

Р. А. Марченко, Ю. Д. Алашкевич, Н. С. Решетова

БЕЗНОЖЕВАЯ ОБРАБОТКА ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДВИЖНОЙ ПРЕГРАДЫ

Представлены результаты экспериментальных исследований процесса размола волокнистых материалов безножевым способом. Рассмотрено влияние изменения числа лопаток рабочего колеса турбины на процесс гидродинамического размола волокнистых материалов.

Особое место в технологии получения бумажной продукции занимает размол волокнистых материалов, так как он определяет многие физические и эстетические свойства готовой бумаги, способствует развитию в волокнах способности связываться между собой в прочный бумажный лист, являясь при этом наиболее энергоемким технологическим процессом.

В производстве многих видов бумаги одной из основных задач, наряду со снижением энергозатрат и уменьшением загрязнения окружающей среды, является улучшение качественных показателей готовой продукции, в том числе повышение механической прочности, что позволяет снизить массу 1 м² продукции и ведет к экономии полуфабрикатов.

Механическая прочность – это одно из основных свойств большинства видов бумаги, зависящее от ряда переменных факторов:

- сил сцепления волокон между собой в готовой бумаге и площади поверхности, на которой действуют эти силы;
- прочности самих волокон, их гибкости и размеров;
- расположения волокон в бумаге (ориентация, плотность укладки).

Таким образом, оказывая влияние на эти факторы, можно изменить прочностные характеристики бумажного листа.

С целью интенсификации размола исследователи изучают и совершенствуют различные принципы обработки волокнистых материалов: традиционный ножевой, использующий рубку волокон, нетрадиционный безножевой, основанный на фибриллировании волокон без существенного укорочения, разрабатывают аппараты, воздействующие на волокнистый материал посредством сжатия и сдвига, энергии микроволн, радиационного и магнитного полей и др.

Волокнистые полуфабрикаты, обработанные способами, исключаяющими ножевое воздействие на волокно, имеют более высокие прочностные показатели. Поэтому наряду с усовершенствованием ножевых машин необходимо более активно изучать и внедрять безножевые методы обработки.

Многочисленные исследования процесса размола волокнистых материалов, проведенные как у

нас в стране, так и за рубежом, до сих пор не могут дать полного описания механизма этого процесса, так как в размалывающих машинах и при ножевом, и при безножевом воздействии на волокно присутствуют сложные механические воздействия и гидродинамические явления.

Определение оптимальных условий процесса разработки волокнистой суспензии для получения бумаги высокого качества целесообразнее проводить на безножевых аппаратах типа «струя–преграда», так как бумага, полученная из волокнистых материалов, предварительно подвергшихся размолу безножевым способом, оказывается значительно прочнее бумаги из волокон ножевого размола [1]. Но все аппараты такого рода имеют один существенный недостаток, не позволяющий им найти широкого применения в промышленности, большой расход электроэнергии, который на порядок и более превосходит традиционные ножевые способы размола. Основной причиной этого является недостаточная изученность механизма разработки волокон в безножевых аппаратах и, следовательно, невозможность оптимизации данного процесса.

Количественный анализ силовых воздействий на волокно при обработке волокнистой массы в безножевой установке: усилий от касательных напряжений сдвига при протекании суспензии через отверстие насадки, сил лобового удара струи о преграду и сил растекания суспензии по преграде – показывает, что этих воздействий для разрушения волокна недостаточно. Но, тем не менее, разрушение волокон при обработке в таких установках все равно происходит.

Этот вопрос более подробно был рассмотрен Ю. Д. Алашкевичем. По его мнению, основным разрушающим эффектом в данном случае является эффект кавитации, возникающий в момент контакта струи жидкости с преградой [2]. Этот эффект зависит от скорости и характера распределения струи, а также от формы и характера преграды.

Качественные показатели размалываемой массы существенно зависят от следующих конструктивных и технологических параметров экспериментальной установки: скорости истечения струи, диаметра насадки, угла конусности внутреннего

сечения насадки, расстояния от насадки до преграды.

Рассмотрим их более подробно. В работах [3; 4; 5; 6] показано, что скорость истечения струи значительно влияет на силу удара струи о преграду и величину касательных напряжений сдвига, возникающих при растекании струи по преграде. Несмотря на то что эти силы не велики и не могут обеспечить разработку суспензии, скорость истечения струи тем не менее оказывает существенное влияние на волновой характер движения струи, который в свою очередь определяет эффект ультразвуковой кавитации в месте контакта струи с преградой. При этом интенсивность размола возрастает с повышением скорости истечения струи. Характер воздействия струи на вращающуюся преграду, как и на неподвижную стенку, одинаков [7]. На эффект взаимодействия струи с преградой, движущейся перпендикулярно направлению оси струи, может оказать влияние только слой жидкости, остающийся на ее поверхности в промежутках между ударами струи.

При исследовании истечения струи из насадки с высокими скоростями в [3; 8] было отмечено, что форма и состояние ее внутренней поверхности играют важную роль в процессе формирования струи. В работах [9; 10] найдены оптимальные формы насадок с углом конусности 12 и 30°, изготовленных из нержавеющей стали Х12Н10Т и имеющих после конической части цилиндрическую, длина которой равна двум диаметрам. Оптимальным расстоянием от насадки до преграды считается расстояние от 0,1 до 0,4 м, диаметры насадок от 0,001 5 до 0,004 м [9; 10].

Ряд авторов [7; 9; 10] указывают, что при взаимодействии струи с подвижной и неподвижной преградами на поверхности раздела двух сред возникают волны сжатия и образуются местные чередующиеся высокие ударные давления, воз-

действующие в очень короткий период, которые обуславливают возникновение ультразвуковой кавитации, которая в свою очередь является определяющим фактором в обработке волокна.

В лаборатории кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета были проведены исследования по изучению механизма размола волокнистых материалов с использованием комбинированной установки типа «струя–преграда», включающей два способа размола – ножевой и безножевой (рис. 1). Это позволяет регулировать долю применения каждого способа и таким образом обеспечивать необходимое качество обработки волокна.

Для отделения безножевого способа размола воздействие ножевой гарнитуры в установке можно обеспечить двумя способами: с неподвижной и подвижной преградой. При первом способе ротор ножевой гарнитуры установки оставляют неподвижным. При втором способе максимальный зазор между ножами ротора и статора (0,001 м) устанавливается таким образом, что ножевая часть мельницы не влияет на интенсивность размола.

Одной из задач исследования было изучение влияния количества лопаток подвижной преграды на процесс размола. В качестве рабочей жидкости использовалась целлюлозная масса концентрацией 2 %, а в качестве подвижной преграды – турбина с различным количеством лопаток (рис. 2). Работа проводилась при скорости истечения струи суспензии 115,4 м/с, диаметре насадки 0,002 м и расстоянии от насадки до преграды 0,1 м.

Чтобы сравнить качество размола волокнистой массы, получаемой при использовании рабочего колеса с различным числом лопастей преграды, определялись время размола, бумагообразующие показатели разработанной массы и физико-механические показатели готовых отливок.

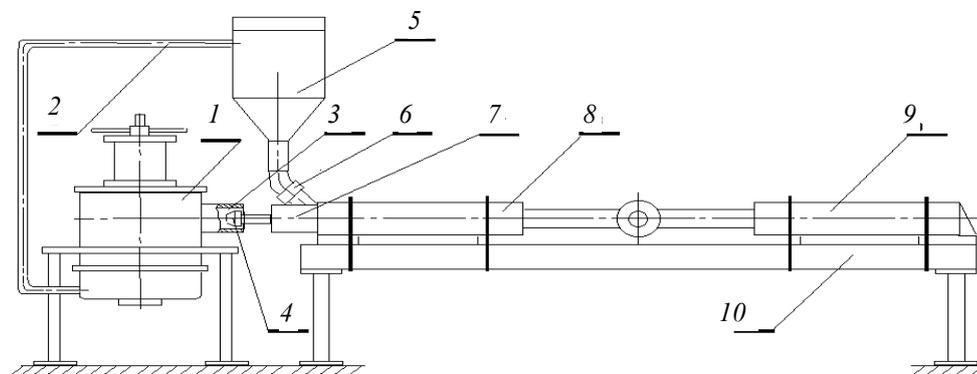


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – камера гидродинамического размола; 2 – трубопровод возврата; 3 – раструб; 4 – насадка; 5 – емкость; 6 – всасывающий клапан; 7 – выпускной клапан; 8 – рабочий цилиндр; 9 – приводной цилиндр; 10 – рама

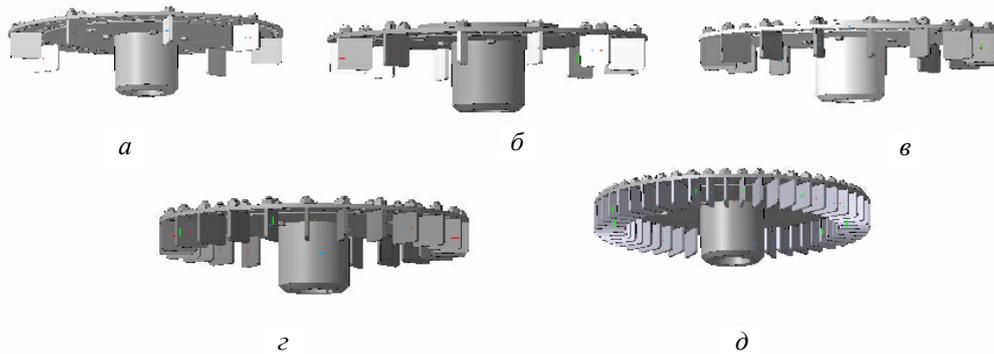


Рис. 2. Рабочее колесо турбины с различным количеством лопаток: а – 8 лопаток; б – 12 лопаток; в – 16 лопаток; г – 24 лопатки; д – 48 лопаток

На основании экспериментальных данных был построен график зависимости влияния числа лопаток турбины на время обработки волокнистой суспензии (рис. 3). Увеличение числа лопаток преграды до определенного момента снижает время обработки волокнистой суспензии, а затем время обработки опять растет. Это можно объяснить тем, что с увеличением числа лопаток преграды увеличивается число оборотов турбины и, как следствие, возрастает число контактов струи суспензии с лопатками, что в свою очередь повышает кавитационный эффект и уменьшает время размолла. Однако при увеличении числа лопастей до 48 и более происходит перекрытие лопастей друг другом, что приводит к затоплению струи, величина силы удара струи о преграду сводится к минимуму, резко снижая прирост градуса помола.

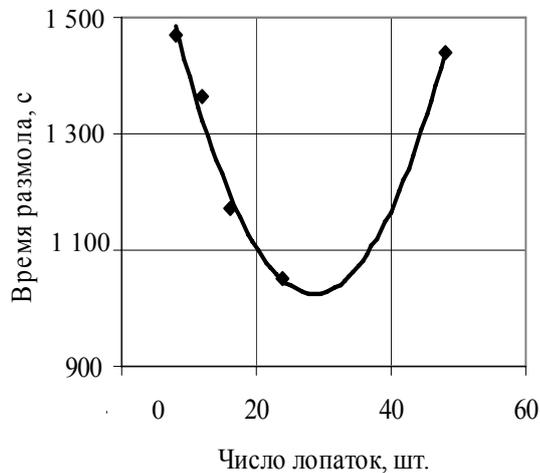


Рис. 3. Влияние числа лопаток турбины на время обработки волокнистой суспензии до градуса помола 50° ШР

О качестве разработанной бумажной массы судят в основном по степени ее помола и средней длине волокна. Именно эти показатели являются определяющими в контроле процесса размолла. По полученным данным следует, что показатели средней длины волокна при размоле турбиной с 24 лопатками выше, чем при размоле турбиной с меньшим числом лопастей (рис. 4). Например, при градусе помола 50° ШР средняя длина воло-

на целлюлозы при наличии на рабочем колесе 8 лопаток составляет 1,26 мм, при 12 лопатках – 1,3 мм, при 16 лопатках – 1,39 мм, при 24 лопатках – 1,53 мм, а при 48 лопатках – 1,21.

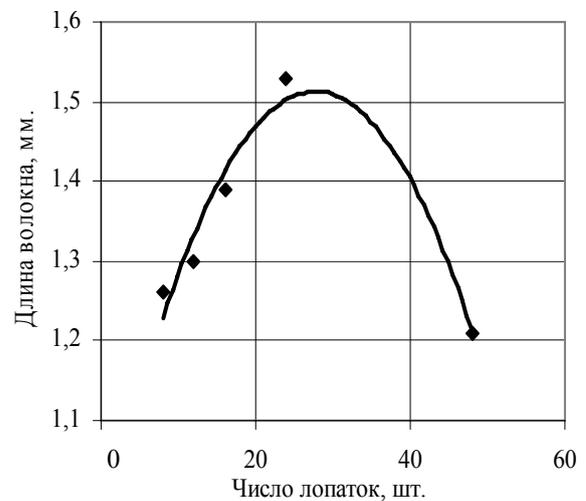
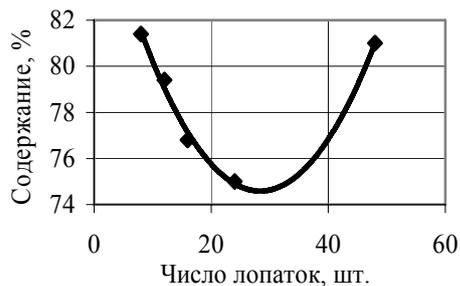


Рис. 4. Влияние числа лопаток турбины на длину волокна

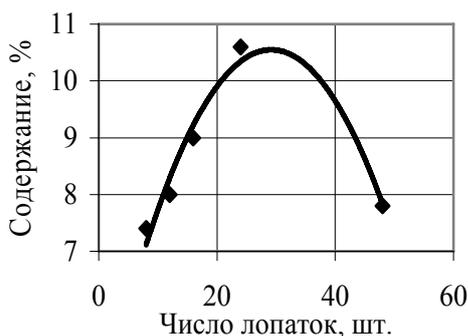
Важным показателем качества разработанной волокнистой массы является фракционный состав. Многие исследователи считают, что изменяя фракционный состав полуфабрикатов, можно влиять на прочностные свойства готовой бумаги, а фракционирование является методом, который может характеризовать свойства волокнистой массы, т. е. качество, значительно полнее, чем другие методы, применяемые при производственном контроле. В соответствии с ГОСТом, основное содержание размолотой волокнистой суспензии составляет крупная фракция (72–83 %), но должно содержаться и определенное количество средней (9...12 %) и мелкой (3...8 %) фракции, которое служит для заполнения пространства между крупной фракцией при формировании бумажного листа на сетке бумагоделательной машины. Если содержание средней и мелкой фракции будет меньше, то бумажный лист по своей структуре получится неоднородным, облачным.

По экспериментальным данным были построены графики зависимостей содержания раз-

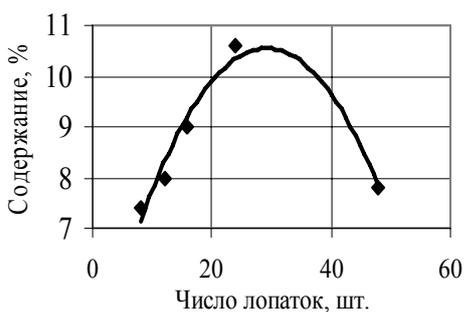
ных фракций при различном числе лопаток турбины (рис. 5). Турбина с 24 лопатками обеспечивает получение целлюлозной массы с содержанием фракций, соответствующих требованиям ГОСТа: крупной – 75 %, средней – 10,6 % и мелкой – 3,4 %. Масса, разработанная турбинами с 8 и 48 лопатками, имеет очень низкое содержание мелкой и средней фракции, что крайне отрицательно влияет на физико-механические свойства готовых отливок. Следовательно, для получения более качественной бумажной продукции целесообразно применение подвижной преграды с установкой на ней 24 лопастей.



а



б



в

Рис. 5. Влияние числа лопаток турбины на фракционный состав волокнистой суспензии с градусом помола 50° ШР: а – крупная фракция; б – средняя фракция; в – мелкая фракция

Еще одним важным параметром качества разработанной волокнистой массы является водоудерживающая способность. Этот показатель характеризует степень набухания и гидратации волокон при размоле, т. е. способность волокон к

образованию межволоконных связей для получения более прочной бумаги.

При увеличении числа лопаток водоудерживающая способность растет, достигая самого высокого уровня при 24 лопатках, но при 48 лопатках она резко ухудшается (рис. 6). Это объясняется тем, что при размоле на 48 лопатках волокно менее фибриллировано и содержит недостаточное количество мелкой и средней фракции, а значит, его межволоконные силы связи слабы.

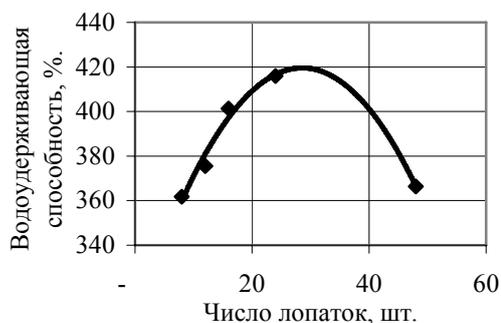


Рис. 6. Влияние числа лопаток турбины на водоудерживающую способность волокнистой суспензии при размоле до градуса помола 50° ШР

Кроме выявления бумагообразующих показателей разработанной волокнистой массы, в задачу исследований входило определение физико-механических характеристик бумажных отливок. Это позволило рассмотреть вопрос о воздействии различного количества лопастей турбины на гидродинамической размола волокнистых материалов, более широко.

Перед испытанием механических свойств бумаги и картона образцы кондиционировали в стандартных атмосферных условиях. Испытания проводили в таких же условиях.

Одним из важнейших показателей качества бумаги является показатель сопротивления бумаги или картона разрыву. На основании экспериментальных данных был построен график зависимости разрывной длины от числа лопаток (рис. 7). И в этом случае наилучшие показатели наблюдаются у турбины с 24 лопатками.

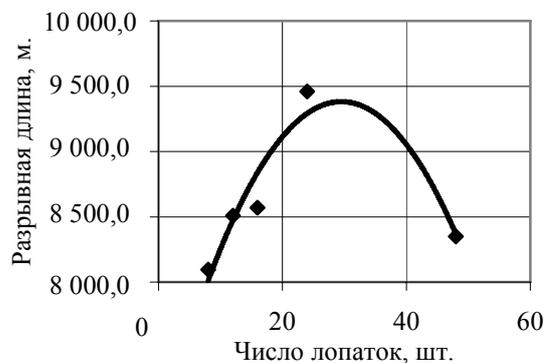


Рис. 7. Влияние числа лопаток турбины на разрывную длину бумажных отливок при размоле до градуса помола 50° ШР

Другой экспериментально определяемой физико-механической характеристикой является величина сопротивления продавливанию, зависящая от длины волокон, из которых изготовлена отливка, а также от силы межволоконных связей (рис. 8). Отливка, изготовленная из длинных волокон, отличается большей величиной сопротивления продавливанию. С увеличением степени помола бумажной массы в отливке растут силы связи между волокнами, одновременно увеличивается и сопротивление продавливанию, что подтверждается опытными данными. Как и во всех других случаях, наилучшие показатели наблюдаются у турбины с 24 лопатками.

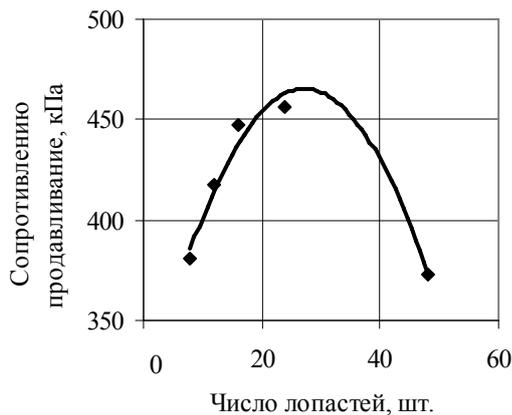


Рис. 8. Влияния числа лопаток турбины на сопротивление продавливанию бумажных отливок

Таким образом, сделаем следующие выводы:

– из рассмотренных в данной статье конструкций турбин гидродинамической установки с 8, 12, 16, 24 и 48 лопатками наиболее интенсивный прирост градуса помола, лучшие бумагообразующие свойства разработанной массы (фракционный состав, длина волокна и водоудерживающая способность) и физико-механические характеристики бумажных отливок (разрывная длина, сопротивление продавливанию) дает применение турбины с 24 лопатками;

– использование турбины с 24 лопатками, наряду с улучшением указанных выше параметров работы установки, снижает затраты электроэнергии за счет уменьшения времени обработки во-

локнистой суспензии до определенных стандарт параметров.

Библиографический список

1. Машины для получения и размола волокнистой массы : учеб. пособие / Ю. Д. Алашкевич, В. П. Барановский, Ф. И. Мицкевич и др. Красноярск, 1980. 131 с.
2. Алашкевич, Ю. Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размалывающих машинах : дис. ... д-ра техн. наук : 05.21.03 : защищена 14.04.87 / Ю. Д. Алашкевич. Красноярск, 1987. 376 с.
3. Верещагин, Л. Ф. Некоторые исследования струи воды, вытекающей из сопла под давлением до 2000 атмосфер / Л. Ф. Верещагин, А. А. Семерчан, Ф. М. Филер // Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук. 1957. № 1. С. 57–60.
4. Асатур, К. Г. Гидравлический расчет гидротойки горных пород / К. Г. Асатур // Изв. вузов. Горн. журн. 1963. № 7. С. 23–28.
5. Тавырин, Н. П. Исследование гидромониторных струй / Н. П. Тавырин // Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук. 1939. № 7. С. 25–44.
6. Куклин, И. С. О давлении гидромониторной струи на плоскую преграду / И. С. Куклин, Г. С. Куликов, А. В. Падучева // Тр. АН СССР, Ин-те горн. дела, Ур. фил, Свердловск. 1962. Вып. 3. С. 87–90.
7. Канавеллис, Р. Струйный удар и кавитационное разрушение / Р. Канавеллис // Теоретические основы инженерных расчетов. М., 1968. Т. 90. № 3. С. 39–48.
8. Никонов, Г. П. Исследование динамики и структуры тонких струй воды давлением до 500 атмосфер / Г. П. Никонов, С. С. Шавловский, В. Ф. Хныкин ; АН СССР, Ин-та гор. дела им. А. А. Скочинского. М., 1969. 38 с.
9. Шемякин, Э. В. Исследование механизмов размола целлюлозных волокон в безножевых машинах : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.05 : защищена 10.06.73 / Э. В. Шемякин. М., 1974. 156 с.
10. Васютин, В. Г. Интенсификация процесса комбинированного размола : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.03 : защищена 12.03.88 / В. Г. Васютин. Красноярск, 1988. 165 с.

R. A. Marchenko, Ju. D. Alashkevich, N. S. Reshetova

NON-BLADE PROCESSING OF FIBRED SUSPENSE USING THE OF MOBILE BARRIER

It is presented the results of experimental researches of fibred materials grinding process non-blade. It is considered influence of changing the number of shoulder-blades of driving wheel of turbine on the process of the hydrodynamic grinding of fibred materials.