломкие конструкции должны устанавливаться в соответствии с рекомендациями поставщика оборудования. Это относится к самой конструкции, любым кабельным сетям и соединениям, а также к фундаменту, на котором монтируется конструкция.

7.2.2 Если ломкая конструкция используется в качестве средства подъема вверх или к ней прикрепляется лестница, она более не считается отвечающей требованиям. Обслуживание всей конструкции должно осуществляться с помощью оборудования, которое легко перемещается в место обслуживания и затем так же легко поднимается или опускается, или посредством опускания конструкции на землю.

7.2.3 Все точные визуальные или невизуальные навигационные средства должны устанавливаться на прочном основании. Таким образом, конструкция основания должна обеспечивать максимальную стабильность. Навигационные средства обычно устанавливаются на бетонном основании, которое не должно служить препятствием для воздушного судна при его наезде на установку. Это достигается посредством либо углубления основания ниже уровня земли, либо скашивания его сторон таким образом, чтобы воздушное судно легко преодолеvalo это основание при наезде на него. Если основание углублено, образовавшуюся впадину над ним следует заполнить соответствующим материалом. Это наряду с ломкой конструкцией навигационного средства и его опор обеспечивает незначительные повреждения самолета при его наезде на это средство.

7.3 Проверка И Техническое Обслуживание

7.3.1 Следует внедрить программу проверок в соответствии с рекомендациями и/или требованиями поставщика комплектующего оборудования для обеспечения его непрерывного функционирования в качестве ломкого устройства. Процесс проверок должен являться составной частью аэродромной системы управления безопасностью полетов и должен гарантировать, что все оборудование и соответствующие опоры проверяются и обслуживаются в соответствии с самыми жесткими стандартами безопасности. Это также позволит эксплуатанту аэродрома и поставщику ОВД быть полностью в курсе текущего состояния всех средств. Кроме того, в процессе формальных проверок достигаются следующие цели:

- обеспечение соблюдения Стандартов и Рекомендуемой практики AR-AGA-001 и сертификационных требований национального полномочного органа гражданской авиации;
- обеспечение надлежащего распространения информации о любых отказах, непригодности к эксплуатации или препятствиях, которые могут повлиять на безопасность полетов воздушных судов и персонала на аэродроме, и о начале запланированных восстановительных работ;
- обеспечение соответствия аэродромной системе управления безопасностью полетов

	Руководство по Проектированию Аэродромов Часть 6 Ломкость	Код №	GM-AGA-006
		Глава/Стр.	7/2
	Установка, Осмотр и Обслуживание		

- d) предоставление аудиторского отчета в случае авиационного происшествия или инцидента.

7.3.2 Все аэродромные сооружения и средства, которые должны быть ломкими, следует проверять в рамках общего процесса инспекции аэродрома, который может представлять собой следующий трехуровневый процесс:

- a. Уровень 1. Регулярные ежедневные проверки всего аэродрома. Этот уровень специально предназначен для беглой проверки общего состояния всех средств на площади маневрирования. Эти проверки проводятся как минимум четыре раза в день или четыре раза в рабочие часы аэродрома на предмет выявления крупных отказов, больших отклонений или непригодности к эксплуатации всех средств, в том числе являющихся ломкими. Проверяется общее физическое состояние всех ломких аэродромных наземных светосигнальных средств, расположенных на или вблизи ВПП и РД. Дополнительные проверки должны проводиться в сумерках для выявления отказа или нарушения юстировки огней.
- b. Уровень 2. Более детальные ежедневные проверки с разбивкой аэродрома на ряд небольших участков, которые по мере возможности проверяются пешком в целях проведения более тщательной оценки. На этом уровне все ломкие визуальные и не визуальные средства должны проверяться на предмет выявления повреждений, включая их фундаменты и узлы анкерного крепления. Особое внимание следует уделять средствам, расположенным в пределах летной полосы и концевой зоны безопасности ВПП. Кроме того, дважды в год следует проверять каждую систему огней приближения, ее кабельную сеть, осветительную арматуру, мачты и другие поддерживающие опоры.
- c. Уровень 3. Административная проверка/аудит, проводимая старшими сотрудниками службы эксплуатационно-технического обеспечения. Этот уровень, по существу, представляет собой аудит проверки уровня 2 и обеспечивает полное участие руководителей эксплуатационно-технических служб в общем процессе проверок в контролируемой зоне в рамках системы управления безопасностью полетов. На этом уровне персонал должен физически проверить все средства, которые должны быть ломкими.

7.3.3 Следует тщательно регистрировать проверки и аудиты всех трех уровней, а также документы, удостоверяющие личность проверяющих. Кроме того, на всех трех уровнях следует предусмотреть формальный процесс представления соответствующему органу информации о недостатках и подтверждения о принятии профилактических мер. Процесс трехуровневых проверок должен регулярно пересматриваться для обеспечения эффективности системы в результате усовершенствования процесса, а также внесения технологических и других изменений. Процесс проверок, описанный в п. 7.3.2, позволяет поддерживать высокий уровень безопасности полетов воздушных судов и гарантирует самое эффективное применение принципов управления безопасностью полетов во всех контролируемых зонах.

7.3.4 Кроме того, программу технического обслуживания следует разрабатывать, внедрять и осуществлять в соответствии с рекомендациями и/или требованиями поставщика комплектующих изделий. Все работы по техническому обслуживанию должны проводиться подготовленным и компетентным персоналом, а все процедуры должны гарантировать, что средства являются безопасными, надлежащим образом функционируют и предоставляют летным экипажам правильную информацию, неискаженное оптическое изображение и точное наведение.

7.3.5 Следует разработать дополнительные процедуры проверки ломких средств, которые могут подвергаться воздействию сильных ветров, других неблагоприятных погодных условий или нагрузки, создаваемой, например, реактивной струей.