

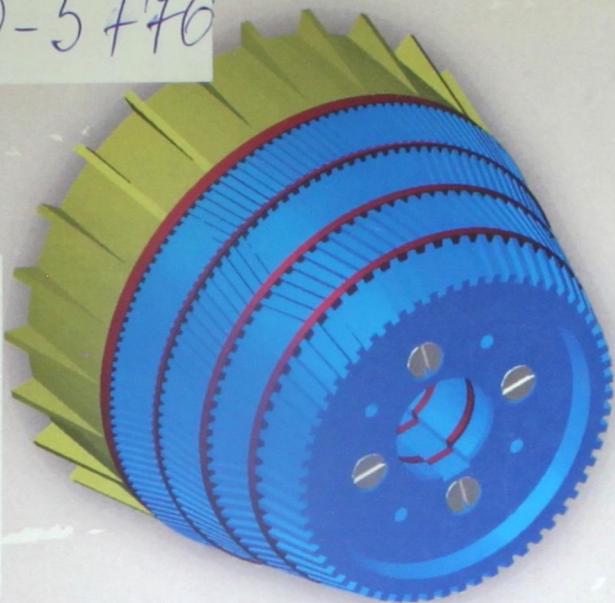
ДУБЛЕТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

М.Г. Кузнецов, А.О. Панков

20-5776

20-05776



ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

КАЗАНЬ – 2020

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Казанский государственный аграрный университет**

М.Г. Кузнецов, А.О. Панков

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Казань 2020

УДК 631.361.85
ББК 36.812.1-51
К 89

Печатается по решению Ученого Совета
Казанского государственного аграрного университета
№55 от 1 сентября 2020 г.

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор Николаев А.Н.
Доктор технических наук, профессор, профессор РАН Зиганшин Б.Г.

К 89 Кузнецов М.Г. Панков А.О

Гидродинамические комплексы измельчения растительного сырья: монография. – Казань: изд-во Казанского ГАУ, 2020. – 316 с.

ISBN 978-5-905201-97-4

В монографии изложены результаты исследований комбинированных гидродинамических комплексов на основе моделей, базирующихся на фундаментальных основах гидродинамики и механики многофазных сред.

Монография предназначена для специалистов, занимающихся исследованием и моделированием гидродинамических процессов, разработкой и проектированием оборудования для измельчения в несущей жидкости, а также может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических вузов.

Илл. 100; табл. 19; библиограф. 236 наим.

УДК 631.361.85
ББК 36.812.1-51

ISBN 978-5-905201-97-4

© Кузнецов М.Г., Панков А.О, 2020
© Казанский государственный
аграрный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	11
1.1 Основы процесса гидротранспорта	11
1.1.1. Гидротранспорт: виды, режимы и методика расчета	13
1.1.2. Математическое описание движения твердых частиц в жидкости	25
1.1.3. Методы математического описания течения суспензий в каналах.....	35
1.1.4. Выводы по обзору современного состояния процесса гидротранспорта.....	42
1.2. Основы процесса измельчения.....	45
1.2.1. Обзор способов и конструкций измельчителей	46
1.2.2. Методы расчета гранулометрического состава продуктов разрушения в измельчителях	62
1.2.3. Выводы по обзору современного состояния процесса измельчения	67

Глава 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	69
2.1. Моделирование движения гидросмеси по трубам	69
2.1.1. Общие уравнения движения и переноса массы	69
2.1.2. Математическое описание турбулентности.....	79
2.1.3. Выбор методики решения уравнений модели.....	96
2.1.4. Построение профиля концентрации твердой фазы.....	100
2.1.5. Методика решения уравнений модели.....	107
2.1.6. Проверка адекватности модели.....	108
2.1.7. Результаты предварительного анализа решений уравнений модели.....	122
2.1.8. Выводы по моделированию движения гидросмеси по трубам	126
2.2. Моделирование процессов в гидродинамическом измельчителе	128
2.2.1. Физическая картина процессов протекающих в измельчителе	128
2.2.2. Физическая модель мокрого измельчения	131
2.2.3 Моделирование гидродинамики измельчителя	138

2.2.4. Математическая модель гидродинамики измельчителя.....	147
2.2.5 Результаты моделирования гидродинамики измельчителя	156
2.2.6. Математическая кинетическая модель измельчения в гидродинамической мельнице	165
2.2.7. Инженерный метод расчета измельчения в гидродинамической мельнице.....	174
2.2.8. Выводы по моделированию процессов в гидродинамическом измельчителе.....	181
Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА РАБОТУ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	183
3.1. Исследование подачи сырья в гидродинамические комплексы	183
3.1.1. Общие положения подачи сырья	183
3.1.2. Применение π -теоремы для построения критериальных уравнений и нахождение чисел подобия	184
3.1.3. Примеры построения инженерных формул расчета гидротранспорта и их применения.....	189
3.1.4. Оптимизация гидротранспорта путем варьирования его технологическими параметрами.....	194
3.1.5. Выводы по исследованиям подачи сырья в гидродинамические комплексы.....	197
3.2. Исследование измельчения сырья в гидродинамических комплексах.....	198
3.2.1. Исследуемый измельчаемый материал	198

3.2.2. Влияние измельчающей гарнитуры измельчителя на процесс помола.....	199
3.2.3. Влияние диаметра и конусности диска измельчителя на процесс помола.....	206
3.2.4. Выводы по исследованиям измельчения сырья в гидродинамических комплексах.....	211
Глава 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ	212
4.1 Описание экспериментальной установки.....	212
4.2 Методика проведения экспериментов по исследованию процесса помола в гидродинамической мельнице.....	221
4.3 Исследование мощности.....	223
4.4 Идентификация параметра модели.....	225
4.5 Проверка адекватности кинетической модели измельчения.....	232
4.6 Оценка эффективности работы измельчителя.....	237
4.7 Выводы по экспериментальным исследованиям измельчения сырья в гидродинамических комплексах.....	243
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	244
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	245
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	269
Приложение 1 Расчет измельчителя.....	270
Приложение 2 Расчет параметра модели.....	273
Приложение 3. Результаты экспериментов с размерами гарнитуры 2 мм × 2 мм и зазором 0,5 мм.....	275

Приложение 4. Результаты экспериментов с размерами гарнитуры 2 мм × 2 мм и зазором 0,25 мм.....	280
Приложение 5. Результаты экспериментов с размерами гарнитуры 2 мм × 2 мм и зазором 0,05 мм.....	285
Приложение 6. Результаты экспериментов с размерами гарнитуры 5 мм × 5 мм и зазором 0,5 мм.....	290
Приложение 7. Результаты экспериментов с размерами гарнитуры 5 мм × 5 мм и зазором 0,25 мм.....	295
Приложение 8. Зависимость погрешностей от итераций.	300
Приложение 9. Распределение скорости в прямоуголь- ном сечении	301
Приложение 10. Распределение полного давления в прямоугольном сечении.....	302
Приложение 11. Распределение кинетической энергии турбулентности в прямоугольном сечении	303
Приложение 12. Распределение меры рассеивания кинетической энергии турбулентности в прямоугольном сечении.....	304
Приложение 13. Распределение касательных напряжений в жидкости в прямоугольном сечении.....	305
Приложение 14. Распределение скорости в круглом сечении	306
Приложение 15. Распределение полного давления в круглом сечении.....	307
Приложение 16. Распределение кинетической энергии турбулентности в круглом сечении	308
Приложение 17. Распределение потоков в круглом сечении	309

Приложение 18. Распределение турбулентной вязкости в жидкости в круглом сечении	310
Приложение 19. Распределение скорости в треугольном сечении.....	311
Приложение 20. Распределение полного давления в треугольном сечении.....	312
Приложение 21. Распределение кинетической энергии турбулентности в треугольном сечении.....	313
Приложение 22. Распределение турбулентной вязкости в треугольном сечении	314
Приложение 23. Распределение напряжений в жидкости в треугольном сечении	315