

УДК 534.1:539.3:629.7.02

Г.Г. Онгирский, канд. техн. наук,  
А.Н. Шупиков, д-р техн. наук,  
С.В. Угримов, канд. техн. наук

## **ИСПЫТАНИЯ НА ПТИЦЕСТОЙКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОСТЕКЛЕНИЯ САМОЛЕТА**

Проблема столкновений воздушных судов с птицами существует практически с момента возникновения авиации. Так, первая воздушная катастрофа вследствие столкновения самолета с чайкой произошла еще в 1910 году в Калифорнии [1]. Сейчас только в России ежегодно регистрируется порядка пятидесяти столкновений летательных аппаратов с птицами [2].

Существуют два взаимно дополняющих направления решения этой проблемы [3]. Первое направление связано с орнитологическим обеспечением безопасности полетов, включающим в себя изучение способов и средств снижения численности птиц в зонах аэродромов, исследование техническими средствами миграционных перелетов птиц и обнаружение летящих птиц на пути следования воздушного судна и т.д. Задачей второго направления является обеспечение локальной прочности конструктивных элементов воздушных судов при их столкновении с птицами. Важность этого направления подтверждается наличием соответствующих требований в документах, регламентирующих нормы летной годности [4, 5].

Исследования в области птицестойкости элементов конструкций авиационной техники проводятся во всем мире [6 – 10]. Наряду с развитием расчетных методов для исследования прочностных характеристик элементов конструкций самолетов широко используется натурный эксперимент, воспроизводящий реальное воздействие птицы на конструкции самолета при столкновении в полете. Натурные испытания на птицестойкость, как правило, проводятся с использованием тушек птиц (утка, курица, скворец и др.) массой от 60 г до 4 кг. Однако использование тушек птиц при испытаниях усложняет методику эксперимента, а условия его проведения не соответствуют санитарным и эстетическим нормам. Избежать этих недостатков можно, используя в испытаниях имитаторы птиц [8, 9].

Настоящая работа завершает комплекс исследований по разработке имитатора птиц [9, 10] для испытаний конструкции летательных аппаратов на птицестойкость. В работе приведены данные натурных испытаний элементов остекления самолета АН-24 при ударе имитатором и тушкой птицы. В экспериментальных исследованиях использовались силиконовый имитатор птицы оригинальной конструкции и тушки кур.

### Имитатор птицы

Имитатор птицы представляет собой по форме цилиндр, сопряженный с полусферами [9, 10]. Длина имитатора – 24 см, диаметр – 11 см. Имитатор выполнен из силикона, упругие свойства и плотность которого аналогичны характеристикам мышечной ткани птицы ( $1,1 \text{ г/см}^3$ ). Вдоль оси имитатора расположен конструктивный элемент, моделирующий скелет и полости внутри птицы и позволяющий достичь средней плотности имитатора соответствующей средней плотности птицы ( $0,93 \text{ г/см}^3$ ).

Ранее [9, 10] было установлено, что имитатор достоверно воспроизводит воздействие птицы на плоские преграды. При этом имитатор не требует особых условий хранения, не загрязняет помещение для испытаний, а его остатки легко утилизируются.

### Испытательный стенд

Испытательный стенд состоит из разгонного устройства для метания, стенда-мишени и тензометрического комплекса.

Для разгона метаемых объектов применялось пневматическое разгонное устройство ГП «АНТК им. О.К. Антонова» с длиной ствола 8,7 м и диаметром 150 мм [9].

Стендом-мишенью служила кабина самолета АН-24Б. Исследовалась реакция стекол ТСК 009 (рис. 1) на удар имитатором и тушкой птицы.

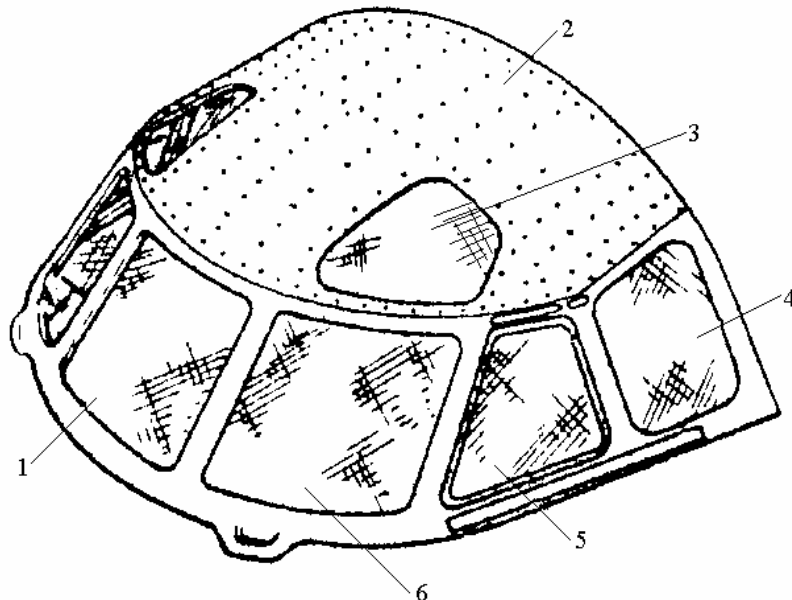


Рисунок 1 – Остекление кабины экипажа: 1 – лобовое стекло; 2 – панель; 3 – верхнее стекло; 4 – боковое стекло; 5 – форточка; 6 – левое стекло ТСК 009

Стекло ТСК 009 представляет собой стеклоблок, обрамленный по торцу герметиком и металлической рамкой (см. рис. 2). Стеклоблок состоит из трех силикатных стекол, соединенных склеивающими полимерными слоями. Среднее и внутреннее стекла являются силовыми элементами, воспринимающими нагрузки, а внешнее (покровное) – обеспечивает защиту нагревательного элемента от воздействия внешней среды и восприятия термических напряжений, возникающих при электрообогреве.



Рисунок 2 – Стекло ТСК 009 (левое)

Измерение деформаций проводилось методом динамического широкополосного тензометрирования. На внутреннюю поверхность стекол посередине наклеивалась шестикомпонентная розетка тензодатчиков (рис. 3). Для этого использованы малогазные (база измерения 1 мм) фольговые тензорезисторы. Датчики наклеивались таким образом, чтобы получить деформации остекления в вертикальном, горизонтальном и наклонном (под  $45^\circ$ ) направлениях. Вся получаемая информация дублируется.

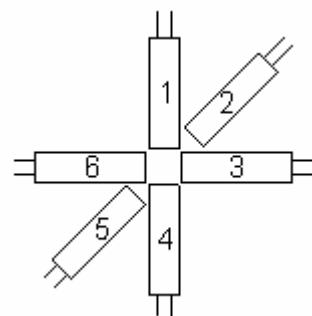


Рисунок 3 – Розетка тензодатчиков

## Результаты

Проведено исследование реакции и характера разрушения элементов остекления при ударе имитатором и тушкой птицы. Удар наносился посередине покровного стекла, направление метания было выбрано параллельно оси фюзеляжа. Испытания продолжались до начала разрушения внутреннего слоя остекления.

Установлено, что после первых ударов по остеклению сначала наблюдается растрескивание покровного стекла. При этом прочностные характеристики элемента остекления практически не изменяются. Под действием последующих ударов растрескивается внутренний слой остекления. При дальнейших испытаниях наблюдается пробой стекла.

На рис. 4 приведены деформации  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  и  $\varepsilon_3$  левого стекла ТСК 009, зафиксированные на тензодатчиках 1, 2, 3, при ударе тушкой птицы и

имитатором. Сплошной линией показаны результаты при ударе тушкой птицы массой 1,74 кг при скорости соударения 99,07 м/с, пунктирной – при ударе имитатором массой 1,75 кг при скорости соударения 98,63 м/с.

На рис. 5 приведено аналогичное сравнение деформаций стекла при ударе птицы массой 1,780 кг при скорости соударения 97,54 м/с и ударе имитатором массой 1,750 кг при скорости соударения 98,63 м/с .

Из рис. 4 – 5 видно, что реакция остекления на удар имитаторами по характеру и максимальным значениям деформаций подобна соответствующей реакции остекления на удар птицей.

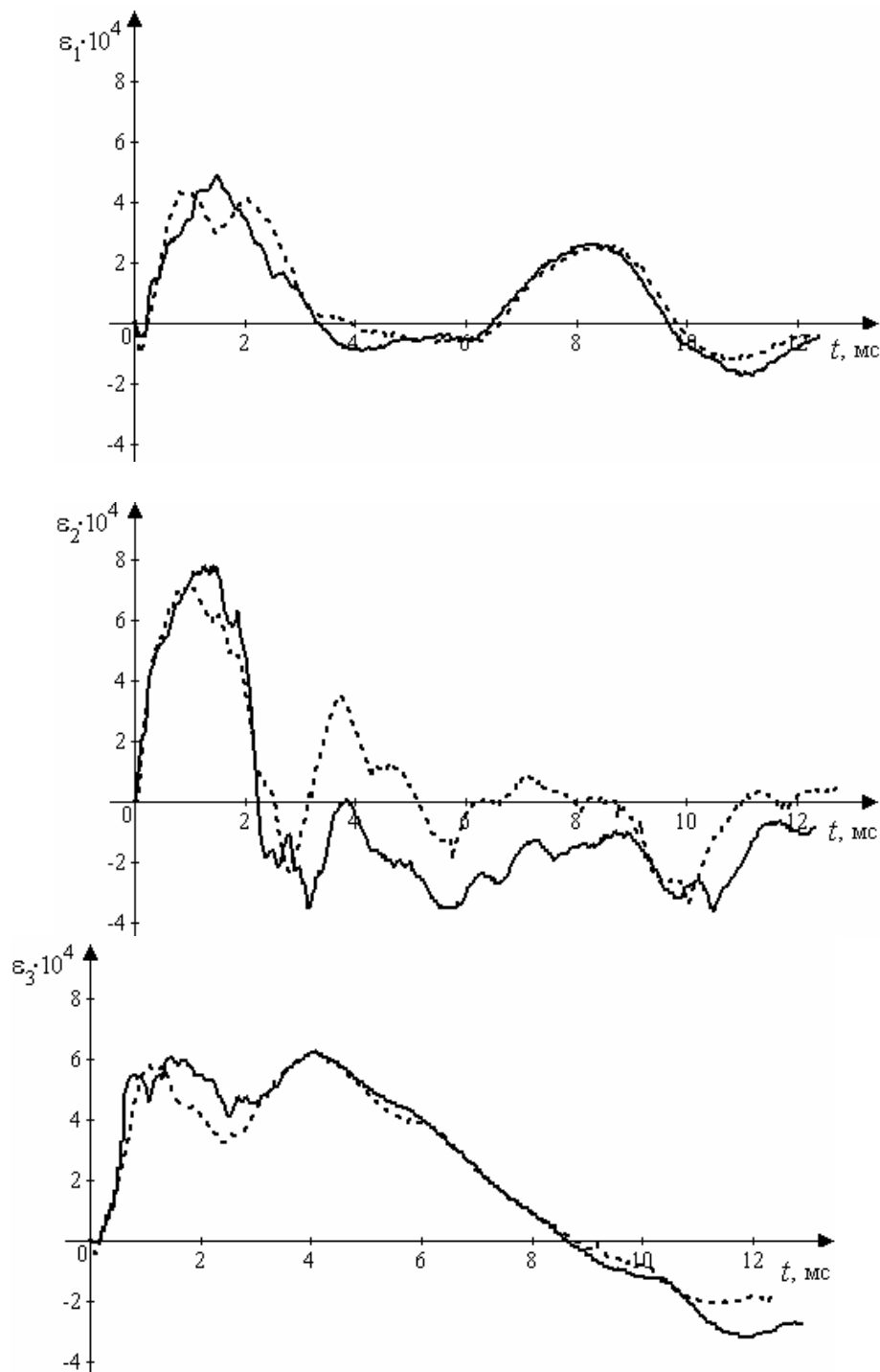


Рисунок 4 – Деформации стекла

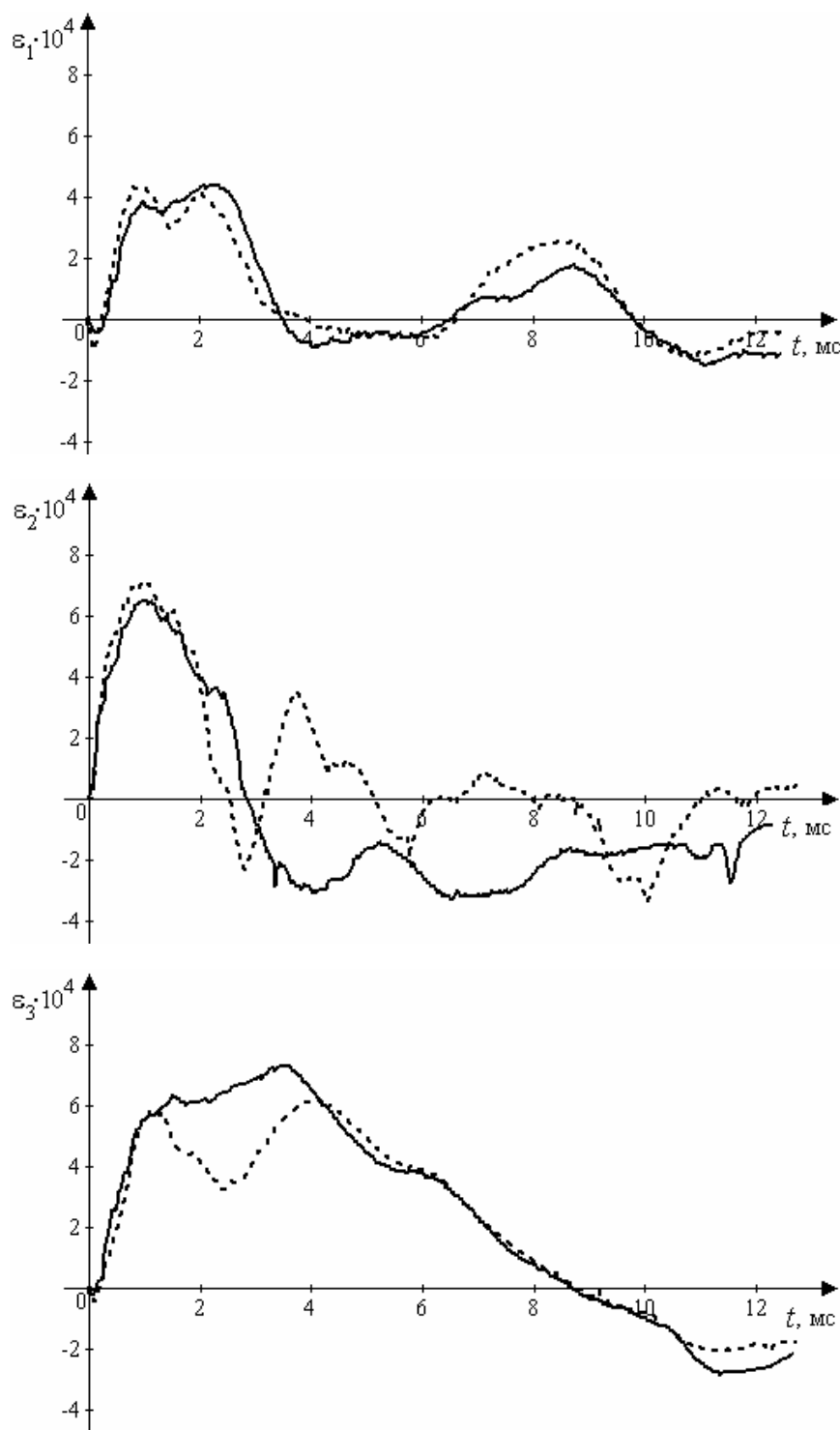


Рисунок 5 – Деформации стекла при ударе птицей и имитатором

### Выводы

Проведена серия экспериментов по определению реакции элементов остекления самолета АН-24 на удар имитаторами и тушками птиц. Приведены данные исследований деформаций и характера разрушений остекления ТСК 009. Экспериментально подтверждено, что исследуемые образцы остекления соответствуют выдвигаемым к ним требованиям по прочности при столкновении с птицей.

Проведен сравнительный анализ деформаций, возникающих при ударе имитатором и тушкой птицы. Результаты анализа показывают удовлетворительное совпадение экспериментальных данных, полученных при ударе имитатором и тушкой птицы. Повреждения остекления от воздействия имитатора и тушки птицы имеют схожий характер. Установлено, что разработанный имитатор птицы достоверно воспроизводит воздействие птицы на элементы остекления самолета и может быть использован при их натурных испытаниях.

#### Список использованных источников

1. Лаврик В.С. Летчик, внимание – птицы! / В.С. Лаврик, И.Ф. Рубцов, Э.А. Шерер. – М.: Изд-во Министерства обороны СССР, 1970. – 104 с.
2. Рыжов С.К. Атака на самолет // Газ. «Воздушный транспорт», № 22, май 2001 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otrugivanie.narod.ru/fa.html> – Загл. с экрана.
3. Рогачев А.И. Орнитологическое обеспечение полетов / А.И. Рогачев, А.М. Лебедев. – М.: Транспорт, 1984. – 126 с.
4. Нормы летной годности гражданских самолетов СССР. – М.: Межведомственная комиссия по нормам летной годности гражданских самолетов и вертолетов СССР, 1984. – 464 с.
5. Federal Aviation Regulation. Part 25. Airworthiness Standards, Transport Category Airplanes. – Amsterdam: FAA, 1991. – 177 p.
6. Уилбек Дж.С. Разработка модели птицы для ударных испытаний авиационных двигателей / Дж. С. Уилбек, Дж. Л. Ренд // Энергетические машины. – 1981. – Т. 103, № 4. – С. 126–133.
7. Wang Xinjun. Dynamic response analysis of bird strike on aircraft windshield based on damage-modified nonlinear viscoelastic constitutive relation / Wang Xinjun, Feng Zhenzhou, Wang Fusheng, Yue Zhufeng // Chinese Journal of Aeronautics – 2007. – V.20, № 6. – P. 511-517.
8. Budgey R. The development of a substitute artificial bird by the International Birdstrike Research Group for use in aircraft component testing // Conference of International Bird Strike Committee 25/WP-IE3. – Amsterdam, 2000. – P. 543–550.
9. Имитатор птицы для испытаний конструкции самолета на птицестойкость / Н.В. Долгополова, Г.Г. Онгирский, Н.В. Сметанкина и др. // Труды ЦАГИ. Прочность, колебания и ресурс авиационных конструкций и сооружений. – 2007. – Вып. 2675. – М.: ЦАГИ, 2007. – С. 46–50.
10. Онгирский Г.Г. Влияние кинематических факторов на реакцию деформируемой преграды при столкновении с птицей / Г.Г. Онгирский, А.Н. Шупиков, С.В. Угримов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – 2008. – Вып.5(56). – Х.:Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – С.54 – 62.

*Поступила в редакцию 05.03.2009 г.*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. А. Бычков,  
АНТК «Антонов», г. Киев*