

О. Д. АЛИМОВ, В. К. МАНЖОСОВ  
В. Э. ЕРЕМЬЯНЦ

# УДАР

РАСПРОСТРАНЕНИЕ  
ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ  
В  
УДАРНЫХ СИСТЕМАХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ

О. Д. АЛИМОВ, В. К. МАНЖОСОВ  
В. Э. ЕРЕМЬЯНЦ

# УДАР

РАСПРОСТРАНЕНИЕ  
ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ  
В  
УДАРНЫХ СИСТЕМАХ

Ответственный редактор  
член-корреспондент АН ЛатвССР  
Я. Г. ПАНОВКО



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
МОСКВА, 1985

Алимов О. Д., Манжосов В. К., Еремьянц В. Э. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. М.: Наука, 1985.

В монографии рассмотрены особенности ударных процессов в машинах ударного действия. Обсуждены модели продольного удара и методы их исследования. Изложены результаты исследований процессов формирования волн деформаций в ударных системах с элементами из различных материалов и различной конфигурации, воздействия этих волн на обрабатываемую среду, отражения от нее и последующего распространения по ударным системам. Предложены алгоритмы расчета на ЭВМ параметров ударных процессов. Показаны диапазоны изменения параметров ударных систем, в которых обеспечивается наилучшая передача энергии удара.

Для научных работников и специалистов, занимающихся исследованием и созданием машин ударного действия.

Табл. 23, ил. 166, библиогр. 129 назв.

Рецензенты:

Н. П. РЯШЕНЦЕВ, А. В. ФРОЛОВ

<b>Глава 2.2. ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ В УДАРНЫХ СИСТЕМАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ</b>	<b>86</b>
2.2.1. Построение расчетной модели ударной системы . . . . .	86
2.2.2. Алгоритмы и программы расчета на ЭВМ параметров волн деформаций, генерируемых в ударной системе . . . . .	90
2.2.3. Анализ параметров волн деформаций, генерируемых в волноводе бойками различной конфигурации . . . . .	97
<b>Глава 2.3. ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ В УДАРНЫХ СИСТЕМАХ С НЕТОРЦЕВЫМ СОУДАРЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ .</b>	<b>102</b>
2.3.1. Особенности ударных систем с неторцевым соударением . .	102
2.3.2. Математическое описание и анализ процесса формирования волн деформаций в ударной системе . . . . .	105
2.3.3. Влияние расстояния от ударного сечения волновода до его свободного торца на параметры волн деформаций, формируемых в волноводе . . . . .	112
2.3.4. Составление расчетных моделей ударных систем с неторцевым соударением элементов . . . . .	116
2.3.5. Алгоритм и программа расчета на ЭВМ параметров волн деформаций, генерируемых в ударных системах с неторцевым соударением элементов . . . . .	120
2.3.6. Экспериментальные исследования процесса формирования волн деформаций в ударных системах с неторцевым соударением элементов . . . . .	133
<b>Глава 2.4. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ В ВОЛНОВОДЕ . . . . .</b>	<b>149</b>
2.4.1. Предпосылки к исследованию взаимосвязей параметров ударных систем и ударных механизмов . . . . .	149
2.4.2. Влияние геометрии бойка на напряженное состояние элементов ударной системы и допускаемую скорость их соударения . . . . .	155
2.4.3. Взаимосвязь параметров пневматического ударного механизма с геометрией бойка и допускаемой скоростью его соударения с волноводом . . . . .	158
2.4.4. Взаимосвязь параметров гидравлического ударного механизма с геометрией бойка и допускаемой скоростью его соударения с волноводом . . . . .	162
2.4.5. Влияние параметров хвостовика буровой штанги на ее напряженное состояние . . . . .	167
2.4.6. Сравнительный анализ эффективности применения пневматического и гидравлического приводов в ударных механизмах . . . . .	173

### 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНЫХ СИСТЕМ С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДОЙ

<b>Глава 3.1. ВНЕДРЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА В СРЕДУ ПРИ УДАРЕ ПО ВОЛНОВОДУ ЖЕСТКИМ НЕДЕФОРМИРУЕМЫМ БОЙКОМ</b>	<b>180</b>
3.1.1. Математическое описание процесса взаимодействия инструмента с обрабатываемой средой . . . . .	180
3.1.2. Передача энергии бойка в обрабатываемую среду . . . . .	188
3.1.3. Распространение волн деформаций по волноводу и взаимодействие инструмента с обрабатываемой средой при наличии зазора между инструментом и средой в начальный момент удара . . . . .	192

<b>Глава 2.2. ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ В УДАРНЫХ СИСТЕМАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ</b>	<b>86</b>
2.2.1. Построение расчетной модели ударной системы . . . . .	86
2.2.2. Алгоритмы и программы расчета на ЭВМ параметров волн деформаций, генерируемых в ударной системе . . . . .	90
2.2.3. Анализ параметров волн деформаций, генерируемых в волноводе бойками различной конфигурации . . . . .	97
<b>Глава 2.3. ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ В УДАРНЫХ СИСТЕМАХ С НЕТОРЦЕВЫМ СОУДАРЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ .</b>	<b>102</b>
2.3.1. Особенности ударных систем с неторцевым соударением . .	102
2.3.2. Математическое описание и анализ процесса формирования волн деформаций в ударной системе . . . . .	105
2.3.3. Влияние расстояния от ударного сечения волновода до его свободного торца на параметры волн деформаций, формируемых в волноводе . . . . .	112
2.3.4. Составление расчетных моделей ударных систем с неторцевым соударением элементов . . . . .	116
2.3.5. Алгоритм и программа расчета на ЭВМ параметров волн деформаций, генерируемых в ударных системах с неторцевым соударением элементов . . . . .	120
2.3.6. Экспериментальные исследования процесса формирования волн деформаций в ударных системах с неторцевым соударением элементов . . . . .	133
<b>Глава 2.4. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ В ВОЛНОВОДЕ . . . . .</b>	<b>149</b>
2.4.1. Предпосылки к исследованию взаимосвязей параметров ударных систем и ударных механизмов . . . . .	149
2.4.2. Влияние геометрии бойка на напряженное состояние элементов ударной системы и допускаемую скорость их соударения . . . .	155
2.4.3. Взаимосвязь параметров пневматического ударного механизма с геометрией бойка и допускаемой скоростью его соударения с волноводом . . . . .	158
2.4.4. Взаимосвязь параметров гидравлического ударного механизма с геометрией бойка и допускаемой скоростью его соударения с волноводом . . . . .	162
2.4.5. Влияние параметров хвостовика буровой штанги на ее напряженное состояние . . . . .	167
2.4.6. Сравнительный анализ эффективности применения пневматического и гидравлического штифтов в ударных механизмах . .	173

### **3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНЫХ СИСТЕМ С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДОЙ**

<b>Глава 3.1. ВНЕДРЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА В СРЕДУ ПРИ УДАРЕ ПО ВОЛНОВОДУ ЖЕСТКИМ НЕДЕФОРМИРУЕМЫМ БОЙКОМ</b>	<b>180</b>
3.1.1. Математическое описание процесса взаимодействия инструмента с обрабатываемой средой . . . . .	180
3.1.2. Передача энергии бойка в обрабатываемую среду . . . . .	188
3.1.3. Распространение волн деформаций по волноводу и взаимодействие инструмента с обрабатываемой средой при наличии зазора между инструментом и средой в начальный момент удара	192

3.1.4. Анализ влияния зазора между инструментом и обрабатываемой средой на эффективность передачи энергии удара в среду . . .	199
<b>Глава 3.2. ВНЕДРЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА В СРЕДУ ПРИ УДАРЕ ПО ВОЛНОВОДУ УПРУГИМ БОЙКОМ . . . . .</b>	<b>203</b>
3.2.1. Взаимодействие инструмента с обрабатываемой средой в системах с торцевым соударением элементов . . . . .	203
3.2.2. Взаимодействие инструмента с обрабатываемой средой в системах с неторцевым соударением элементов . . . . .	213
<b>Глава 3.3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНСТРУМЕНТА С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДОЙ ПРИ «ЛИНЕЙНОЙ» ЗАВИСИМОСТИ ЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ВНЕДРЕНИЯ . . . . .</b>	<b>221</b>
3.3.1. Алгоритм и программа расчета параметров процесса взаимодействия инструмента со средой . . . . .	221
3.3.2. Объединенная программа расчета параметров процессов формирования волн деформаций в волноводе и внедрения инструмента под действием этих волн в обрабатываемую среду . . . . .	226
3.3.3. Оценка точности численного метода расчета . . . . .	230
3.3.4. Расчет параметров процесса внедрения инструмента в среду под действием волны деформации, описываемой кусочно-линейной функцией . . . . .	231
<b>Глава 3.4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНСТРУМЕНТА С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДОЙ ПРИ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВНЕДРЕНИЮ . . . . .</b>	<b>234</b>
3.4.1. Алгоритм расчета параметров процесса внедрения инструмента в среду . . . . .	234
3.4.2. Описание программы расчета процесса внедрения инструмента . . . . .	239
3.4.3. Оценка расхождения результатов расчета при различной аппроксимации характеристики «сила—внедрение» . . . . .	243
3.4.4. Анализ процесса внедрения инструмента в среду при ударе по волноводу бойками различной конфигурации . . . . .	245
<b>Глава 3.5. ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ВОЛНЫ ДЕФОРМАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ЕЕ ЭНЕРГИИ В ОБРАБАТЫВАЕМУЮ СРЕДУ . . . . .</b>	<b>251</b>
3.5.1. Волна деформации треугольной формы . . . . .	251
3.5.2. Волна деформации трапецидальной формы . . . . .	259
3.5.3. Нахождение рациональных форм волн деформаций, действующих на инструмент . . . . .	265
<b>4. ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УДАРНОЙ СИСТЕМЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ, ОТРАЖЕННЫХ ОТ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДЫ</b>	
<b>Глава 4.1. ДВИЖЕНИЕ БОЙКА ПОСЛЕ УДАРА В СИСТЕМАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ ОДИНАКОВОЙ УДАРНОЙ ЖЕСТКОСТИ . . . . .</b>	<b>271</b>
4.1.1. Взаимодействие бойка с волноводом при прохождении по системе волн деформации, отраженной от обрабатываемой среды . . . . .	271
4.1.2. Движение ударного торца волновода под действием второй отраженной волны . . . . .	277
4.1.3. Взаимодействие бойка с волноводом при прохождении по системе второй волны, отраженной от обрабатываемой среды . . . . .	284

4.1.4. Построение и анализ обобщенной диаграммы изменения скорости отскока бойка в зависимости от параметров ударной системы . . . . .	294
Глава 4.2. ДВИЖЕНИЕ БОЙКА ПОСЛЕ УДАРА В СИСТЕМАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ РАЗЛИЧНОЙ УДАРНОЙ ЖЕСТКОСТИ . . . . .	295
4.2.1. Движение элементов ударной системы при ударе бойком по волноводу с жесткой опорой . . . . .	295
4.2.2. Анализ процесса движения ударных торцов бойка и волновода, взаимодействующего с обрабатываемой средой . . . . .	301
4.2.3. Влияние параметров ударной системы на скорость движения бойка после его отскока от волновода . . . . .	306

**5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА УДАРНЫХ СИСТЕМ  
БУРИЛЬНЫХ МАШИН**

Глава 5.1. ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ В УДАРНЫХ СИСТЕМАХ БУРИЛЬНЫХ МАШИН . . . . .	311
5.1.1. Характеристики ударных систем буровых агрегатов УБА-1 . . . . .	311
5.1.2. Формирование волн деформаций пневматическим ударным механизмом «Импульс-5К» . . . . .	313
5.1.3. Формирование волн деформаций гидравлическим ударным механизмом «Импульс-9» . . . . .	319
Глава 5.2. ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ В ОБРАБАТЫВАЕМУЮ СРЕДУ В УДАРНЫХ СИСТЕМАХ БУРИЛЬНЫХ МАШИН . . . . .	323
5.2.1. Передача в обрабатываемую среду энергии пневматического ударного механизма «Импульс-5К» . . . . .	323
5.2.2. Передача в обрабатываемую среду энергии гидравлического ударного механизма «Импульс-9» . . . . .	327
ЛИТЕРАТУРА . . . . .	334
ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . .	342