

УДК: 629.73.001.63

## **Методика расчетного анализа особенностей распространения реактивных струй при взрыве пневматика в нише шасси**

Ю.А. Сорокин

### **Аннотация**

В статье описывается разработанная автором методика для определения воздействия струи в случае взрыва шины в нише шасси. При анализе последствий такого взрыва важно знать общую картину растекания струй, параметры возникающих потоков и особенности их взаимодействия с преградами. Впервые в практике отечественных ОКБ предложен системный подход к анализу параметров упомянутых струйных течений на основе вычислительных методов газовой динамики. Автором проведена серия прикладных расчетов применительно к семейству самолетов RRJ (Sukhoi SuperJet 100), результаты которых использованы при корректировке компоновки с целью обеспечения требований по безопасности полета, выдвигаемых как отечественными, так и зарубежными авиационными правилами.

### **Ключевые слова**

Шина; взрыв пневматика; ниша шасси; вычислительные методы газовой динамики; безопасность полетов.

### **Введение**

При проектировании пассажирских самолетов особое внимание уделяется их безопасности и надежности. Пункт 25.729(f) авиационных правил АП/CS/FAR-25 требует, чтобы «оборудование, необходимое для безопасной эксплуатации самолета, установленное на шасси и расположенное в нишах шасси, должно быть защищено от повреждения вследствие: взрыва пневматика, ...». Угрозу при разрушении шины представляет высоконапорная реактивная струя, истекающая через отверстие,

образующееся при разрыве. При взаимодействии с элементами конструкции, агрегатами и трубопроводами в нише шасси струя оказывает на них силовое воздействие, что может привести к их повреждению или разрушению, кроме того, возникает повышение давления в нише шасси.. Сложность поставленной задачи определяется взрывным характером процесса (давление внутри шины достигает 2-3 Мпа), скоротечностью процесса истечения сверхзвуковой струи (десятые доли секунды) и сложностью структуры течения, состоящего из сверхзвуковых и дозвуковых зон.

В настоящее время методика определения соответствия требованиям авиационных правил только разрабатывается. Единственным документом, обобщающим имеющуюся информацию по данной научно-технической проблеме, является Certification Review Item (CRI) D-05, подготовленный European Aviation Safety Agency (EASA). Однако в данном документе приводится лишь рекомендация по определению зон распространения реактивных струй (рис. 1): струя воздуха принимается в форме конуса с углом 36 градусов с осью, перпендикулярной поверхности шины в точке возникновения повреждения. Пределы оси конуса принимаются равными  $\pm 100$  градусов относительно плоскости симметрии колеса в центральной части шины, если только конструкция колеса и шины не образует меньшую величину угла диапазона. Имеются сведения о результатах некоторых экспериментальных работ, [1-4], однако имеющиеся в них данные не позволяют широко применять их результаты при решении рассматриваемой задачи.

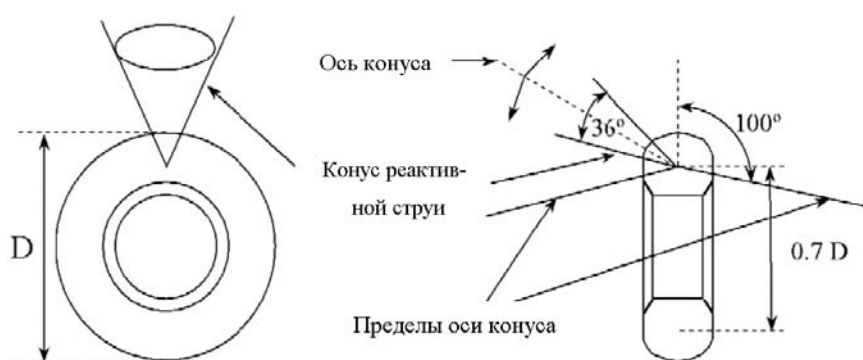


Рис. 1. Модель образования реактивной струи при разрушении шины.

Автором предложена методика определения воздействия реактивных струй, возникающих при разрыве шины, разработанная на основе численных расчетных исследований и включающая в себя следующие этапы (рис. 2):

1. Определение поражающих факторов, воздействующих на элементы ниши шасси

в случае разрушения шины.

2. Построение трехмерных моделей для определения критических систем и их компонентов, попадающих в зоны возможного воздействия струи и влияющих на безопасную эксплуатацию самолета.

3. Определение параметров газа внутри шин и в нише шасси для заданных расчетных случаев.

4. Проведение расчетных исследований с целью определения параметров взаимодействия реактивной струи с элементами ниши шасси.

5. Анализ по результатам расчетных исследований последствий воздействия струи на работоспособность функциональных систем и на безопасную эксплуатацию самолета, определение возможных критических ситуаций.

6. Проведение мероприятий по обеспечению безопасности в случае возможного разрушения шин, заключающихся в уточнении компоновки компонентов систем с целью исключения критических ситуаций, проведении (при необходимости) расчетных оценок нагруженности компонентов систем, подверженных воздействию струи и организация их конструктивной защиты.

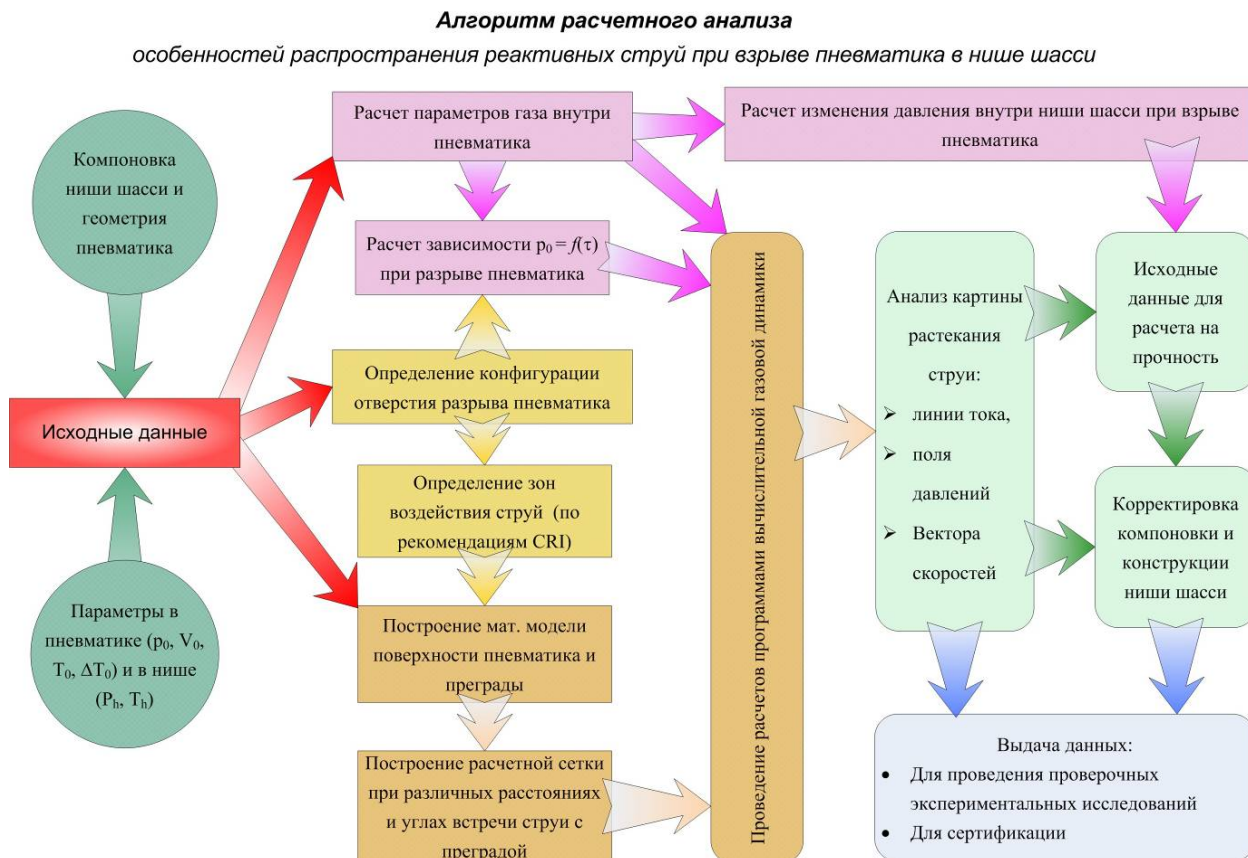


Рис. 2. Алгоритм расчетного анализа.

Течение, возникающее при разрушении шины, является трехмерным, вязким и турбулентным, состоящим из дозвуковых и сверхзвуковых зон, взаимодействующих как с твердыми стенками, так и с отраженными течениями. Поэтому в расчетных исследованиях с использованием инструментов вычислительной газовой динамики важное значение имеет выбор модели турбулентности. Проведенные различными авторами исследования показали [5], что картины течения, возникающие при взаимодействии струи и преграды, полученные экспериментально и численно, совпадают качественно и имеют хорошую количественную сходимость в случае моделирования трехмерного течения вязкого газа с применением модели переноса касательных напряжений - «SST  $k-\omega$  модели» (SST - Shear-Stress Transport).

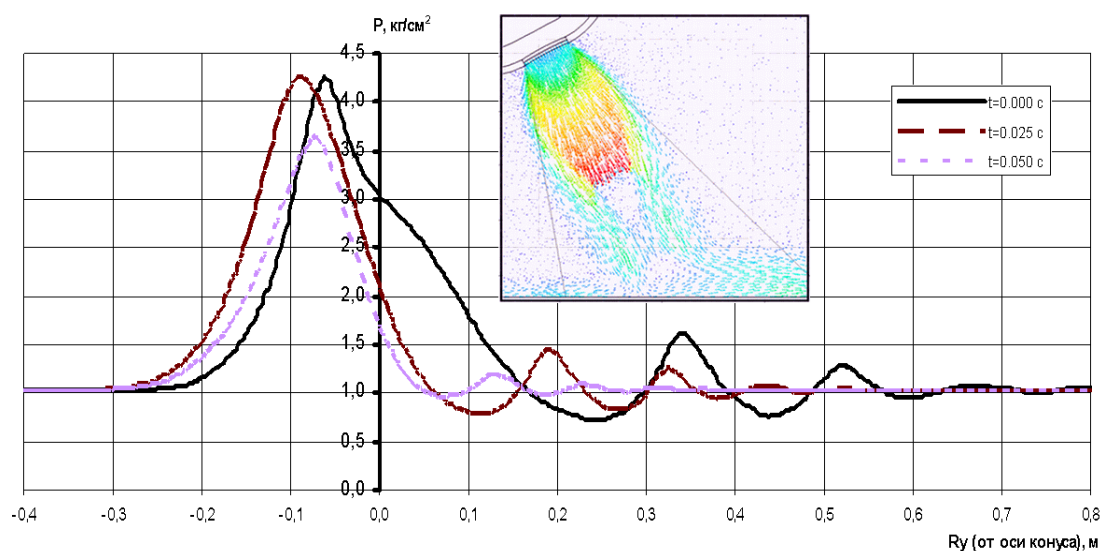


Рис. 3. Пример распределения давления на преграде.

Примеры результатов параметрических расчетных исследований распространения реактивных струй при разрыве шины в нише шасси, выполненных автором для типовых параметров шин пассажирских самолетов, представлены на рис. 3 и 4. Пример картины течения и распределения давления по преграде при угле встречи струи с преградой 60 градусов представлен на рис. 3. На основании полученных данных может проводиться анализ нагружения элементов ниши шасси с целью выдачи исходных данных для расчета на прочность и выдачи рекомендаций по проектированию ниши шасси.

С целью верификации расчетных исследований было проведено их сравнение с данными, полученными различными авторами. На рис. 4 наблюдается хорошая

сходимость при сравнении результатов (по максимальной величине давления на преграде при разном расстоянии до преграды) численного расчета с экспериментальными данными, представленными в [1]. Качественное сравнение полученных расчетных картин течения с результатами, полученными в ЦАГИ [3, 4], показало правильное отображение по результатам расчетов сложной структуры течения при натекании струи как по нормали к преграде, так и под углом к преграде (рис. 5).

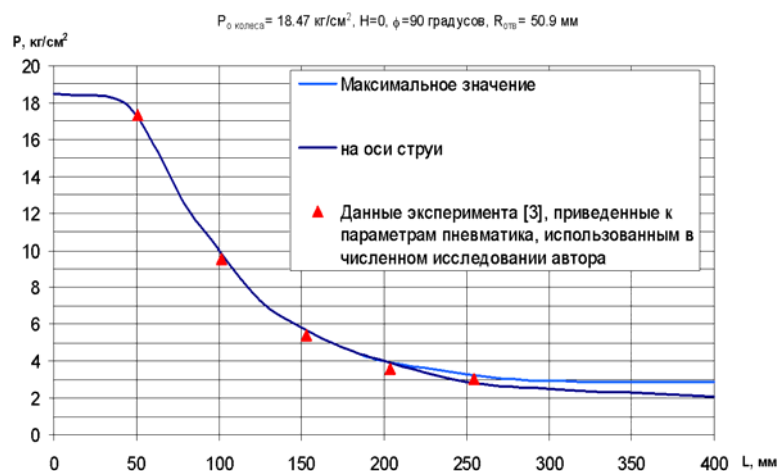


Рис. 4. Давление на плоской преграде при разных расстояниях до разрыва.

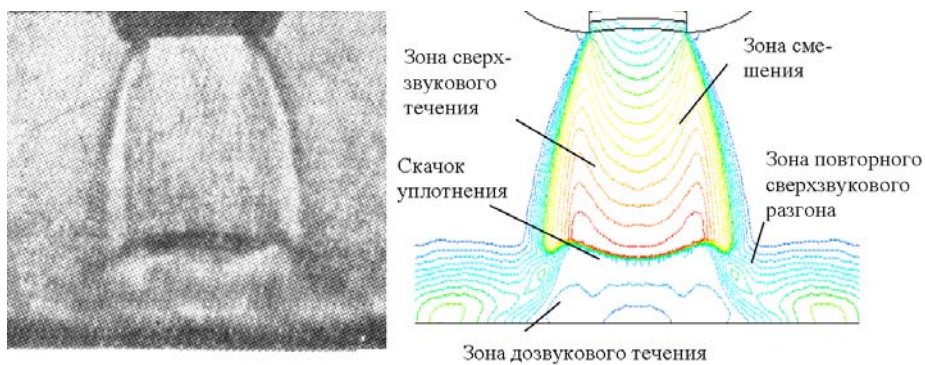


Рис. 5. Структура течения сверхзвуковой реактивной струи.

## **Заключение**

- Разработана методика и составлен алгоритм расчетного анализа воздействия реактивных струй, возникающих при разрыве шины, на элементы конструкции и агрегаты систем в нише шасси.
- По результатам численного исследования выявлены особенности течения, возникающего при взаимодействии сверхзвуковой струи с преградой.
- Проведены параметрические расчеты и получены зависимости давления от времени, от расстояния между отверстием разрыва и преградой, от угла встречи струи с преградой.
- Показано, что результаты численного исследования удовлетворительно согласуются с имеющимися экспериментальными данными.

## **Библиографический список**

[1] Боброва Ю.В. Экспериментальная оценка воздействия газодинамического импульса на элементы конструкции при разрыве пневматика. //«Авиакосмическая техника и технология», №1, 2005 г.

[2] Боброва Ю.В. Расчет воздействия реактивной струи на стенки ниши шасси. //«Авиакосмическая техника и технология», №1, 2005 г.

[3] Мельникова М.Ф., Нестеров Ю.Н. Воздействие сверхзвуковой нерасчетной струи на плоскую преграду, перпендикулярную оси струи. // «Ученые записки ЦАГИ», т. II, №5, 1971 г.

[4] Анцупов А.В., Благосклонов В.И., Пимштейн В.Г. Взаимодействие перерасширенной струи газа с плоской преградой. //«Ученые записки ЦАГИ», т. IV, №1, 1973 г.

[5] Menter F. R., Kuntz M., and Langtry R. Ten Years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model // "Turbulence, Heat and Mass Transfer", №4, 2003

## **Сведения об авторе**

Сорокин Юрий Анатольевич, инженер-конструктор ОАО "ОКБ Сухого" 117647,  
Москва, ул. Профсоюзная, 115-2-399, тел. +7(964) 796-52-81, Sorokin.Yu@gmail.com