

УДК 69.059.62:622.235

ББК 38.96

М 72

Рецензенты:

заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук *Н.Г. Топольский*,
профессор кафедры информационных технологий
Академии Государственной противопожарной службы МЧС России;
доктор технических наук *А.А. Комаров*,
профессор кафедры гидравлики и водных ресурсов ФГБОУ ВПО «МГСУ»

Монография рекомендована к публикации научно-техническим советом МГСУ

Мишуев, А.В.

М 72 Воздушная ударная волна в сооружениях : монография /
А.В. Мишуев ; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос.
строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2014. 408 с. (Библиотека научных
разработок и проектов НИУ МГСУ).

ISBN 978-5-7264-0821-7

Рассматриваются особенности газодинамического механизма в сравнительно коротких ударных волнах наряду с исследованиями затекания в каналы и камеры длинных ударных волн. Представлена методика расчета нагрузок в сооружении от воздействия воздушной ударной волны.

Нагрузки от воздействия ударной волны представлены в виде графиков и таблиц, что не требует от специалистов по сооружениям широких знаний по теории воздушных ударных волн и необходимости проводить трудоемкие расчеты.

Для специалистов, проектирующих, строящих и обслуживающих сооружения различного класса (жилые дома, энергоустановки, укрытия, шахты, метро и т.п.). Приведенный материал позволяет использовать на практике конструктивные мероприятия, гарантирующие взрывобезопасность и взрывоустойчивость сооружений различного класса и безопасность людей.

УДК 69.059.62:622.235

ББК 38.96

Оглавление

Введение.....	8
Основные условные обозначения	16

Раздел I

Затекание воздушной ударной волны из атмосферы в каналы постоянного сечения (входы в сооружения, трубы, воздуховоды, шахты)

Глава I

Параметры воздушной ударной волны, затекающей из атмосферы в прямые каналы постоянного сечения	18
§ 1. Физическая модель затекания в канал длинной ударной волны (постановка задачи)	18
§ 2. Определение перепада давления на фронте длинной ударной волны, затекающей в канал постоянного сечения под углом $\alpha \geq 90^\circ$	27
§ 3. Затекание в канал сильной ударной волны (предельный случай).....	33
§ 4. Свойства ударной волны в канале	36
§ 5. Затекание длинной воздушной ударной волны из атмосферы в канал с отражающей поверхностью на входе.....	43
§ 6. Затекание ударной волны в канал с учетом скоростного напора.....	55
§ 7. Обоснование принципа квазистационарности при затекании в канал ударной волны ограниченной длины и введение поправки на нестационарность.....	57

Глава II

Трансформация воздушной ударной волны на входе в канал	72
§ 1. Влияние параметра $\frac{d}{\tau_0 a_0}$ на интенсивность волны в канале	72
§ 2. Определение коэффициента скорости ψ для различных схем затекания волны в канал	76

§ 3. Принцип работы волногасительного оголовка	82
§ 4. Результаты экспериментального исследования волногасительного оголовка.....	89
§ 5. Затекание ударной волны в канал из атмосферы под произвольным углом.....	92
§ 6. Затекание ударной волны в выхлопной тракт энергоустановки	100
Глава III	
Формирование ударной волны в канале.....	109
§ 1. Общие соображения.....	109
§ 2. Трансформация ударной волны на входном участке канала	110
§ 3. Поле давления на входном участке канала	112
§ 4. Участок формирования ударной волны в канале	126
§ 5. Оценка погрешности. Об устойчивости плоского ударного фронта в канале	136
§ 6. Оценка импульса волны в канале при дозвуковом режиме истечения воздуха из атмосферы	141
§ 7. Максимальное давление на водном участке канала при сверхзвуковом истечении воздуха из атмосферы.....	145
§ 8. Параметры нестационарной области воздуха в канале при длинной ударной волне	148
§ 9. Эпюра давления в волне конечной длины при сверхзвуковом течении воздуха в канале	153
§ 10. Оценка пульсации давления в канале.....	158
§ 11. Влияние размеров отражающей поверхности на волну в канале	167
Глава IV	
Распространение ударной волны по каналу постоянного сечения с углами поворота	174
§ 1. Схема взаимодействия ударной волны с углом поворота в канале	174
§ 2. Уравнения динамической совместности, описывающие результат взаимодействия ударной волны с углом поворота в канале	177
§ 3. Анализ решения задачи о взаимодействии ударной волны с углом поворота	181
§ 4. Особенности взаимодействия ударной волны с несколькими углами поворота в канале.....	190
§ 5. Уравнения динамической совместности, описывающие результат взаимодействия ударной волны с двумя углами поворота в канале	192

Глава V

Распространение ударной волны из широкого канала в узкий..... 200

- § 1. Волновая картина при прохождении ударной волны из широкого канала в узкий 200
- § 2. Уравнения динамической совместности, описывающие прохождение длинной ударной волны из широкого канала в узкий 204
- § 3. Анализ решения задачи о прохождении ударной волны из широкого канала в узкий 207
- § 4. Оценка давления в разветвляющихся каналах 225

Глава VI

Распространение ударной волны из узкого канала в широкий..... 230

- § 1. Пять режимов распространения ударной волны из узкого канала в широкий 230
- § 2. Уравнения динамической совместности, описывающие распространение ударной волны из узкого канала в широкий 240
- § 3. Определение давления на фронте проходящей в широкий канал ударной волны 251
- § 4. Параметры потока на переходном участке широкого канала 256
- § 5. Параметры потока в узком канале (образование вакуума в нем)..... 264
- § 6. Характер изменения давления за переходным участком широкого канала..... 267

Глава VII

Гашение ударной волны с заужением в канале

(перфорированный экран, пережатое сечение, диафрагма, диффузор и т.д.) 271

- § 1. Физическая модель процесса прохождения ударной волны через зауженное сечение, расположенное внутри канала..... 271
- § 2. Уравнения динамической совместности, описывающие взаимодействие ударной волны с зауженным сечением, расположенным внутри канала..... 274
- § 3. Особенности процесса затекания ударной волны через зауженное сечение, расположенное на входе в канал 289

Глава VIII

Затекание ударной волны в помещение (замкнутый объем) 295

- § 1. Дифференциальное уравнение распространения ударной волны в замкнутом объеме 297
- § 2. Критерии подобия 304

§ 3. Расчетные зависимости для определения давления в замкнутом объеме	315
§ 4. Определение количества и температуры воздуха в замкнутом объеме.....	321
§ 5. Затекаание ударной волны в герметизированное помещение через неплотности	328

Раздел II

Рациональная защита входов и газовоздушных трактов сооружений

Глава IX

Гашение ударной волны в расширительной камере	332
§ 1. Газодинамический процесс в расширительной камере	332
§ 2. Приближенная оценка фактора теплообмена при затекании волны в расширительную камеру	342
§ 3. Образование «факела» в расширительной камере	346
§ 4. Генерирование «факелом» ударной волны в канале за расширительной камерой.....	349
§ 5. Генерирование волны сжатия (ударно-изоэнтропической волны) в канале за расширительной камерой.....	353

Глава X

Волногасительные устройства	358
§ 1. Гашение ударной волны клапанами-отсекателями	358
§ 2. Гашения волны расширительной камерой, расположенной за клапаном-отсекателем	364
§ 3. Взаимодействие ударной волны с глушителем шума на выхлопном тракте дизеля	366
§ 4. Гашение ударной волны гравийной засыпкой и стержневым пучком.....	369

Глава XI

Методы рациональной защиты входов и газовоздушных трактов сооружений	374
§ 1. Общие соображения.....	374
§ 2. Схемы входов с уменьшенной нагрузкой на конструкции (двери).....	375
§ 3. Принципы рациональной компоновки расширительной камеры при $\xi = \frac{V}{S \cdot \tau_0 \cdot a_a} \geq (1 \div 3)$	386
§ 4. Схема защиты системы вентиляции и дизельных установок.....	391

Приложение А

Сводка формул для определения параметров ВУВ в системе МКС при взрыве конденсированных ВВ	398
--	-----

Приложение Б

Размерности механических величин в системе МКС и их соотношение с СИ $P_0 = 1,033 \text{ кГ/см}^2$; $A_0 = 340 \text{ м/с}$; $\rho_0 = 0,125 \text{ кГ·с/м}^4$; $T_0 = 288 \text{ К}$	402
--	-----

Приложение В

Таблица параметров ВУВ в зависимости от ΔP_ϕ (или \bar{R}) при взрыве заряда весом 1 кГ	404
--	-----

Библиографический список	406
--------------------------------	-----