

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЛИЯНИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СРЕДЫ С НЕСУЩЕЙ ЖИДКОЙ ФАЗОЙ	7
1.1 Механизмы действия ультразвуковых колебаний на материальные среды с несущей жидкой фазой	8
1.1.1 Классификация материальных сред с несущей жидкой фазой	8
1.1.2 Кавитационный и бескавитационный режимы ультразвукового воздействия на материальные среды с несущей жидкой фазой	10
1.1.3 Механизмы действия ультразвуковых колебаний на гомогенные среды	13
1.1.4 Механизмы действия ультразвуковых колебаний на гетерогенные среды	15
1.2. Проблемы формирования кавитационной области при ультразвуковом воздействии	16
1.2.1. Эволюция отдельного кавитационного пузырька	17
1.2.1.1. Зарождение кавитационного пузырька	17
1.2.1.2. Повышение порога кавитации при импульсном ультразвуковом воздействии	24
1.2.1.3. Расширение и схлопывание кавитационного пузырька	26
1.2.2. Формирование ансамбля кавитационных пузырьков	38
1.3. Воздействие ультразвуковых колебаний на структуру гомогенных жидких сред	49
1.3.1. Влияние ультразвукового воздействия на процессы полимеризации	49
1.3.2. Влияние ультразвукового воздействия на процессы деполимеризации	50
1.3.2.1 Влияние ультразвукового воздействия на среды с повышенной вязкостью (эпоксидные смолы)	52
1.3.3. Влияние ультразвукового воздействия на ускорение химических реакций	56
1.4. Влияние ультразвуковых колебаний на дисперсную фазу гетерогенных сред с несущей жидкой фазой	57
1.4.1. Влияние ультразвукового воздействия на коагуляцию	58
1.4.2. Влияние ультразвукового воздействия на диспергирование	59
1.4.3. Влияние ультразвукового воздействия на процессы	63

формирования эмульсий	
1.5. Нерешенные проблемы реализации высокоэффективных ультразвуковых воздействий на материальные среды с несущей жидкой фазой	64
2. РЕЖИМЫ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СРЕДЫ С НЕСУЩЕЙ ЖИДКОЙ ФАЗОЙ	67
2.1. Формирование и энергетические параметры отдельного кавитационного пузырька	73
2.1.1. Радиальный тензор вязких напряжений в среде с несущей жидкой фазой	74
2.1.2. Диффузия газа, растворённого в жидкости, в полость кавитационного зародыша	78
2.1.3. Расширение отдельного кавитационного пузырька	80
2.1.4. Схлопывание отдельного кавитационного пузырька	81
2.1.5. Энергетические критерии возникновения кавитации при непрерывном ультразвуковом воздействии для различных по реологическим свойствам сред	82
2.1.6. Энергетические критерии возникновения кавитации при импульсном ультразвуковом воздействии для различных по реологическим свойствам сред	87
2.2. Формирование пространственно однородного ансамбля кавитационных пузырьков	93
2.2.1. Коалесценция и дробление как факторы, определяющие количество кавитационных пузырьков	93
2.2.2. Влияние реологических свойств сред и интенсивностей ультразвукового воздействия на концентрацию кавитационных пузырьков	99
2.2.3. Влияние реологических свойств сред и интенсивностей ультразвукового воздействия на объёмное содержание кавитационных пузырьков (индекс кавитации)	101
2.2.4. Влияние реологических свойств сред и интенсивностей ультразвукового воздействия на эквивалентные акустические характеристики кавитирующей жидкости	105
2.3. Формирование пространственно неоднородного ансамбля кавитационных пузырьков	118
2.3.1. Классификация кавитационных зон в пространственно-неоднородном ансамбле пузырьков	118
2.3.2. Влияние интенсивности ультразвукового воздействия и реологических свойств сред на размеры кавитационной области	120

2.3.3. Выявление условий формирования кавитационной области максимального размера при использовании излучателей поршневого типа	125
2.3.4. Выявление условий формирования кавитационной области максимального размера, при использовании многозонных излучателей	133
2.4. Экспериментальные исследования кавитационной области	141
2.4.1. Определение зависимостей макроскопических характеристик кавитационной области от интенсивности ультразвуковых колебаний и реологических свойств сред	141
2.4.2. Определение зависимостей объёма зоны развитой кавитации от режимов и условий распространения ультразвуковых колебаний и реологических свойств сред	148
<b>3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ С НЕСУЩЕЙ ЖИДКОЙ ФАЗОЙ</b>	<b>164</b>
3.1. Энергетика экзотермических и эндотермических процессов формирования структуры и свойств системы с несущей жидкой фазой при действии ультразвуковых колебаний	167
3.2. Эволюция молекулярной структуры несущей жидкой фазы под действием кавитации	178
3.2.1. Определение вероятности диссоциации молекул под действием кавитации	180
3.2.2. Эволюция фракционного состава макромолекул под действием кавитации в ходе деполимеризации	189
3.2.3. Зависимости вязкости полимерной среды от режимов и длительности ультразвукового воздействия	194
3.2.4. Энергетический анализ процесса деполимеризации для выявления режимов, обеспечивающих максимальный КПД ультразвукового воздействия	196
3.3. Разрушение дисперсной фазы под действием кавитации	199
3.3.1. Определение вероятностей разрушения индивидуальной частицы при прямом действии ударной волны, образуемой при схлопывании кавитационного пузырька	203
3.3.2. Эволюция фракционного состава дисперсной фазы под действием кавитации	205
3.3.3. Энергетический анализ процесса диспергирования для выявления оптимальных режимов, обеспечивающих максимальный КПД ультразвукового воздействия	211
3.4. Коагуляция дисперсной фазы в бескавитационном режиме	214
3.4.1. Влияние режимов ультразвукового воздействия на	216

скорость коагуляции	
3.4.2. Энергетический анализ процесса ультразвуковой коагуляции суспензий	221
3.5. Выводы по главе	222
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЯВЛЕННЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ И УСЛОВИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СИСТЕМЫ С НЕСУЩЕЙ ЖИДКОЙ ФАЗОЙ	225
4.1. Общие требования к ультразвуковым аппаратам для воздействия на системы с несущей жидкой фазой	225
4.2. Созданные ультразвуковые аппараты для воздействия на системы с несущей жидкой фазой	226
4.3. Экспериментальные исследования и практическая реализация влияния ультразвукового воздействия на молекулярную структуру гомогенной жидкой среды	230
4.3.1. Ультразвуковое кавитационное преобразование углеводов	231
4.4. Экспериментальные исследования и практическая реализация ультразвукового воздействия на дисперсную фазу гетерогенной среды	232
4.4.1. Экспериментальные исследования и практическая реализация ультразвукового диспергирования суспензий	232
4.4.1.1. Ультразвуковое диспергирование неорганических веществ	232
4.4.1.1.1. Ультразвуковое диспергирование волластонита	232
4.4.1.1.2. Ультразвуковое диспергирование катализатора крекинга нефти (цеолитного компонента)	235
4.4.1.2. Ультразвуковое диспергирование органических веществ	238
4.4.1.2.1. Ультразвуковое диспергирование бурого угля и торфа	239
4.4.2. Экспериментальные исследования и практическая реализация ультразвуковой коагуляции суспензи	246
4.4.2.1. Исследование влияния суспензии бентонитового глинопорошка на осветление облепихового виноматериала без ультразвукового воздействия	248
4.4.2.2. Использование ультразвуковой коагуляции для повышения эффективности процесса осветления облепихового виноматериала суспензией бентонита	249
4.5. Перспективные направления применения ультразвукового воздействия на материальные среды с несущей жидкой фазой	251
4.5.1. Применение ультразвукового импульсного воздействия для повышения эффективности очистки систем с несущей	251

жидкой фазой	
4.5.2. Ультразвуковое диспергирование наносистем	253
4.6. Выводы по главе	254
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	256
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	257