

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение	9
Глава 1. Вычисление характеристик акустической мощности турбулентной струи на основе развития теории Лайтхилла	17
1.1. Акустическая аналогия процесса образования источников и излучения звука турбулентным потоком. Неоднородное волновое уравнение.....	17
1.2. Представление акустического поля турбулентной струи в виде совокупности полей квадрупольных источников звука	19
1.3. Решение неоднородного волнового уравнения с учетом перемещения источников шума в поле турбулентного потока	23
1.4. Фактор направленности шума турбулентного потока, обусловленный конвекцией источников	25
1.5. Фактор направленности шума для случая существования источников в области потока ограниченной протяженности	28
1.6. Интенсивность шума элементарного объема зоны смешения турбулентной струи с окружающей средой	30
1.7. Турбулентные характеристики потока в зоне смешения струи.....	34
1.8. Расчет акустической мощности участков турбулентной струи.....	42
1.9. Расчет спектров акустической мощности участков турбулентной струи	49
Литература к введению и главе 1	56
Глава 2. Результаты экспериментальных исследований характеристик шума турбулентных струй; сравнение с результатами теоретических предсказаний	60
2.1. Характеристики акустической мощности турбулентной струи.....	61
2.2. Характеристики пространственного распределения шума изотермических и неизотермических турбулентных струй.....	65
2.2.1. Уровни суммарного шума (65). 2.2.2. Спектральные характеристики шума (70). 2.2.3. Зависимость уровней шума струи от скорости истечения (73). 2.2.4. Зависимость уровней шума от угла наблюдения (75).	

2.3. Влияние начальной турбулентности потока на аэроакустические характеристики истекающей струи.....	80
2.4. Результаты сравнения данных экспериментальных исследований характеристик пространственного распределения шума турбулентных струй и теоретических предсказаний.....	84
Литература к главе 2.....	86
Глава 3. Уравнения, описывающие образование источников звука и распространение акустических возмущений в поле турбулентного потока.....	89
3.1. О применении теоретических моделей образования шума турбулентным потоком для оценки характеристик пространственного распределения шума струйных течений.....	89
3.2. Модификация неоднородного волнового уравнения с учетом влияния средней скорости потока на процессы образования и распространения звука в турбулентном потоке.....	91
3.3. Неоднородное конвективное волновое уравнение.....	94
3.4. Уравнения, описывающие распространение малых возмущений среды в неоднородном турбулентном потоке.....	95
3.5. Модификация неоднородного конвективного волнового уравнения в применении к задачам аэроакустики турбулентного сдвигового слоя.....	97
3.6. Образование крупномасштабных структур в турбулентном потоке и их роль в процессах формирования акустического поля.....	102
3.7. О возможностях применения уравнений аэроакустики для расчета звуковых полей турбулентных струй.....	106
Литература к главе 3.....	115
Глава 4. Обоснование закономерностей формирования пространственного распределения шума турбулентного потока. Вычисление спектральных характеристик шума турбулентных струй.....	121
4.1. Влияние среднего потока на прохождение звука в направлениях, составляющих острый угол с направлением истечения струи.....	121
4.2. Обоснование возможности существования акустического поля струи в «конусе относительной тишины».....	126
4.3. Применимость конвективного волнового уравнения для расчета звукового поля турбулентного потока.....	130
4.4. Нахождение фундаментального решения конвективного волнового уравнения для дальнего акустического поля.....	133
4.4.1. Преобразование конвективного волнового уравнения (133). 4.4.2. Точечный источник звука, погруженный в поток (136). 4.4.3. Применение метода стационарной фазы для вычисления дальнего поля источников звука, погруженных в движущуюся среду (138). 4.4.4. Источники звука в сдвиговом турбулентном слое (141).	

4.5. Интенсивность излучения источников шума турбулентной струи в дальнем акустическом поле.....	145
4.6. Образование источников шума в неизотермическом турбулентном потоке.....	153
4.6.1. Предсказание дополнительных источников шума в подогретом турбулентном потоке неоднородного волнового уравнения (153). 4.6.2. Представление источников шума неизотермического турбулентного потока исходя из основных уравнений движения газа (157).	
4.7. Определение характеристик звукового поля неизотермической турбулентной струи исходя из решения конвективного волнового уравнения.....	160
4.8. Вычисление спектральных характеристик пространственного распределения шума участков турбулентной струи.....	165
Литература к главе 4.....	175
Глава 5. Акустические характеристики распространенных разновидностей струйных турбулентных течений. Оценка эффективности методов снижения шума струй.....	180
5.1. Определение характеристик пространственного распределения шума участка турбулентной струи посредством размещения в зоне смешения сетчатого экрана.....	181
5.2. Характеристики шума турбулентной струи, истекающей из кольцевого сопла.....	184
5.3. Аэроакустические характеристики соосных струй с различным распределением параметров потоков на срезе двухконтурного сопла.....	188
5.3.1. Влияние начального профиля средних скоростей на характеристики потока в зоне смешения (189). 5.3.2. Связь аэродинамических и акустических характеристик соосных струй с обычным и «перевернутым» профилями средних скоростей потоков (193).	
5.4. Характеристики шума турбулентной струи, истекающей из щелевидного прямоугольного сопла.....	199
5.4.1. Интенсивность шума плоской турбулентной струи (199). 5.4.2. Характеристики звукового поля струи, истекающей из щелевидного прямоугольного сопла (201).	
5.5. Акустические характеристики струй, истекающих из множества близко расположенных сопел.....	205
5.6. Характеристики шума струи при наличии близко расположенного газового слоя, истекающего из щелевидного сопла.....	207
5.6.1. Влияние газодинамических и геометрических параметров газового слоя на его способность экранирования шума внешнего источника (208). 5.6.2. Эффективность акустического экранирования струи газовым слоем, истекающим из щелевидного сопла различной формы (215).	

5.7. Акустическая эффективность применения эжекторных шумоглушащих сопел.....	222
5.7.1. Акустические характеристики струй, истекающих из эжекторных шумоглушащих сопел различной формы (223). 5.7.2. Оценка акустической эффективности применения эжекторных шумоглушащих сопел (231).	
Литература к главе 5.....	235

ПРЕДИСЛОВИЕ

Проблемы неблагоприятного акустического воздействия авиационной техники на людей и окружающую среду, включающие проблемы снижения аэродинамического шума, уменьшения интенсивности звукового удара на местности от пролетающих объектов, приобретают в последние годы все большую актуальность в связи с усилением борьбы человечества за улучшение экологической ситуации на планете. Плодотворное изучение процессов генерирования и распространения акустических возмущений, исследование методов снижения аэродинамического шума оказалось возможным благодаря взаимному проникновению, соединению и развитию ряда научных ответвлений акустики и аэродинамики. Аэроакустика, как новое научное направление, сформировалась в середине XX века и продолжает интенсивно развиваться со все более глубоким проникновением в изучение механизмов генерирования и подавления интенсивности аэродинамического шума.

В отечественной практике первая попытка обобщения работ по изучению характеристик источников шума силовых установок самолетов, разработке методов снижения шума в кабинах и на местности была предпринята в книге «Авиационная акустика» в 1973 г. Опубликование в 1981 г. монографии «Аэродинамические источники шума» явилось значительным этапом в обобщении работ, отражающих развитие аэроакустики в предшествующие годы. Однако продолжающееся нарастание количества научных публикаций по разработке теоретических основ аэроакустики, изучению механизмов образования шума турбулентным потоком, исследованию методов снижения шума, а также особая актуальность рассматриваемой экологической проблемы обусловили необходимость выпуска новой обобщающей работы.

В данной монографии рассмотрены важные аспекты акустики движущейся среды, отражено современное состояние проблемы шума турбулентного потока, изучены возможности применимости основных уравнений аэроакустики для расчета звуковых полей струйных турбулентных течений, описаны механизмы генерирования и распространения акустических возмущений в поле турбулентного слоя смешения и формирования характерной для турбулентных струй картины пространственного распределения шума.