|  |  |
| --- | --- |
| *voenmeh* | МИНОБРНАУКИ РОССИИ  федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  **(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)** |
| БГТУ.СМК-Ф-4.2-К5-01 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет |  | Е |  | Оружие и системы вооружения |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Кафедра |  | Е6 |  | Управление в технических системах |
|  |  | шифр |  | наименование |

КУРСОВАЯ РАБОТА

|  |
| --- |
| Испытания авиационных бомб |
|  |
|  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы | | | |  | Е6М31 |
| Костромин Д.С. | | | | | |
| Фамилия И.О. | | | | | |
| **РУКОВОДИТЕЛЬ** | | | | | |
| Карпов С.А. | |  |  | | |
| Фамилия И.О. Подпись | | | | | |
| Оценка |  | | | |  |
| «\_\_\_\_\_» |  | | | | 201\_г. |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2019 г.

**Содержание**

1. Определение понятия авиабомба…………………………………………2
2. Подвеска авиабомб……………………………………………………..…3
3. Испытание авиабомб……………………………………………………...5
4. Методика испытаний на герметичность…………………………….......8
5. Методика испытаний на вибрационную прочность……………………11
6. Заключение………………………………………………………………..17
7. **Определение понятия авиабомба**

Авиационная бомба или авиабомба, один из основных видов [авиационных средств поражения](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1) (АСП). Сбрасывается с [самолёта](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D1%91%D1%82) или другого [летательного аппарата](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82), отделяясь от держателей под действием [силы тяжести](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8) или с небольшой [начальной скоростью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) (при принудительном отделении).

**Классификация основного назначения**

* [ФАБ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D1%8B_(%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F)#%D0%A4%D1%83%D0%B3%D0%B0%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B5) — фугасная
* [БетАБ (также - БЕТАБ)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D1%8B_(%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F)#%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B8_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5) — бетонобойная
* [ЗАБ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D1%8B_(%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F)#%D0%97%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B8_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE-%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5) — [зажигательная](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B0)
* [ОДАБ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D1%8B_(%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F)#%D0%97%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B8_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE-%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5) — [объемно-детонирующая](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%8B_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D1%91%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B2%D0%B7%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0)
* КАБ — [корректируемая](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%90%D0%91)
* [РБК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D1%8B_(%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F)#%D0%9A%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5) — разовая бомбовая кассета

**Основные характеристики авиабомб**

* [Калибр](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B1%D1%80) — номинальная [масса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0) авиабомбы с установленными геометрическими размерами, выраженная в [килограммах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC) или [фунтах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D1%82_(%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)) (в России и СССР до начала 1930-х гг. - в [пудах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%83%D0%B4)). Для авиабомб СССР и России калибр указывается в условном обозначении бомбы после наименования типа.
* Коэффициент наполнения — отношение массы снаряжения ([взрывчатого вещества](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B7%D1%80%D1%8B%D0%B2%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0)) к полной массе бомбы. Он изменяется в интервале от 0,058 ([БрАБ-200ДС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%90%D0%91)) - 0,069 ([АО-10сч обр. 1940 г.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%9E-10_(%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B0))) до 0,83 ([GBU-43/B](https://ru.wikipedia.org/wiki/GBU-43/B)). Наибольший коэффициент наполнения у фугасных бомб поверхностного взрыва, наименьший — у реактивных (с ракетным ускорителем) бронебойных и осколочных.
* Аэродинамические характеристики авиабомбы, определяются её [баллистическим коэффициентом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82). В СССР и России эталонной характеристикой, определяющей этот коэффициент, принято значение характеристического времени падения авиабомбы — время падения авиабомбы, сброшенной в горизонтальном полёте носителя на скорости 40 м/с и высоте 2000 метров.
* Показатели эффективности поражения авиабомб:
  + Частные — определяющие конкретный характер ущерба для цели: радиус и глубина воронки взрыва, толщина пробиваемой бомбой брони, радиус осколочного поражения, площадь зоны поражения для фугасных бомб и др.
  + Обобщённые — определяющие необходимое количество попаданий в цель для его уничтожения или вывода из строя на заданное время, приведённую площадь поражения и т. д.
* Эксплуатационные характеристики — диапазон условий применения авиабомб: минимальные и максимальные значения скорости, высоты, угла пикирования и времени полёта; условия хранения, транспортировки, объём подготовки к боевому применению и т. д.

**Подвеска авиабомб**

Первоначально авиационные боеприпасы брались пилотом или другими членами экипажа в кабину, и просто руками выбрасывались при полёте над целью. В дальнейшем стали применяться различные дистанционные устройства подвески бомб на держатели, их приведения в активное состояние перед сбросом и непосредственно сам сброс.

При расположении боеприпасов внутри фюзеляжа (это называется «внутренняя подвеска») конструктивно предусматриваются специальные отсеки вооружения (грузовые отсеки), закрываемые в полёте створками. Внутри такого отсека, как правило, находятся кассетные бомбовые держатели (КД), представляющие собой раму с направляющими, электрозамками, механизмами подъёма грузов, цепями блокирования и сброса, и т. д. На каждую кассету может подвешиваться несколько авиабомб в ряд. Также достаточно широко применяются различные контейнеры, которые снаряжаются боеприпасами на земле специально обученными людьми и поднимаются в грузоотсек уже полностью готовыми к применению. В грузоотсеке могут находиться и другие виды держателей и различных устройств для перевозки и применения различных грузов — балочные держатели, катапультные устройства и др.

При расположении боеприпасов снаружи на конструкции самолёта («внешняя подвеска») часто применяются универсальные многозамковые балочные держатели (МБД). Например, конструкция балочного держателя МБД3-У9 позволяет подвесить на него до девяти бомб калибра 250 кг группами по три штуки. Также специализированные балочные держатели применяются для подвески ракетного оружия.

Процесс подвески авиабомб и грузов часто механизирован. Широко применяются лебёдки с ручным или электрическим приводом — в последнем случае для централизованного управления стандартными электролебёдками Бл-56 используется мобильный пульт управления на базе тележки ТСУЛ-56.

Необходимо отметить, что чем больше летательный аппарат, тем более гибко и универсально его боевое применение, допускающее множество комбинаций (вариантов загрузки) различными типами авиационных средств поражения (АСП). В отечественной авиации имеются машины, в которых предусмотрено до 300 различных вариантов загрузки, в зависимости от особенностей каждой конкретной задачи.



Рис.1. [Фугасная авиационная бомба ФАБ-250М-62](http://yandex.ru/clck/jsredir?from=yandex.ru%3Bimages%2Fsearch%3Bimages%3B%3B&text=&etext=1991.edxLG0vC2kHjMabQ2LgBF41zGhRT2OyrlfA_o4WT1HsMhRw2ZJ22rlY6_slO5IBVOErUEeHrbLnku8w0Gb8f-1Q6LptI4ZJTc_PF1JQruhjKVnuYz7xqsQRX5WN_yAG7f-m5ZQjMVsOTpkN6zlzQOmbRIpybiSPsqvR2LW9FqKYOYWxDu1ExgQdm0z0xqzNm7rd-A-fWxdOxmj8gSAqhzg.0ee2bd233fd77014bf81aa69d87c90f8e8d6b7d3&uuid=&state=tid_Wvm4RM28ca_MiO4Ne9osTPtpHS9wicjEF5X7fRziVPIHCd9FyQ,,&data=,&sign=0d72163c751126dc97c5c3ff735f1b61&keyno=0&b64e=2&l10n=ru)



Рис.2. [АБ](http://yandex.ru/clck/jsredir?from=yandex.ru%3Bimages%2Fsearch%3Bimages%3B%3B&text=&etext=1991.edxLG0vC2kHjMabQ2LgBF41zGhRT2OyrlfA_o4WT1HsMhRw2ZJ22rlY6_slO5IBVOErUEeHrbLnku8w0Gb8f-1Q6LptI4ZJTc_PF1JQruhjKVnuYz7xqsQRX5WN_yAG7f-m5ZQjMVsOTpkN6zlzQOmbRIpybiSPsqvR2LW9FqKYOYWxDu1ExgQdm0z0xqzNm7rd-A-fWxdOxmj8gSAqhzg.0ee2bd233fd77014bf81aa69d87c90f8e8d6b7d3&uuid=&state=tid_Wvm4RM28ca_MiO4Ne9osTPtpHS9wicjEF5X7fRziVPIHCd9FyQ,,&data=,&sign=0d72163c751126dc97c5c3ff735f1b61&keyno=0&b64e=2&l10n=ru) на подвесе

**Испытание авиабомб**

Важнейшим этапом создания авиабомб является проведение аэробаллистических испытаний, на которые приводится значительная доля затрат материальных и временных ресурсов. Эти испытания являются по сути внешнебаллистическими, т.к. рассматривается движение его на траектории под воздействием сил, действующих на него со стороны окружающей среды.

По месту, занимаемому в процессе создания АБ, аэробаллистические испытания можно разделить на три большие группы:

1. Аэромеханические испытания.

2. Внешнетраекторные испытания.

3. Летные испытания.

Задачей аэромеханических испытаний является определение характера обтекания, сил и моментов, возникающих при взаимодействии объекта с набегающим потоком воздуха. Данные исследования можно проводить двумя методами:

- телу сообщается определенная скорость относительно неподвижного воздуха, и определяются параметры движения объекта (прямой метод);

- воздуху сообщается определенная скорость относительно неподвижного тела, при этом обеспечивается тождественное с первым методом силовое взаимодействие между телом и воздухом (обратный метод).

Прямой метод является основой натурных или летных испытаний, наиболее приближенных к реальным условиям эксплуатации АБ. Недостатками этого метода является большая стоимость исследований, невозможность испытания большого числа вариантов АБ с целью получения оптимальных характеристик.

Обратный метод, основанный на принципе обращенного движения, широко используется на предварительных этапах проектирования и позволяет без больших затрат определить аэродинамические характеристики различных вариантов и схем АБ. Этот метод реализуется в аэродинамических трубах при широком использовании теории подобия.

Внешнетраекторные испытания имеют целью исследовать параметры движения центра масс АБ на траектории и взаимодействия различных систем. Эти испытания проводятся чаще всего в условиях полигона на баллистической трассе, оснащенной необходимым оборудованием. Эти испытания являются следующим этапом в разработке АБ, приближенным к реальным условиям эксплуатации.

Летные испытания наиболее приближены к реальным условиям и во многом перекликаются с внешнетраекторными исследованиями. При их проведении определяется местонахождение АБ, его угловая ориентация, характеристики работы всех его систем, оценивается управляемость АБ и т.п. Летные испытания являются заключительным и более дорогим этапом создания АБ. В полном объеме они проводятся для крупных АБ.



Рис.3. Высокоточная управляемая АБ

**Методика испытаний на герметичность**

Методика испытаний на герметичность заключается в поиске трещин, микротрещин, течей, протеканий и т.п. Для авиабомб эти испытания актуальны, т.к. на них действуют различные климатические факторы и физические процессы. На рисунках ниже представлены основные методы контроля герметичности корпусов авиабомб.

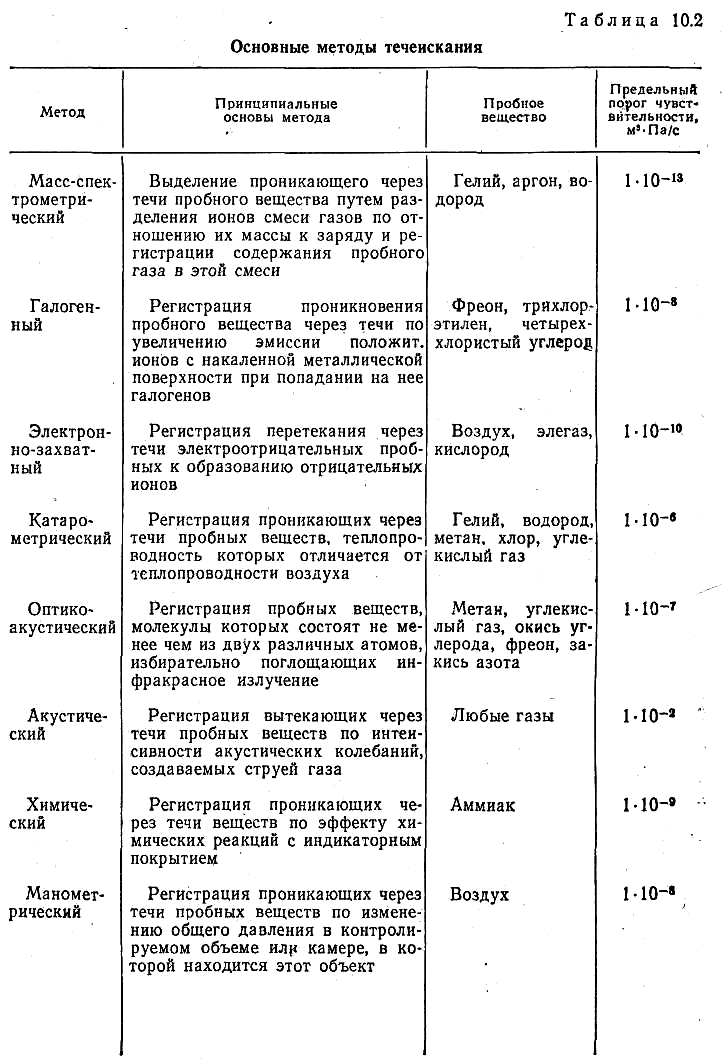
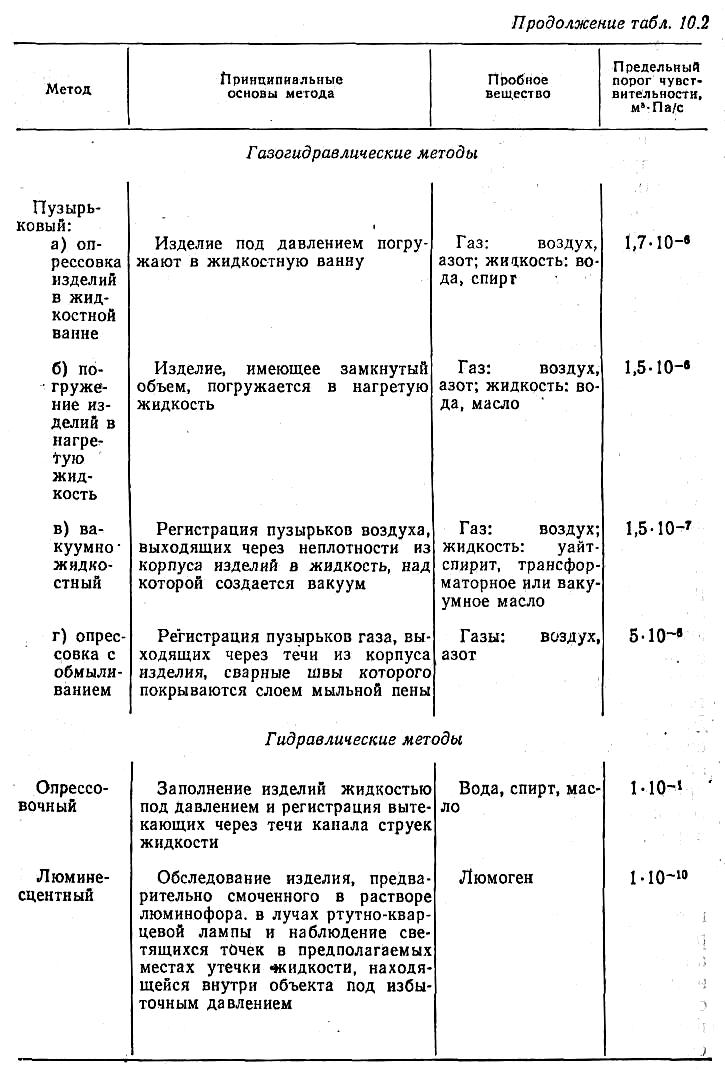
Рис.4. Таблица 10.2 

Рис.5. Таблица 10.2

**Методика испытаний на вибрационную прочность**

Принятие на вооружение ВВС новых самолетов типа Су-34 существенно изменило тактику боевого применения АБ и, соответственно, требования тактико-технического задания (ТТЗ) по назначенному ресурсу АБ (от 6 до 36 часов), что потребовало изменения всей технологии испытаний на ресурс.



Рис.6. АБ на внешней подвеске носителя

Проведение летных испытаний на назначенный ресурс в новых условиях связано со значительными техническими трудностями (увеличением продолжительности каждого полета, дозаправкой в воздухе и др.) и крупными финансовыми затратами. Для сокращения объема летных ресурсных испытаний используется их частичная замена лабораторно-стендовыми испытаниями в сочетании с использованием методик расчетного определения характеристик НДС и долговечности конструкции при действии эксплуатационных нагрузок.

Лабораторно-стендовые испытания проводятся на основе разработанной типовой методики предварительных стендовых испытаний на назначенный ресурс авиационных бомбовых средств поражения по критериям вибрационной прочности, виброустойчивости бортовых устройств и приборов, и сопротивления усталости с применением измерительно-вычислительного комплекса с системой управления вибростендом (ИВК СУВ).

В основу методики положены требования ТТЗ по назначенному ресурсу и характеристики нагружения, полученные в результате специальных летных испытаний (СЛИ) АБ по программе, разработанной ФГУП «ГНПП «Базальт», ОАО «ОКБ Сухого», ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова», на режимах полета, включающих все эволюции типовых полетов на боевое применение АБ с самолета Су-34. Особенностью проведения стендовых испытаний является воспроизведение нагрузок, идентичных реальным, зарегистрированных бортовой аппаратурой во время проведения СЛИ и записанных на жесткие носители.

При летных испытаниях на конструкцию АБ действуют переменные нагрузки, значения уровней и частот которых изменяются в широких пределах. Реакцию образца на действие этих нагрузок приближенно можно представить в виде суперпозиции нерегулярной последовательности низкочастотных реакций и вибрации. В качестве исходных данных о переменных нагрузках на конструкцию используются результаты измерений виброускорений образца АБ и деформаций в крыльях и хвостовом оперении в течение всего полета при проведении СЛИ, которые в общем случае представляют собой существенно нестационарные случайные процессы.

Вибрационные испытания проводятся на электрогидравлическом вибростенде в диапазоне частот 1-300 Гц. Перед началом испытаний изделие извлекается из тары и проводится проверка герметичности воздушным давлением 0,08 МПа и визуальный осмотр образца с целью выявления внешних дефектов и отклонений от требований чертежа. После чего проводится установка образца на вибрационном стенде в специальном приспособлении, имитирующем подвеску его под самолетом (рис. 2).



Рис.7. Установка АБ с крепежным приспособлением на платформе вибростенда

Для измерения параметров вибрации в качестве виброизмерительных преобразователей (ВИП) используются пьезоэлектрические акселерометры. Определение динамических свойств изделия заключается в записи амплитудночастотных характеристик в точках установки дополнительных ВИП при постоянном уровне вибрации в контрольной точке с целью выявления резонансов конструкции (рис. 3).

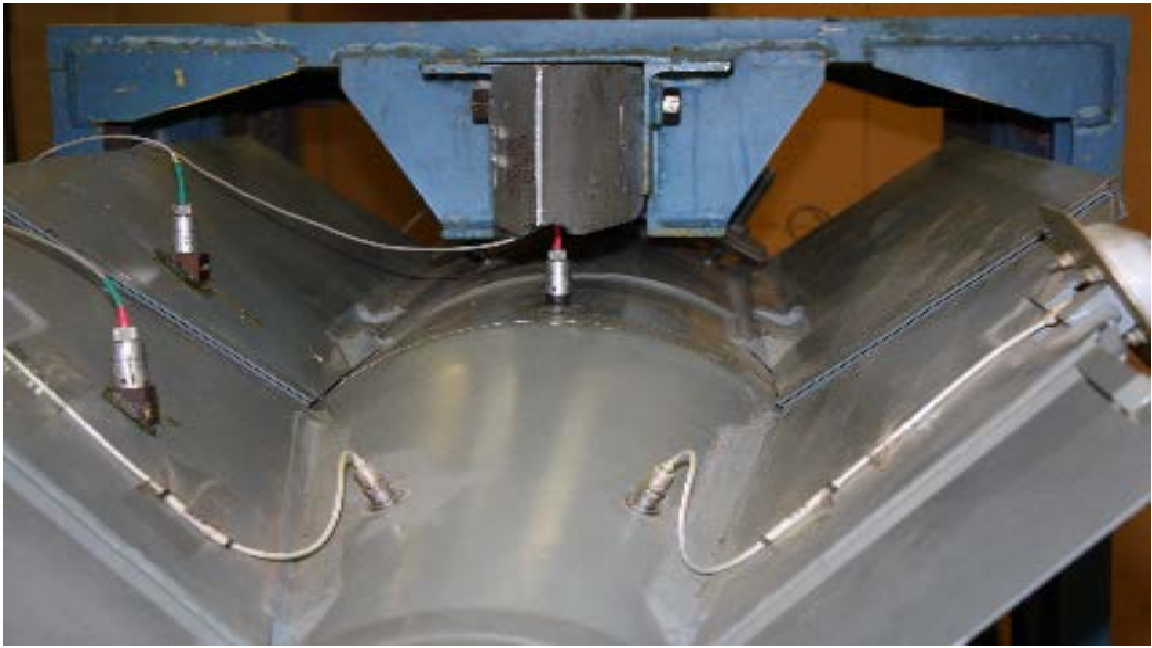


Рис.8. Установка вибропреобразователей на изделие

Для разработки режимов стендовых испытаний изделий на вибрационную прочность и виброустойчивость материалы с параметрами их вибронагружения в процессе лётных испытаний представляются в виде файлов с реальными вибросигналами, зафиксированными виброаппаратурой с аналоговыми фильтрами в полосе частот 3-500 Гц. Формирование режимов стендовых испытаний (рис. 4) осуществлялось в полном соответствии с требованиями ТТЗ с использованием информации о параметрах виброускорений и напряжений, измеренных при проведении летных испытаний.

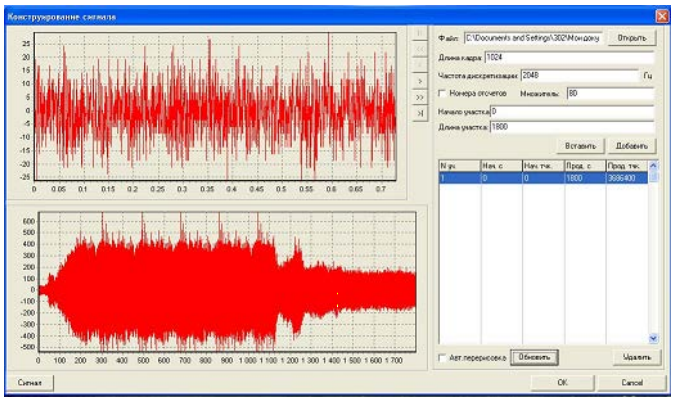


Рис. 9. Формирование режимов стендовых испытаний АБ на назначенный ресурс с применением ИВК СУВ

Эта информация преобразуется в процессы, соответствующие отдельным этапам полета носителя, что позволяет в испытательном комплексе «Прочность» ФГУП «ГНПП «Базальт» моделировать реальное нагружение АБ и их элементов в условиях боевого применения самолета Су-34 с изделием.

Характеристики вибронагружения испытуемого образца и напряжений в элементах его конструкции регистрируются с помощью ИВК СУВ во время проведения стендовых испытаний в реальном режиме времени. Обработка реализаций случайных процессов вибронагружения АБ заключается в определении характеристик ускорений: средних, среднеквадратических значений и спектральных плотностей ускорений. Эквивалентность воспроизводимых и реальных процессов определяется степенью близости их спектральных плотностей.

Усталостные разрушения составляют основной вид разрушения элементов конструкции. Современная практика испытаний на усталость показала, что, несмотря на существенное увеличение возможностей оборудования для проведения повторностатических испытаний, вопрос упрощения структуры процесса нагружения применительно к практике установления ресурсных характеристик изделий авиационной техники стоит в ряду первоочередных из-за несовершенства методик моделирования нагружения.

Для испытаний несущих элементов изделия, которые наиболее нагружены, были изготовлены специальные приспособления (рис. 5, 6).



Рис.10. Установка элементов АБ в специальном приспособлении



Рис.11. Установка элементов АБ в специальном приспособлении

При их помощи обеспечивается уровень напряжений в элементах АБ, сопоставимый с напряжениями, возникающими в натурных условиях.

Формирование режимов стендовых испытаний по условиям сопротивления усталости осуществлялось с использованием информации о параметрах напряжений, замеренных в ходе проведения СЛИ АБ на самолете Су-34. В качестве исходных данных для нагружения конструкции при проведении усталостных испытаний используются показания датчиков деформации (тензорезисторов), размещенных на крыльях и элементах хвостового оперения. Тензодатчики типа КФ5П1-10-200 были установлены на крыле и на пере несущей поверхности (рис. 6, 7), вблизи сварных швов. При эксплуатации эти зоны являются наиболее вероятным местом образования усталостных трещин.

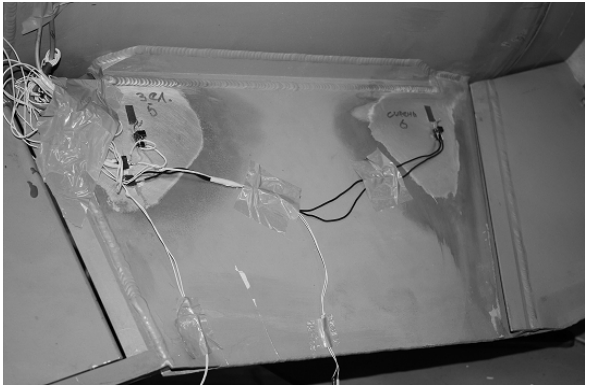


Рис.12. Расположение тензодатчиков на пере

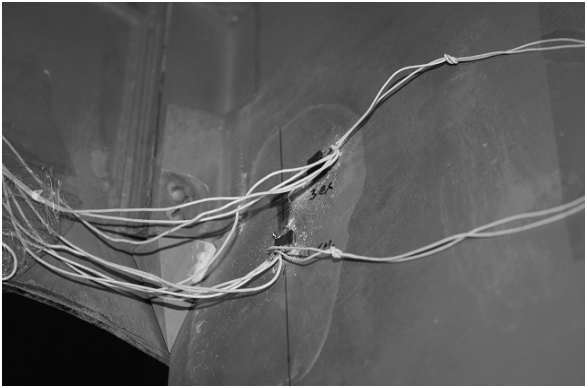


Рис.13. Расположение тензодатчиков на крыле

**Заключение**

Методы испытаний авиабомб весьма обширны. В настоящее время испытания самой авиабомбы производятся только на конечном участке разработки. Основные испытания проводятся над узлами и деталями авиабомбы, что позволяет упростить сами испытания и уменьшить затраты на их проведение. Так же стало доступно моделирование испытаний, что значительно ускоряет и упрощает проведение испытания.

**Список использованной литературы.**

1. [http://docs.cntd.ru/document/1200005277 - ГОСТ 24053-80](http://docs.cntd.ru/document/1200005277%20-%20ГОСТ%2024053-80), Методы испытаний на герметичность.
2. <http://wikiredia.ru/wiki/Ударопрочность>
3. [http://docs.cntd.ru/document/1200010717 - ГОСТ Р 51371-99](http://docs.cntd.ru/document/1200010717%20-%20ГОСТ%20Р%2051371-99), Испытание на воздействие ударов
4. [http://docs.cntd.ru/document/1200157208 - ГОСТ 7.32-2017](http://docs.cntd.ru/document/1200157208%20-%20ГОСТ%207.32-2017)
5. <https://studopedia.su/9_80898_modelirovanie-pri-aeromehanicheskih-ispitaniyah.html>
6. <https://studopedia.su/9_80897_tseli-i-zadachi-aeroballisticheskih-ispitaniy.html>
7. <https://mybiblioteka.su/4-62209.html>