

## К ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ СУСПЕНЗИЙ

М.С. Василишин, О.С. Иванов, А.Г. Карпов

*Приводятся сведения по обоснованию выбора основных конструктивных и технологических параметров многоступенчатых роторно-пульсационных аппаратов (РПА), предназначенных для обработки целлюлозосодержащих суспензий.*

*Ключевые слова: целлюлозосодержащие суспензии, обработка в роторно-пульсационном аппарате, выбор конструктивных параметров аппаратуры.*

Совершенствование технологий переработки недревесных видов целлюлозосодержащего сырья (ЦСС) неразрывно связано с созданием новых образцов оборудования, обеспечивающих комплексное воздействие на обрабатываемый материал и позволяющих добиться максимальной полноты извлечения целевых компонентов.

Технологические процессы переработки такого сырья являются многостадийными и связаны с использованием большого количества разнообразного оборудования, которое является энерго- и металлоёмким и, как правило, отличается невысокой производительностью. Переход с одного вида сырья на другое требует в таких производствах кардинальной замены, как отдельных образцов оборудования, так и их взаимного расположения в технологической линии, что в большинстве случаев связано со значительными материальными и временными затратами.

Характерной тенденцией развития современной химической технологии, в том числе и целлюлозно-бумажной промышленности, является переход к использованию универсальных методов обработки и специализированного оборудования, позволяющего в непрерывном режиме и с высокой интенсивностью обрабатывать различные гетерогенные системы. Применение такого оборудования позволяет создавать гибкие, легко перенастраиваемые технологические модули, являющиеся основой большинства современных производств.

Одним из видов оборудования, обеспечивающего мощное многофакторное воздействие на обрабатываемые дисперсные системы, являются аппараты роторно-пульсационного типа (РПА) [1–3]. Использование РПА для интенсификации различных технологических процессов [4, 5] позволяет значительно сократить их длительность, повысить степень из-

влечения целевых компонентов и снизить энергозатраты.

Согласно принятой в РФ классификации, выпускаемые промышленностью РПА делятся на две основных группы: аппараты погружного и проточного типа [6]. Первые серийно выпускаются Димитровградским заводом химического машиностроения под маркой ГАРТ и, несмотря на простоту конструктивного исполнения, не нашли широкого применения из-за невозможности обеспечения гарантированной однородной обработки продуктов. Аппараты проточного типа являются на текущий момент наиболее совершенными образцами роторно-пульсационной аппаратуры, предназначенной для осуществления различных гидромеханических, массообменных и других процессов в гетерогенных системах и, по этой причине, широко применяются в промышленности.

Проточные РПА чаще всего выполняют по схеме с горизонтальным валом и включают в себя рабочую камеру с размещённым в ней одноступенчатым или многоступенчатым ротором. В последнем случае достигается более высокая однородность обработки.

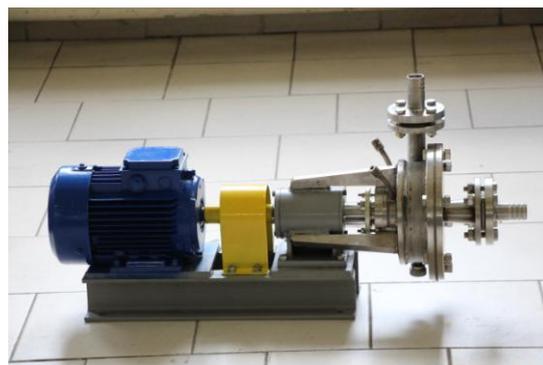


Рисунок 1 – Внешний вид двухступенчатого РПА

На рисунке 1 показан внешний вид двухступенчатого РПА, разработанного в ИПХЭТ СО РАН для обработки суспензий волокнистых материалов.

Основными рабочими органами аппарата являются сменные роторные и статорные ступени (см. рисунки 2 а, б).



а



б

Рисунок 2 – Внешний вид роторной (а) и статорной (б) ступеней РПА

Некоторые технические характеристики аппарата представлены в Таблице.

Значительное влияние на эффективность функционирования РПА оказывают структурно-механические и физико-химические свойства обрабатываемых материалов. В частности, при переработке ЦСС возникают проблемы с его плохой смачиваемостью, склонностью к агрегированию в водной среде, способные приводить к забивке рабочей камеры волокнистым материалом.

Таблица – Технические характеристики РПА при испытаниях на воде

Наименование характеристики	Значение
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	3,0
Давление в линии нагнетания, МПа	0,2
Установленная мощность электродвигателя, кВт	2,2
Допускаемая температура обрабатываемой среды, °С	95,0
Динамическая вязкость обрабатываемой среды, мПа·с	до 5,0
Частота вращения ротора (регулируемая), об/мин	0–2800

Специфические свойства сырья и особенности его взаимодействия с рабочими органами РПА следует учитывать как при выборе стандартных конструкций оборудования, так и при проектировании перспективных образцов. При этом может оказаться полезным опыт, накопленный в ходе эксплуатации такой аппаратуры.

Так, во избежание забивок рабочей камеры, концентрация волокнистого материала в суспензии не должна превышать 12–15 % (масс.), а сам он должен предварительно измельчаться до размера частиц  $(5-7) \cdot 10^{-3}$  м.

Наибольшее влияние на качество обработки сырья оказывают размеры кольцевых межцилиндровых зазоров. Как показывает наш опыт [7], максимальная эффективность обработки достигается при плавном уменьшении величины зазора в радиальном направлении. При этом ширина первого зазора должна находиться в пределах  $(1-2) \cdot 10^{-3}$  м, а последнего –  $0,1 \cdot 10^{-3}$  м.

Для увеличения режущего эффекта желательнее применение скошенных кромок на зубьях роторных цилиндров. При этом, значительно улучшаются условия прохождения обрабатываемой суспензии через прорезы статорных цилиндров. Размер и конфигурация прорезей во многом определяют устойчивый режим работы РПА. При этом ширину каналов первой ступени аппарата следует выбирать в пределах  $(8-10) \cdot 10^{-3}$  м и, далее, она должна плавно уменьшаться к периферии до  $(4-5) \cdot 10^{-3}$  м, что позволяет достигать требуемой степени диспергирования сырья.

Повышение напорно-расходных характеристик РПА может быть достигнуто за счёт установки на валу ротора крыльчатки. Крыльчатка снабжается, как правило, прямыми ло-

## К ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ СУСПЕНЗИЙ

пастями, улучшающими условия вхождения суспензии в радиальные каналы аппарата. Обычно число лопастей ограничивается 4–6.

Рабочие числа оборотов ротора аппарата следует выбирать в пределах 2000–2800 об/мин, что обеспечивает получение требуемых значений сдвиговой скорости в обрабатываемой среде и высокое качество обработки сырья.

ЦСС обладает слабыми абразивными свойствами, поэтому износ рабочих органов практически отсутствует. Для изготовления основных корпусных деталей РПА могут быть рекомендованы стали аустенитного класса.

Таким образом, выполнение сформулированных требований к конструкции РПА позволит обеспечить обоснованный выбор стандартного оборудования или аргументировано подойти к расчёту вновь проектируемых образцов для обработки ЦСС.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Главного управления экономики и инвестиций Алтайского края в рамках научного проекта РФФИ № 16–48–220983 «р\_сибирь\_а».*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабышко, А. М. Гидромеханическое диспергирование / А. М. Балабышко, А. И. Зимин, В. П. Ружицкий. – М. : Наука, 1998. – 332 с.
2. Промтов, М. А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика / М. А. Промтов. – М. : Машиностроение, 2001. – 206 с.
3. Богданов, В. В. Эффективные малообъемные смесители / В. В. Богданов, Е. И. Христофоров, Б. А. Клоцунг. – Л. : Химия, 1989. – 224 с.
4. Василишин, М. С. Экстракция арабиногалактана из опилок лиственницы сибирской в аппарате роторно-пульсационного типа / М. С. Василишин, В. В. Будаева, А. А. Кухленко, А. Г. Карпов, О. С. Иванов, С. Е. Орлов, В. А. Бабкин, Е. Н. Медведева // Ползуновский вестник. – 2010. – №4-1. – С. 168–173.

5. Орлов, С. Е. Исследование эффективности роторно-пульсационного аппарата в процессе экстракции лигнина из недревесного растительного сырья / С. Е. Орлов, В. В. Будаева, А. А. Кухленко, А. Г. Карпов, М. С. Василишин, В. Н. Золотухин // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4-1. – С.183–188.

6. Балабудкин, М. А. Роторно-пульсационные аппараты в химико-фармацевтической промышленности / М. А. Балабудкин. – М. : Медицина, 1983. – 160 с.

7. Иванов, О. С. Исследование измельчения сибунита в роторно-пульсационном аппарате / О. С. Иванов, М. С. Василишин, А. Г. Карпов, И. Р. Ахмадеев // Химическая технология. – 2013. – Т. 14, № 9. – С. 565–569.

**Василишин Михаил Степанович**, к.т.н., доцент, заведующий Лабораторией процессов и аппаратов химических технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, 659322, e-mail: ipcet@mail.ru.

**Иванов Олег Сергеевич**, к.т.н., научный сотрудник Лаборатории процессов и аппаратов химических технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, 659322, e-mail: ipcet@mail.ru.

**Карпов Анатолий Геннадьевич**, научный сотрудник Лаборатории процессов и аппаратов химических технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, 659322, e-mail: ipcet@mail.ru.