

## ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БОЕВОЙ ЖИВУЧЕСТИ ВЕРТОЛЕТА ПО УСЛОВИЮ АЭРОУПРУГОСТИ

к.т.н. А.А. Корочкин, А.Г. Костаков, Э.А. Скуба  
(представил д.т.н. А.Б. Леонтьев)

*Предлагается исследование воздействия поражающих факторов на конструкцию летательных аппаратов и их способности выполнять боевые задачи в условиях противодействия мощных и высокоэффективных средств ПВО противника. Это необходимо для оценки эффективности проектируемых и уже созданных летательных аппаратов, правильной оценки возможных боевых потерь и т.д.*

**Актуальность.** Боевая живучесть летательного аппарата (ЛА) является одним из важнейших его свойств, которая в значительной мере определяет боевую эффективность и моральное состояние экипажа.

Под боевой живучестью ЛА понимают его способность выполнять полет в соответствии с боевым заданием при воздействии по нему огневых средств противника [1].

Наиболее сильное огневое противодействие при выполнении боевых задач встречают вертолеты армейской авиации.

Повреждения, которые получают вертолеты в результате воздействия поражающих факторов, приводят к снижению прочности и жесткости поврежденных элементов. Эти повреждения могут повлечь за собой или частичную потерю летных качеств, или полное разрушение конструкции и гибель вертолета.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Разрушение конструкции вертолета может происходить вследствие катастрофического падения прочности, потери ею статической или динамической устойчивости из-за снижения жесткостных характеристик.

Вопросы остаточной прочности и обусловленную ею боевой живучести вертолетов, поврежденных различными средствами поражения, к настоящему времени изучены достаточно хорошо [1, 2]. Что касается способов оценки боевой живучести вертолетов по условию аэроупругости, то они базируются в основном на анализе статистического материала, накопленного в результате испытаний и зачастую устаревшей авиационной техники. Естественно, такие испытания требуют значительных матери-

альных и временных затрат, что затрудняет проведение и использование материалов этих исследований на начальных этапах жизненного цикла вертолета.

**Постановка задачи.** В связи с этим возникает необходимость разработки аналитической методики оценки боевой живучести вертолета по условию аэроупругости, позволяющей проводить оценку боевой живучести вертолета и на этой основе разработать мероприятия, направленные на ее повышение.

**Изложение основных результатов.** В данной статье приводятся основные положения аналитической методики оценки боевой живучести вертолета по условию аэроупругости по отношению к снарядам ударного и дистанционного действия, которая включает следующие основные этапы (рис. 1):

- во-первых, анализ условий боевого применения вертолета, выбор типовых средств поражения и определения условий их взаимодействия, для которых следует оценивать боевую живучесть вертолета;
- во-вторых, формирование понятия «поражение» вертолета и анализ возможных причин поражения;
- в-третьих, моделирование на ЭВМ каждого типового условия воздействия средств поражения на вертолет и определение количественных характеристик боевой живучести.

Первый этап представляет самостоятельное предварительное исследование, которое проводится с целью определения типовых средств поражения и условий их применения. В результате выполнения этого этапа выбираются типовые условия воздействия средств поражения по вертолету, которые характеризуются:

- типом средства поражения и его характеристиками;
- типовыми дальностями, направлениями или ракурсами стрельбы;
- характеристиками законов рассеивания снарядов ударного действия в зависимости от дальности стрельбы или законом распределения координат точек подрыва снарядов дистанционного действия при их наведении по вертолету в рассматриваемых условиях.

На этом этапе на основании анализа условий боевого применения и результатов взаимодействия конструкции со средствами поражения формируются понятия «поражение» или «повреждение» вертолета по условию аэроупругости. Для этого необходимо:

- выбрать показатель боевой живучести вертолета по условию аэроупругости;
- установить значения этого показателя, необходимые для успешного выполнения рассматриваемых боевых заданий;

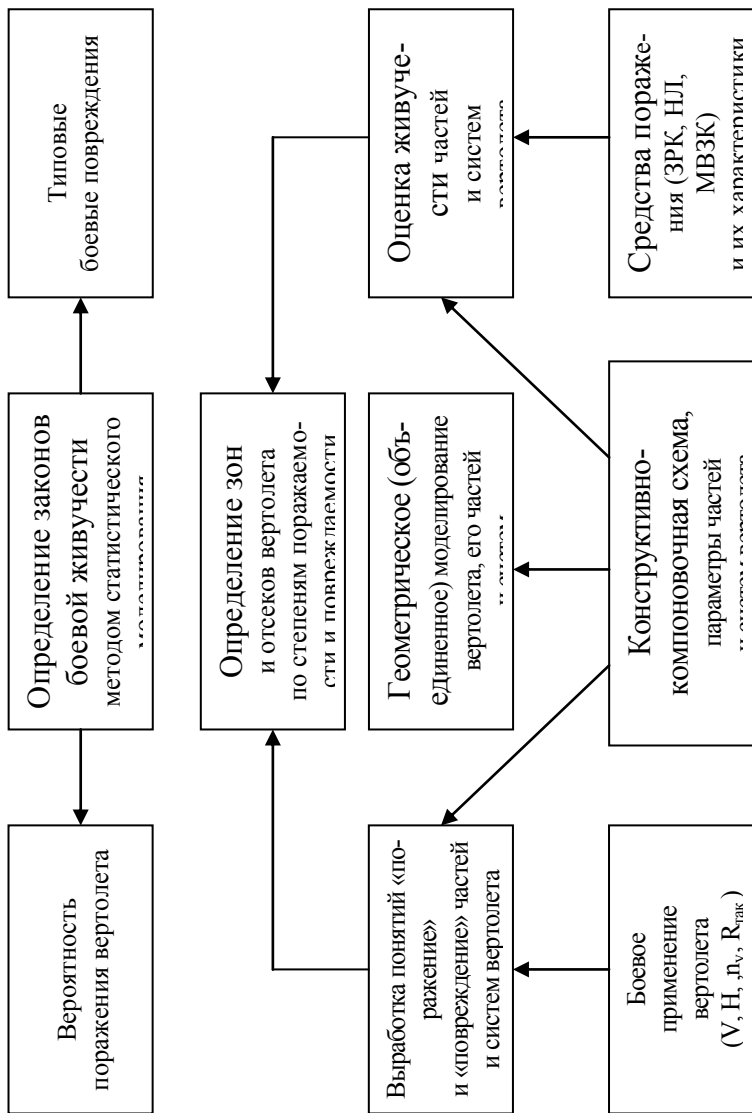


Рис. 1. Алгоритм оценки боевой живучести вертолета

– определить фактические значения показателя боевой живучести для вертолета после воздействия на него рассматриваемых средств поражения или характеристики повреждений, обеспечивающих необходимые значения показателя боевой живучести.

Следовательно, понятие «поражение» применимо в случаях, когда фактическое значение показателя боевой живучести вертолета меньше требуемого или размеры боевых повреждений превышают допустимые для данной конструкции по условию аэроупругости.

Учитывая то обстоятельство, что одной из главных причин повреждения вертолета по условию аэроупругости является разрушение лопасти несущего винта, то в качестве показателя боевой живучести вертолета по данной причине можно использовать критические скорости фиаттера  $V_{\phi}^{\text{пов}}$  и дивергенции  $V_{\text{д}}^{\text{пов}}$  поврежденной лопасти несущего винта.

Требуемое значение показателя боевой живучести определяется характером выполнения боевой задачи (скоростью и высотой полета, характеристиками требуемых маневров, удалением цели и т.д.).

Фактическое значение показателя боевой живучести определяется свойствами конструкции и эффективностью взаимодействующих с ней средств поражения.

При исследовании воздействия на конструкцию ударных снарядов для каждого типа средства поражения и ракурса стрельбы должна быть получена масштабная проекция вертолета на плоскость, перпендикулярную направлению стрельбы (картинную плоскость) с разбиением всей площади проекции на зоны поражения (уязвимые зоны), сформированные в соответствии с принятым понятием «поражение» вертолета. Свойства конструкции учитываются заданием для каждой из зон своего закона поражения, под которым понимается зависимость вероятности нанесения ущерба, достаточного для поражения вертолета от числа попавших в зону снарядов.

При определении размеров зон следует учитывать рикошетирование снарядов и взаимное экранирование частей вертолета. Контур проекции вертолета на картинную плоскость и границы всех зон обычно аппроксимируются отрезками прямых линий. Это, как показывают расчеты, позволяет обеспечить достаточную для практики точность и, вместе с тем, значительно упростить описания границ зон по сравнению с их описанием с помощью кривых второго или более высокого порядка, точно повторяющих реально видимые контуры вертолета и отдельных его частей.

Для анализа воздействия дистанционных средств поражения вертолет делится на уязвимые объемные отсеки, каждый из которых подвер-

гаются действию основных поражающих факторов снаряда: ударной волны и потока осколков (стержней). В качестве показателей, характеризующих поражения отсеков и приводящих к возникновению опасных явлений аэроупругости, выбираются:

- при воздействии ударной волны – удельный критический импульс;
- при воздействии потока осколков или стержней – критическая энергия потока.

Реальные свойства конструкции в рассматриваемом случае учитываются заданием для каждой грани каждого из отсеков соответствующих значений удельного критического импульса и критической энергии потока осколков (стержней).

Третий этап решения задачи включает, как уже отмечалось, моделирование стрельбы и определение количественных характеристик боевой живучести.

Моделирование стрельбы на ЭВМ снарядами ударного действия заключается в определении координат точек падения каждого снаряда из очереди, что позволяет выявить число снарядов, попавших в каждую из уязвимых зон [1]. При этом координаты точек рассеивания очередей и каждого снаряда в очереди определяются как случайные величины по схемам двух групп ошибок с нормальным законом распределения.

Количественные характеристики боевой живучести определяются методом статистических испытаний. Основные соотношения для их определения с помощью данного метода для наиболее общего случая – залпа очередей – следующие:

$$P_{\text{нп}}(\beta, \gamma) = 1 - P_{\text{пор}}(\beta, \gamma);$$

$$P_{\text{пор}}(\beta, \gamma) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{\text{пор}_i}(\beta, \gamma);$$

$$P_{\text{пор}_i}(\beta, \gamma) = 1 - \prod_{v=1}^k (1 - G_v),$$

где  $P_{\text{нп}}$  – вероятность непоражения вертолета;  $P_{\text{пор}}$  – вероятность поражения вертолета;  $P_{\text{пор}_i}$  – вероятность поражения вертолета  $i$ -й очередью;  $G_v$  – вероятность поражения  $v$ -й зоны по условию аэроупругости;  $N$  – количество залпов очередей, смоделированных при проведении статистических испытаний (машинного эксперимента);  $k$  – число уязвимых зон, на которые распределена площадь проекции вертолета;  $\beta, \gamma$  – углы, определяющие ракурсы стрельбы (рис. 2).

Вероятность нанесения  $v$ -й зоне ущерба, достаточного для поражения вертолета по условию аэроупругости, является функцией числа попавших в зону снарядов и определяется по одной из приведенных ниже зависимостей:

$$G_v = 1 - e^{-\alpha_v^{\text{зад}}, n_v} \quad (1)$$

или

$$G_v = 0, \text{ при } n_v < n_v^{\text{зад}}; \quad (2)$$

$$G_v = 1, \text{ при } n_v \geq n_v^{\text{зад}},$$

где  $\alpha_v^{\text{зад}}$  – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия каждого попавшего снаряда в смысле нанесения  $v$ -й зоне ущерба, способствующего поражению вертолета по условию аэроупругости;  $n_v$  – число снарядов из очереди, попавших в  $v$ -ю уязвимую зону;  $n_v^{\text{зад}}$  – число снарядов, попадание которых в  $v$ -ю зону нанесет ей ущерб, достаточный для поражения вертолета по условию аэроупругости.

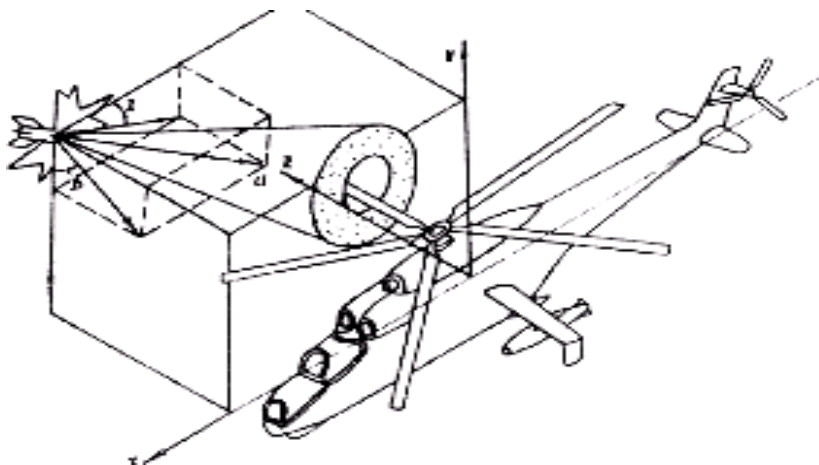


Рис. 2. Модель обстрела вертолета снарядами ударного действия

Выражения (1) и (2) представляют собой законы поражения для  $v$ -й зоны. Значения параметров  $\alpha_v^{\text{зад}}$  и  $n_v^{\text{зад}}$ , необходимые для количественной оценки боевой живучести. Определяются как типом применяемых снарядов, так и свойствами конструкции вертолетов.

Блок-схема моделирования стрельбы по вертолету, определения события «падение-промах» и вычисления вероятности поражения верто-

лета показано на рис. 3.

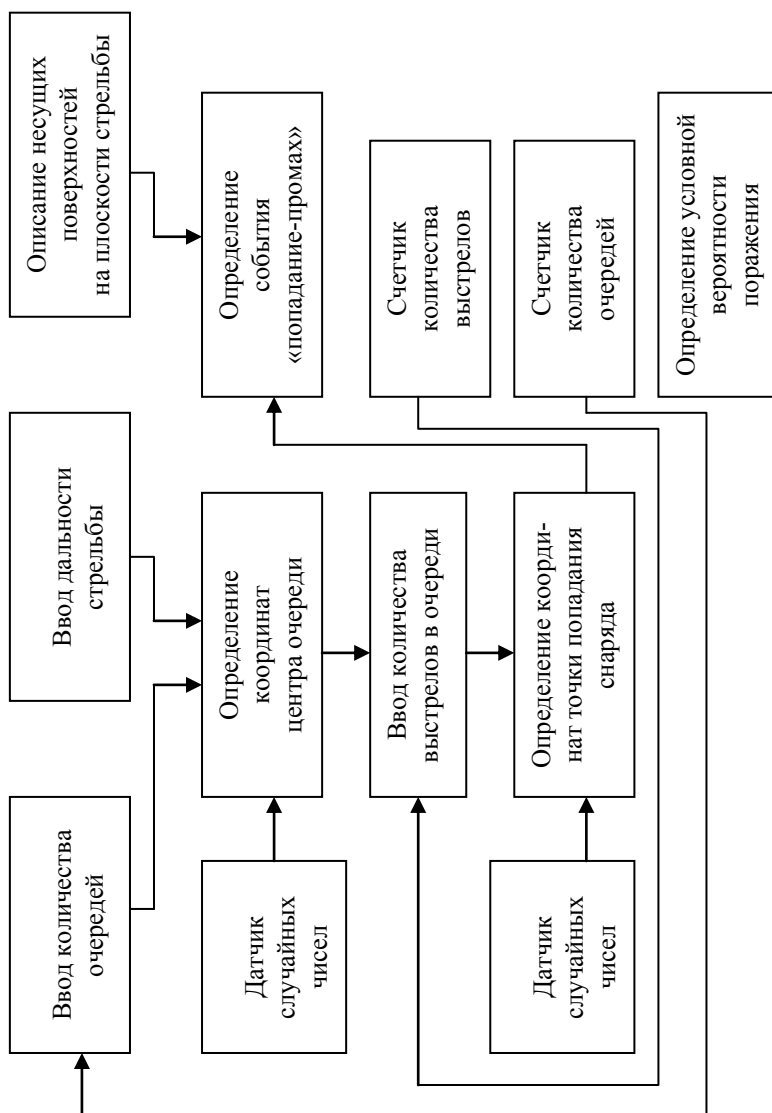


Рис. 3. Блок-схема моделирования стрельбы по вертолету

Моделирование действия на вертолет дистанционных снарядов с помощью ЭВМ включает:

- моделирование закона распределения координат точек подрыва;
- моделирование распространения ударной волны и ее действия на отдельные грани отсеков;
- моделирование распространения потока осколков (стержней);
- определение математического ожидания числа осколков, попавших в каждый из отсеков, средней удельной энергии и площади накрытия.

Количественные характеристики боевой живучести в данном случае также определяются методом статистических испытаний, причем рассматривается ряд различных положений снаряда (ракеты) по отношению к вертолету в момент подрыва.

Характеристики боевой живучести вертолета при действии на него снарядов дистанционного действия (рис. 4) определяются по формулам:

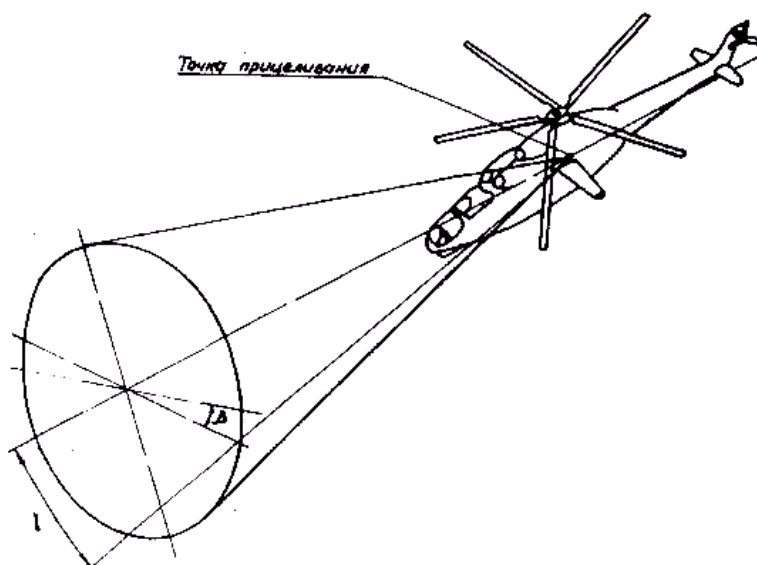


Рис. 4. Модель обстрела вертолета снарядами дистанционного действия



$$P_{\text{нп}}(x, y, z, \beta, \gamma) = \frac{1}{N_T} \sum_{i=1}^{N_T} P_{\text{нп}i}(x, y, z, \beta, \gamma);$$

$$P_{\text{нп}i}(x, y, z, \beta, \gamma) = \prod_{\mu=1}^k (1 - G_{\mu}),$$

где  $P_{\text{нп}i}$  – вероятность непоражения вертолета по условию аэроупругости при подрыве ракеты в  $i$ -й точке;  $G_{\mu}$  – вероятность нанесения  $\mu$ -му отсеку повреждений, которые вызовут явления аэроупругости;  $x, y, z$  – координаты точки подрыва ракета (рис. 4);  $\beta, \gamma$  – углы, определяющие положение вектора скорости ракеты (рис. 4);  $N_T$  – число точек подрыва, смоделированных при проведении статистических испытаний;  $K$  – число отсеков, на которое разделен весь объем вертолета.

Отсек считается пораженным, если суммарная энергия осколков  $E_{\mu j}$ , воздействующих на  $j$ -ю грань отсека, больше или равна критической энергии  $E_{\mu j}^{\text{кр}}$  для данной грани. Аналогично определяется и факт поражения отсека ударной волной: отсек считается пораженным, если удельный импульс ударной волны  $I_{\mu j}$  превышает критическое значение  $I_{\mu j}^{\text{кр}}$  для данной грани.

**Выводы.** Описанный выше подход позволяет производить оценку боевой живучести вертолета или отдельных его частей по условию аэроупругости на всех этапах его жизненного цикла, а также разрабатывать рациональные конструктивные мероприятия, направленные на повышение его боевой живучести без значительных временных и материальных затрат, связанных с проведением ее экспериментальной оценки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Туркин К.Л. и др. Конструкция летательных аппаратов. Ч. I. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1985. – 280 с.
2. Володко А.М., Литвинов А.Д. Конструкция вертолетов. – Х.: ХВВАИУ, 1984. – 443 с.

Поступила 12.02.2004

**КОРОЧКИН Александр Анатольевич**, канд. техн. наук, начальник кафедры Харьковского института ВВС. Окончил ВВИА им. Н.Е. Жуковского в 1978 году. Область научных интересов – вооружение, военная техника и их применение.

**КОСТАКОВ Андрей Геннадьевич**, старший преподаватель кафедры Харьковского

*института ВВС. Окончил Балаиовское ВВАУЛ в 1988 году. Область научных интересов – вооружение, военная техника и их применение.*

**СКУБА Эдуард Анатольевич**, преподаватель кафедры Харьковского института ВВС. Окончил Качинское ВВАУЛ в 1987 году. Область научных интересов – вооружение, военная техника и их применение.

---