

Лекция 1: Актуальные проблемы, связанные с нелинейной акустикой

Обзор проблем, привлекавших внимание в посл годы. «Актуальность» оцениваем числом публикаций, тематич секций на конференциях, активностью при получении фин поддержки.

1. Звуковой удар от тел, движущихся со СЗ скоростью. Явления при формировании N-волны в атмосфере. Выбросы, их экологические последствия. ЗУ и перспективы развития СПС

2. «Сонофьюжн» - реакция термоядерного синтеза в коллапсирующем пузырьке, при УЗ кавитации. «Нашумевшая» история (после 2002 г) и давние работы, с более скромными задачами – наблюдать не поток нейтронов, а более КВ излучение, чем при сонолюминесценции 1 –го пузырька. «Явление неограниченной кумуляции» (термин Е.И.Забабахина).

3. Об известном необычном свойстве скелетных мышц «затягивать» и демпфировать удары. Нелинейная динамика мышечного сокращения. Данные по измерениям сдвиговой упругости мышц, новые модели.

5. Некоторые новые результаты в области мед УЗ, где нелинейность – вполне обычное явление



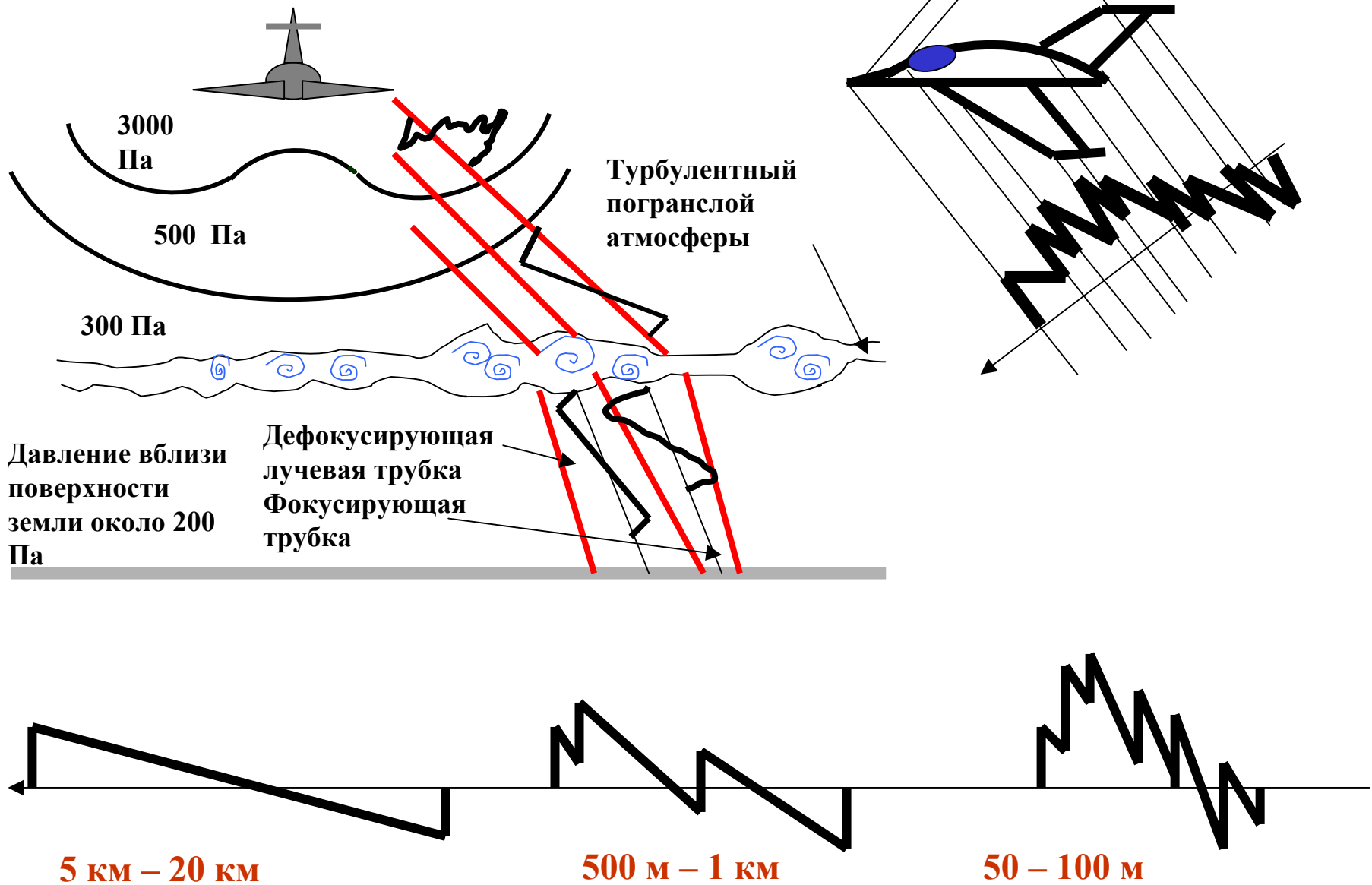
Каф акустики, Физфак МГУ,
Ленгоры, 119992 Москва

4. О необычных нел эффектах при распространении волн в геофизических структурах

Звуковой удар (ЗУ)



Формирование волны ЗУ



Оптическое проявление «Акустической турбулентности»



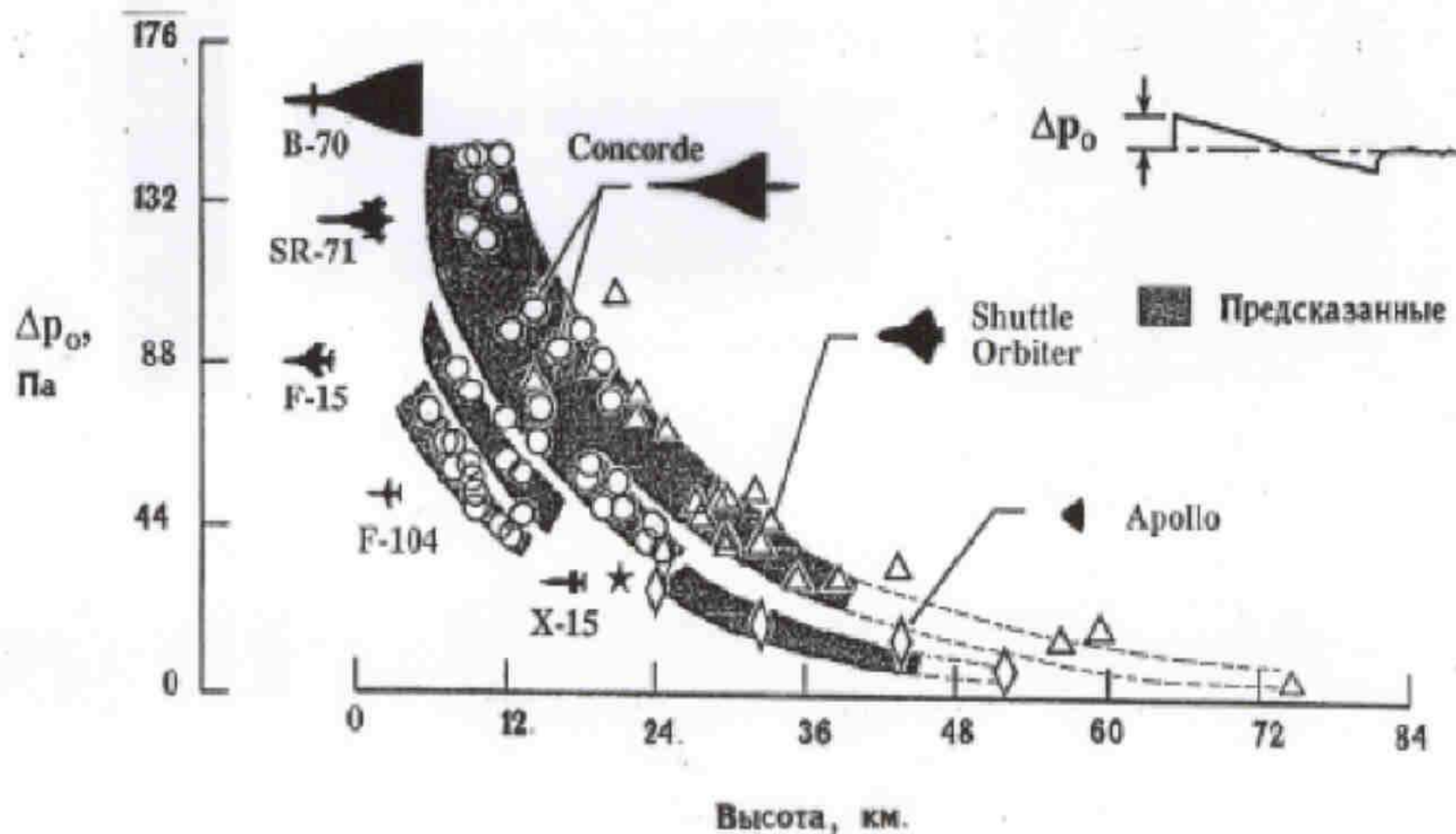
Вблизи поверхности



Данные по ЗУ

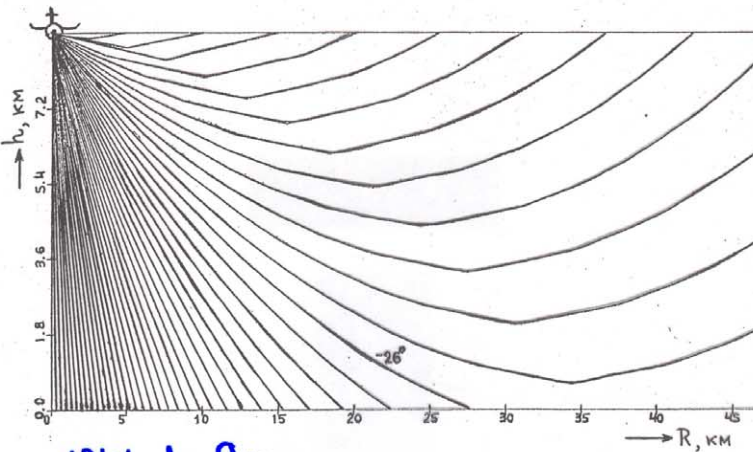
СВОДКА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ВОЛНЕ ЗВУКОВОГО УДАРА

(на следе - полет с постоянной скоростью)



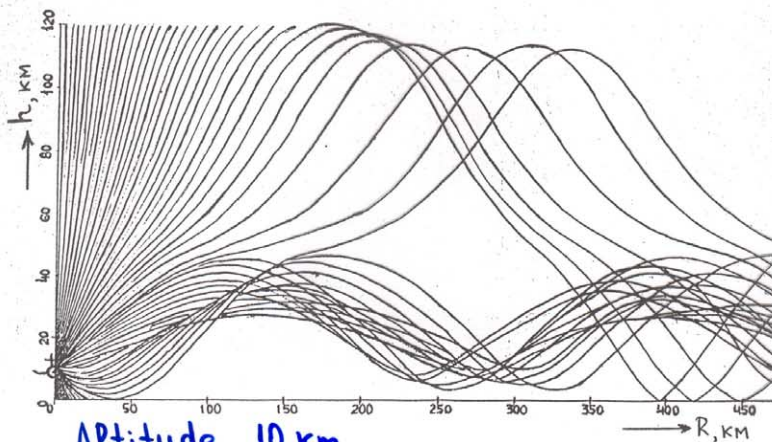
Лучи в стандартной атмосфере и профили СПС

Ray pattern for the standard atmosphere
in the absence of wind



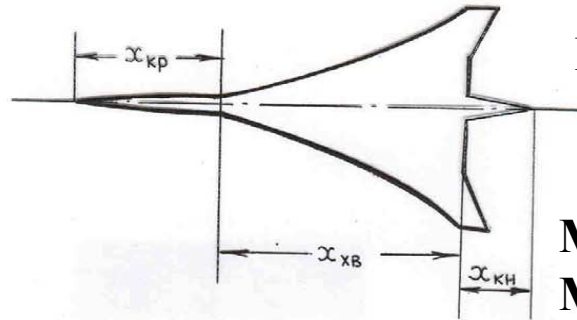
Altitude 9 km

Линейные акустические лучи от источника на высоте 9 км.



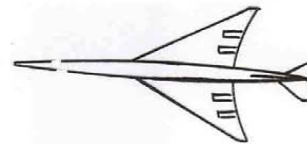
Altitude 10 km

Формирование каустик, атмосферного волновода, зон тени
в случае источника на высоте 10 км

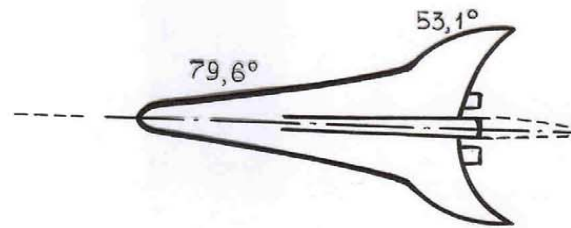


Расчетная модель

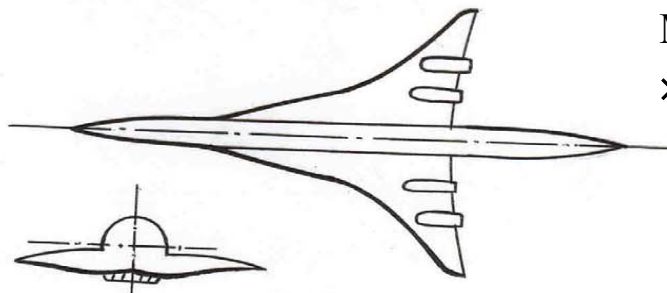
McDonnell Douglas
M=2.4, m=350 T,
S=10000 km, H=21.5 km,
97,5 m × 41.3 m



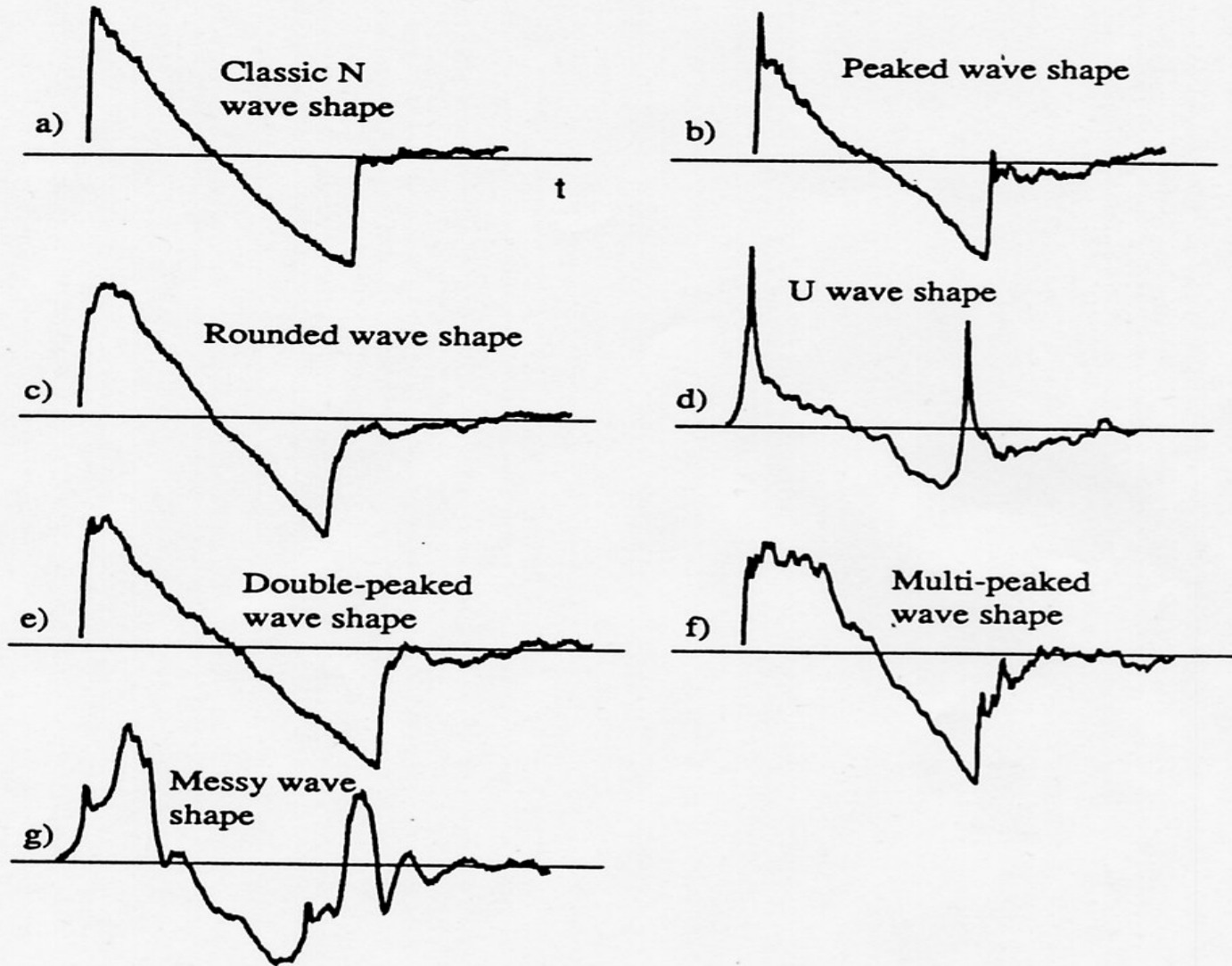
Проект центра
Лэнгли (США)
M=3, 250 pass,
S=12000 km, 91m



Франция (проект)
M=2, 350 T, 76 m
× 42.6 m



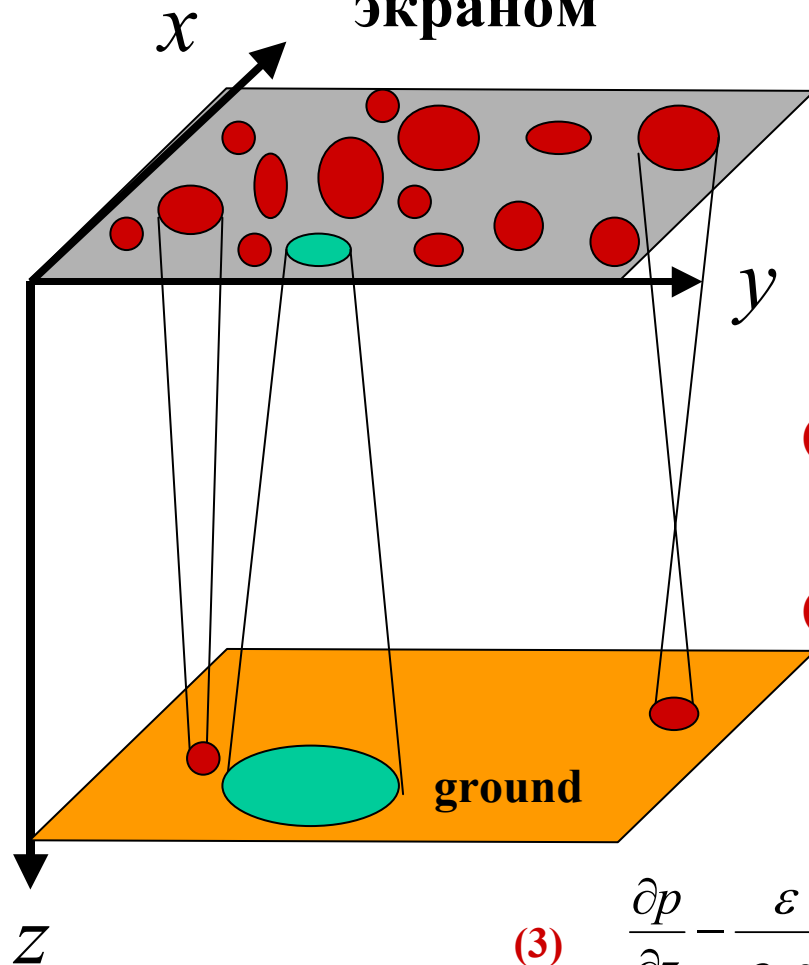
Профили импульсов ЗУ на поверхности земли



**Sonic
Booms
measured
at the
ground**

Figure 2.5: Classification of sonic boom waveforms, a) normal, b) peaked, c) rounded, d) U shape, e) double-peaked, f) multi-peaked, and g) messy wave shape.

Турбулентный погранслой атмосферы моделируется случайным фазовым экраном



Падающая волна

$$p_0(x, y; T)$$

$$T = t - \frac{x}{c_0} - \frac{1}{c_0} \psi(x, y, z)$$

ψ -эikonал

Нелинейные уравнения для наклонов лучей

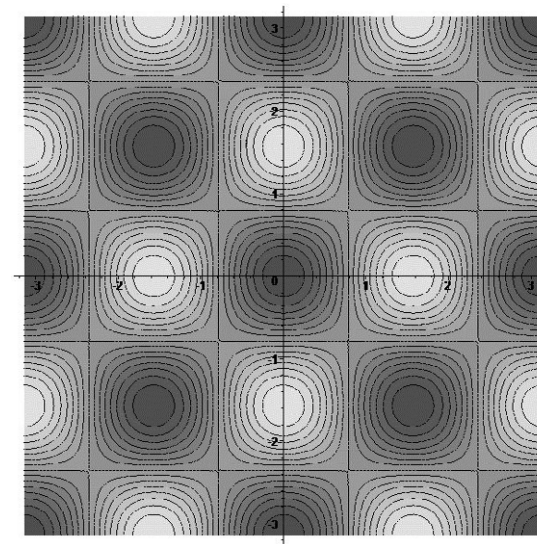
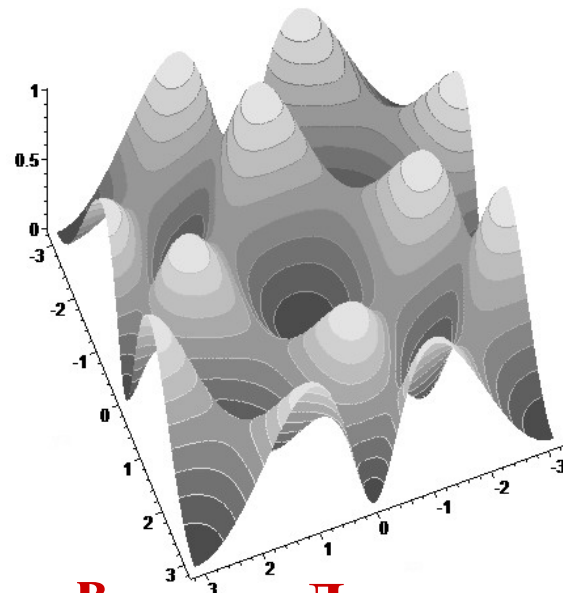
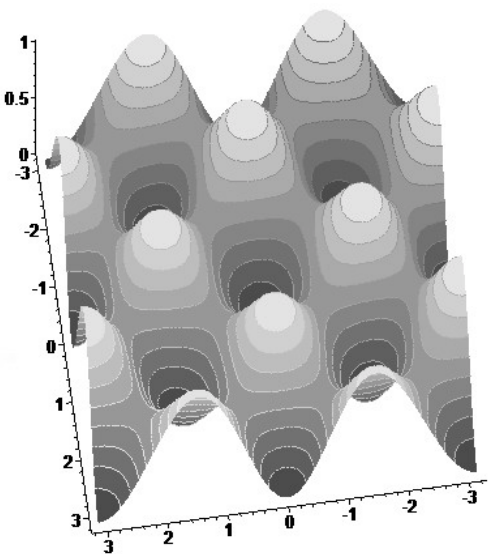
$$(1) \quad \frac{\partial \alpha}{\partial z} + \alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \beta \frac{\partial \alpha}{\partial y} = 0 \quad \alpha = \partial \Psi / \partial x$$

$$(2) \quad \frac{\partial \beta}{\partial z} + \alpha \frac{\partial \beta}{\partial x} + \beta \frac{\partial \beta}{\partial y} = 0 \quad \beta = \partial \Psi / \partial y$$

Нелинейной уравнение переноса

$$(3) \quad \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\varepsilon}{\rho_0 c_0^3} p \frac{\partial p}{\partial T} + \alpha \frac{\partial p}{\partial x} + \beta \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{2} p \left(\frac{\partial \alpha}{\partial x} + \frac{\partial \beta}{\partial y} \right) = 0$$

Удалось найти точное аналитическое решение нелинейной системы (1)-(3) которое использовано для анализа как статистических, так и динамических задач

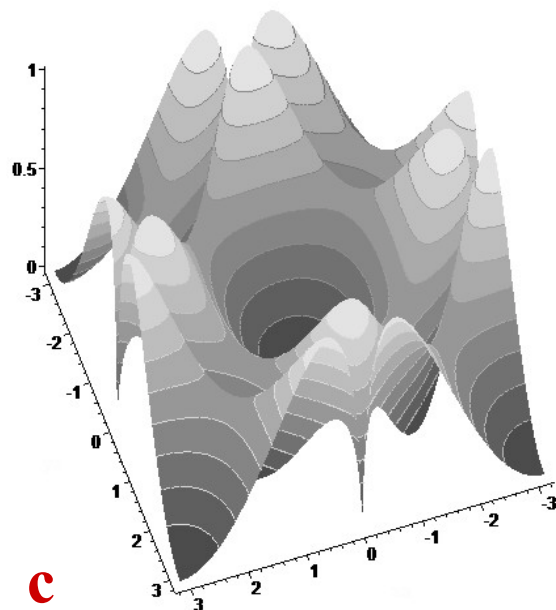


а

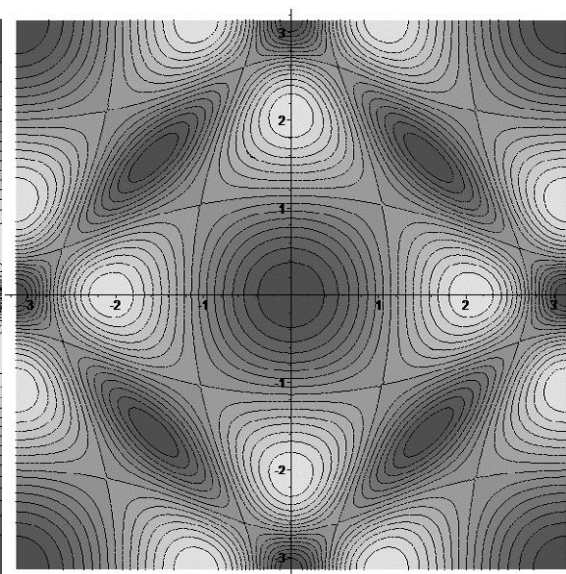
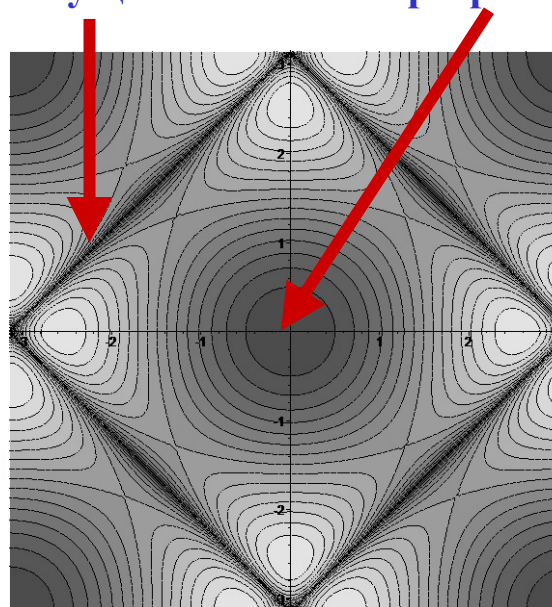
в

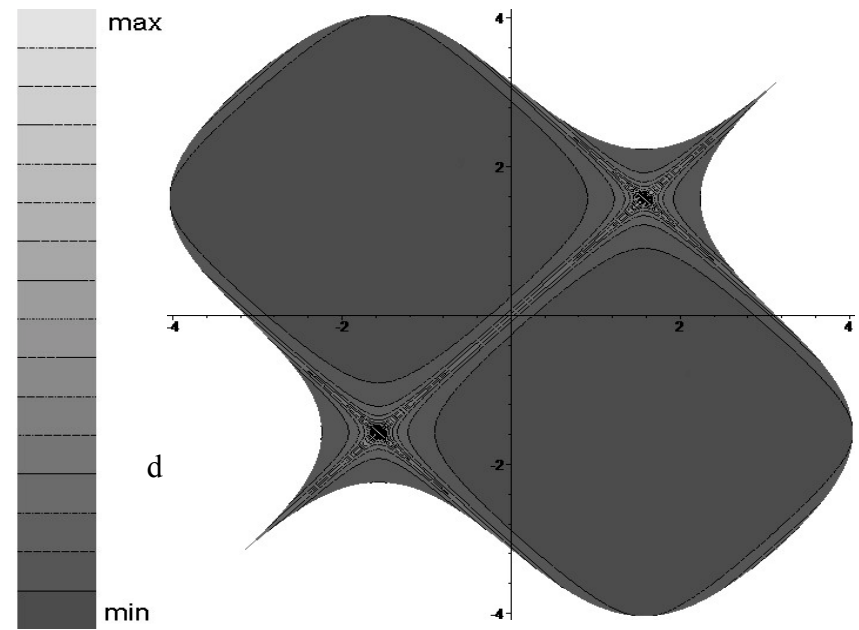
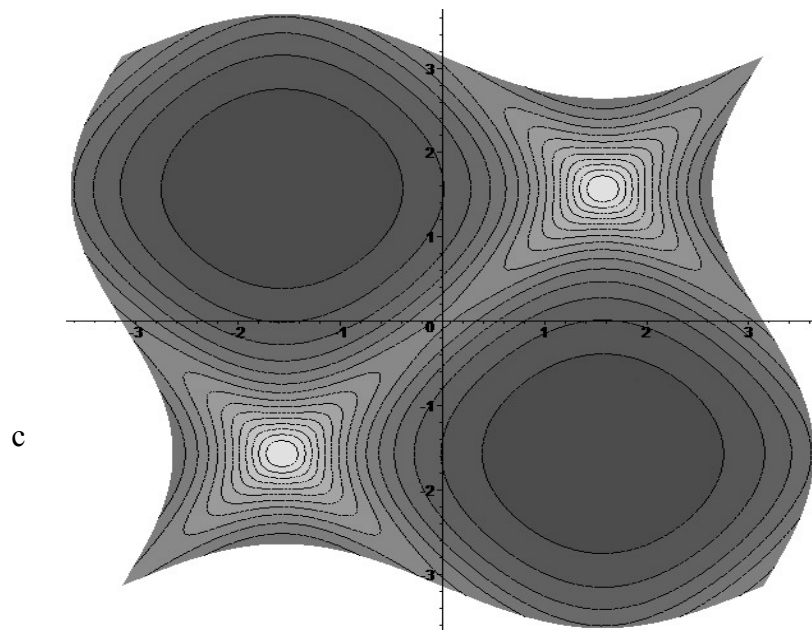
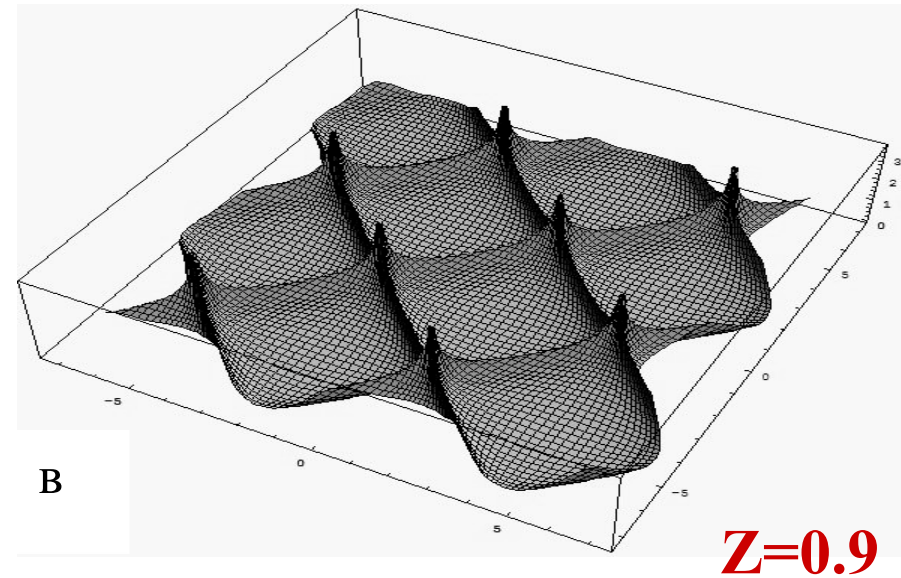
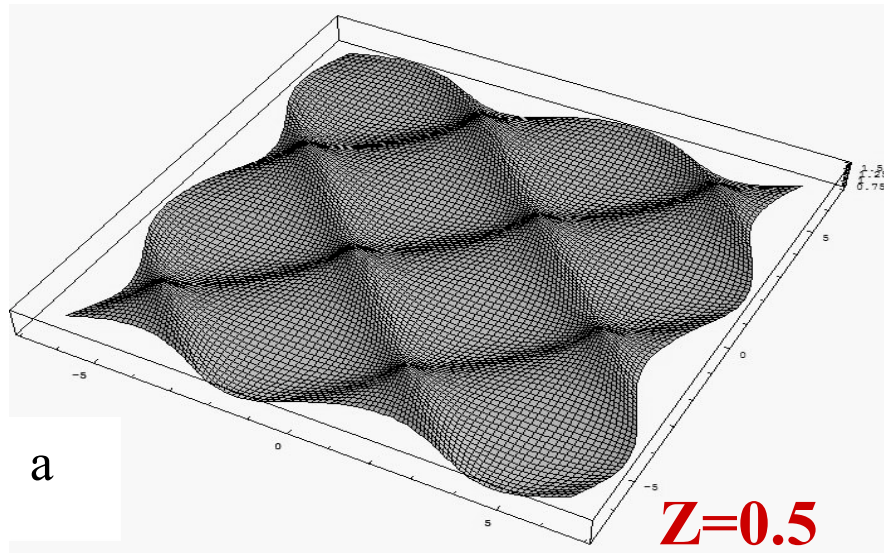
**Линии равного наклона лучей на
расстояниях $z=0$ (а), $z=0.5$ (б), $z=1$ (с)**

сгущение и разрежение линий



с





Поперечные распределения пикового давления N-волны в поперечных сечениях $z=0.5$ и $z=0.9$

**Вероятностные распределения точно
получаются для произвольных
расстояний z . Пример: распределение для
площади чечения лучевой трубки**

**Кривые 1 - 4 -
для расстояний**

$$l = 4\sqrt{\nu} z = \frac{8\sigma z}{r_0^2} = 0,4; 0,7; 1; 2$$

**Вероятность найдена как преобразование
Фурье характеристической функции**

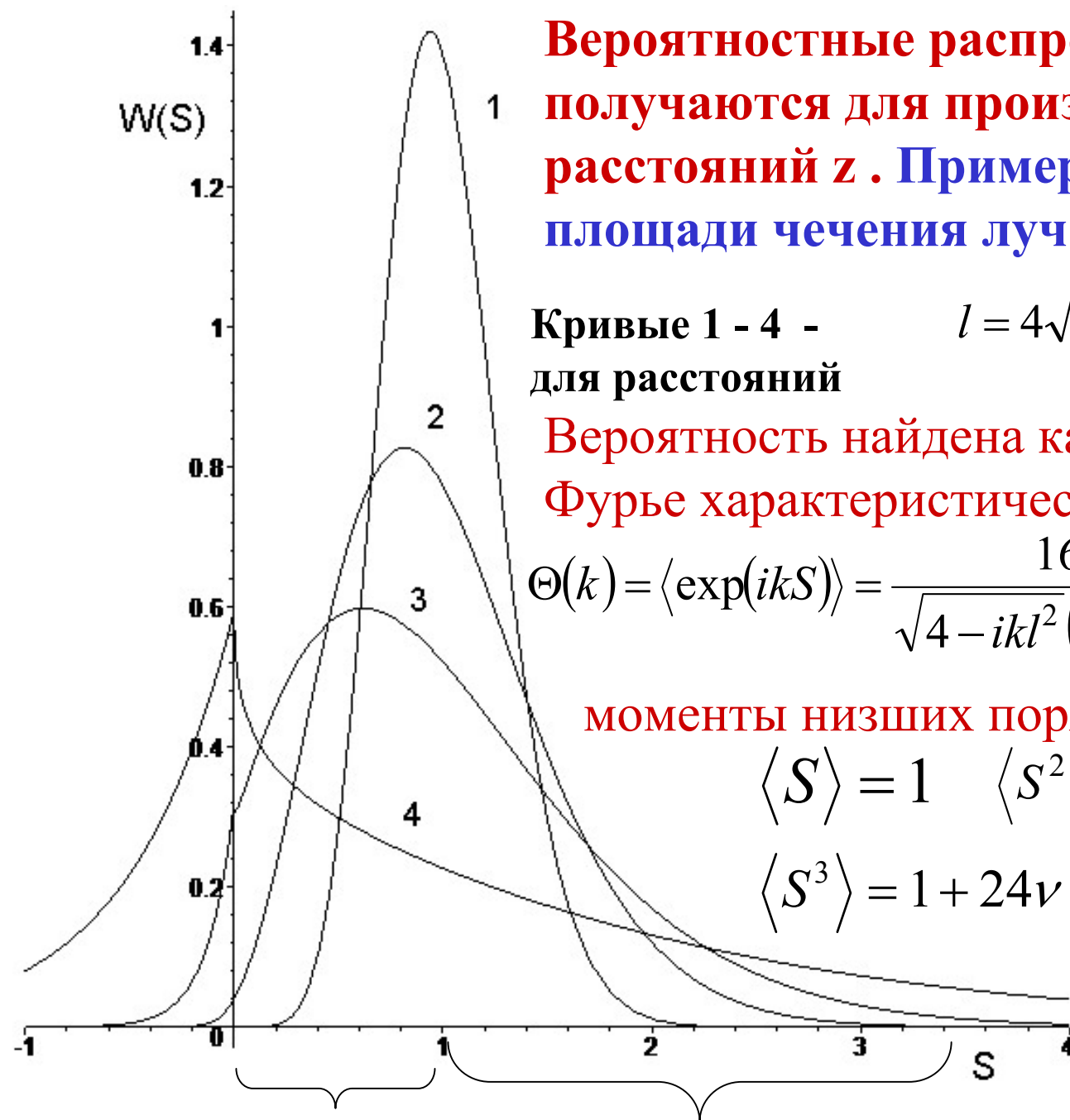
$$\Theta(k) = \langle \exp(ikS) \rangle = \frac{16}{\sqrt{4 - ikl^2} (8 + ikl^2)} \exp\left(ik - \frac{k^2 l^2}{4 - ikl^2}\right)$$

моменты низших порядков равны

$$\langle S \rangle = 1 \quad \langle S^2 \rangle = 1 + 8\nu z^2 + 12\nu^4 z^4$$

$$\langle S^3 \rangle = 1 + 24\nu z^2 + 132\nu^2 z^4 + 48\nu^3 z^6$$

**Среднее постоянно,
 $\langle S \rangle = 1$, но
флуктуации растут**



Фокусировка Де-фокусировка

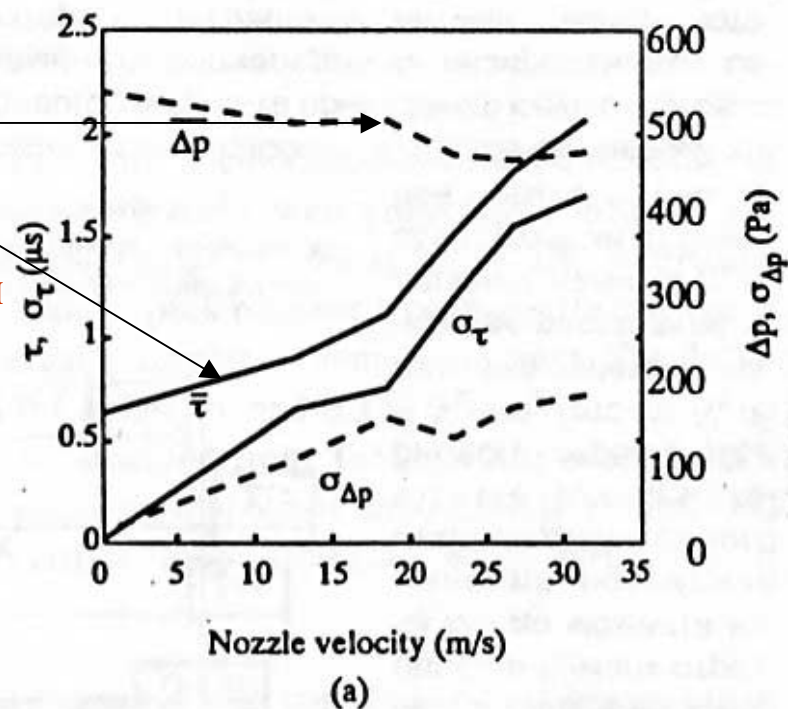
Вероятностное распределение для пикового давления в импульсе звукового удара



**Среднее пиковое
давление, средняя
длительность УФ
и их дисперсии в зав-ти
от инт-ти
турбулентных
пульсаций**

**Распределение для
исходного импульса до
турбулентного слоя**

Вер-ть появления больших выбросов



Экспертная система для выбора оптимальных режимов и трасс полета СПС

Необходимые для учета факторы

1. СПС: **аэродинамические х-ки, скорость полета, маневрирование, трасса**
2. Атмосфера: **стратификация, регулярные неоднородности, турбулентность, влажность, молекулярный состав, ветер**
3. Волна: **нелинейность, дифракция, рефракция, рассеяние, затухание, релаксация**
4. Местность: **рельеф, акустические св-ва границ, отклик на импульсное воздействие, проникновение в океан через неровную пов-ть**
5. Действие на: **живые организмы (человек, сухопутные и морские животные), строения, технику**

