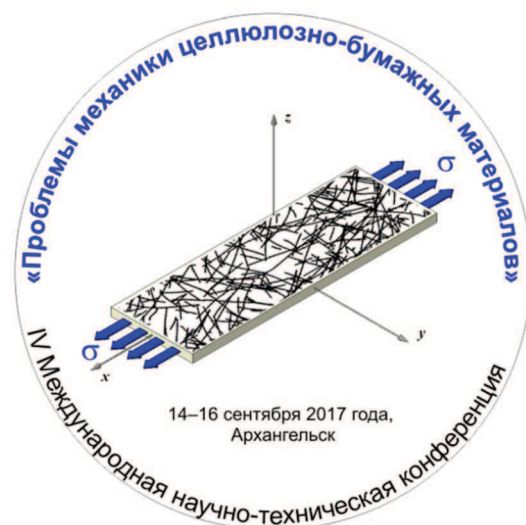




Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ



МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И. КОМАРОВА

14–16 сентября 2017 г.

Архангельск
2017

УДК 676.017
ББК 35.77
П 78

Составитель – **Я.В. Казаков**

*Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (проект № 17-08-20431\17)*

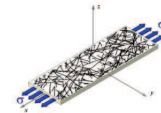
П 78 **Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов:**
материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти про-
фессора В.И. Комарова (Архангельск, 14–16 сентября 2017 г.) /
Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск:
САФУ, 2017. – 377 с.
ISBN 978-5-261-01259

Представлены материалы докладов по фундаментальным и
прикладным исследованиям в области механики целлюлозно-
бумажных материалов по следующим направлениям: физические
основы и методы оценки механического поведения целлюлозно-
бумажных материалов; новые технологические решения для повы-
шения уровня механических свойств технической целлюлозы, бума-
ги и картона; перспективы развития ресурсосберегающих способов
получения бумаги и картона из рециркулируемого сырья; нанотех-
нологии в получении новых видов целлюлозы и бумагоподобных
материалов.

УДК 676.017
ББК 35.77

ISBN 978-5-261-01259

© Северный (Арктический)
федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, 2017



СИЛОВОЙ ХАРАКТЕР ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НОЖЕВОЙ УСТАНОВКИ С ИНЕРЦИОННЫМИ ТЕЛАМИ

И.А. Воронин¹, Ю.Д. Алашкевич²

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М. Ф. Решетнева», г. Красноярск, Россия

²Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, Россия

В данной работе рассмотрено воздействие на волокно касательных сил сдвига при контакте ножей инерционного тела с ножами барабана: сила трения качения и сила трения скольжения.

POWER FORCE ON FIBER MATERIAL OF WORKING BODIES OF A KNIFE INSTALLATION WITH INERTIAL BODIES

I.A. Voronin¹, Yu.D. Alashkevich²

¹Siberian state university of science and technologies name of the academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

²Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

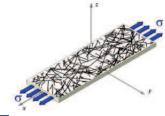
In this paper, we examine the effect on the fiber of tangential shear forces upon contact of the inertial body knives with the drum knives: frictional force of friction and sliding friction force.

Размол бумажной массы является исключительно важным этапом технологии производства бумаги, в процессе которого стремятся придать волокнистому материалу необходимый фракционный состав с тем, чтобы обеспечить при отливе на бумагоделательной машине требуемую структуру и плотность бумажного листа [1].

Для обработки волокнистых полуфабрикатов применяется размольный аппарат с инерционным движением размольных тел, рис. 1.

Размол волокнистого материала в таком аппарате производится путем перекачивания инерционного тела по внутренней стенке размольного барабана под действием центробежной силы и силы трения, возникающей при вращении размольного стакана вокруг центрального вала и собственной оси.

Волокна обрабатываются между двумя рабочими поверхностями. Первая поверхность представляет собой инерционное тело, имеющие на



боковой поверхности соответствующий зубчатый профиль, вторая – стенка барабана, имеющая наклонную накатку – насечку.

На экспериментальную установку получен патент на изобретение [4].
 Общий вид установки представлен на рис. 1.

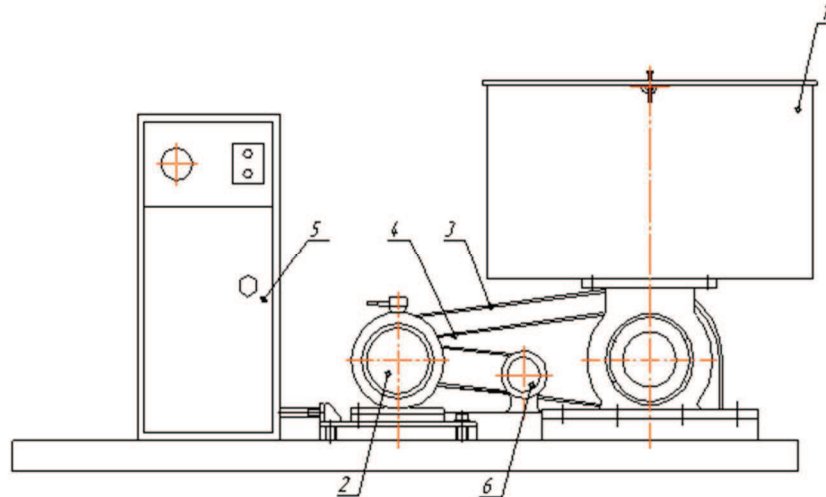
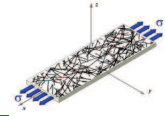


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки с инерционным движением размольных тел: 1 – корпус; 2 – двигатель; 3 – кожух; 4 – ременная передача; 5 – блок управления; 6 – тахогенератор

В работах [1,3] говорилось о том, что основной силой обеспечивающей разрушение волокна при его размоле на установке с инерционным движением рабочих тел является сила инерции J . Было доказано, что на разрушение волокна так же влияет сила трения скольжения и сила трения качения.

Рассмотрим условие интенсивного воздействия на волокнистую массу рабочих органов в размольной установке. Под действием силы P_1 инерционное тело, находящееся на внутренней поверхности барабана, условно деформируется, вследствие чего он опирается не на одну точку, а на площадку больших или меньших размеров [2]. Это приводит к тому, что при качении тела точка «А» (рис. 2) приложения реакции опоры смещается немного вперед от вертикали, проходящей через центр тяжести тела, а линия действия силы реакции опоры R_A отклоняется немного назад от этой вертикали. При этом нормальная составляющая $R_n = N$ реакции опоры компенсирует силу инерции J (т.е. $R_n = -J$), а не скомпенсированная тангенциальная составляющая R_t реакции опоры направлена против движения тела и играет роль силы трения качения $T_{к\text{TP}}$ или силы трения о стенку барабана [2].



Модуль силы трения качения о стенку барабана T_k^{TP} определяется по формуле

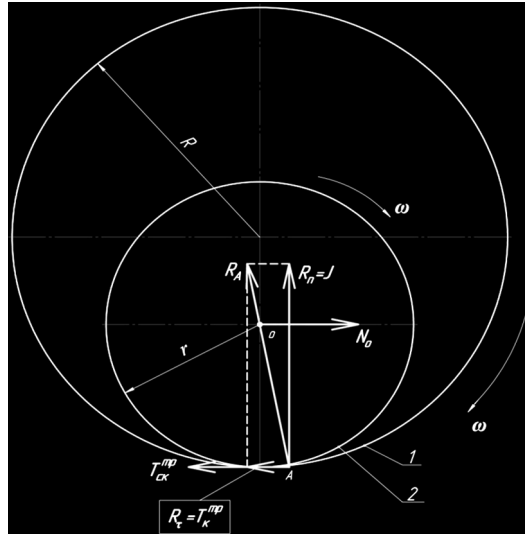


Рис. 2. Схема воздействия инерционных тел на волокно за счет сил трения скольжения и трения качения 1 – развольный барабан; 2 – инерционное тело; T_k^{TP} – сила трения качения о стенку барабана, Н; R_n – нормальная составляющая реакции опоры, Н; R_τ – тангенциальная составляющая реакции опоры, Н; R_A – сила реакции опоры, Н; $T_{СК}^{TP}$ – сила трения скольжения о стенку барабана, Н

$$T_k^{TP} = \frac{f_k \cdot P_1}{r}, \quad (1)$$

где f_k – коэффициент трения качения равен 0,0005 м [4]; r – радиус инерционного тела равен 0,045 м.

Сила трения скольжения $T_{СК}^{TP}$, Н, о стенку барабана определяется по формуле

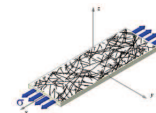
$$T_{СК}^{TP} = f_{СК} \cdot P_1. \quad (2)$$

Рассмотрим состояние инерционного тела при различной частоте вращения инерционного тела и изменении окружного усилия $N_{окр}$ [2]:

- а) инерционное тело катится без скольжения, если $T_k^{TP} < N_{окр} < T_{СК}^{TP}$;
- б) инерционное тело катится со скольжением, если $N_{окр} > T_{СК}^{TP}$

Определим окружное усилие, действующее на инерционное тело $N_{окр}$, Н

$$N_{окр} = \frac{P_{дв} \cdot \eta}{V_0}, \quad (3)$$



где $P_{дв}$ – мощность электродвигателя, кВт; η – коэффициент полезного действия механической передачи от двигателя [5]; V_0 – окружная скорость вращения инерционного тела, м/с.

Коэффициент полезного действия механической передачи от двигателя определяется по формуле

$$\eta = \eta_1^2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4, \quad (4)$$

где η_1 – потери на трение в подшипниках качения; η_2 – потери на трение в ременной передаче с клиновыми ремнями; η_3 – потери на трение в конической передаче; η_4 – потери в опорах вала привода аппарата.

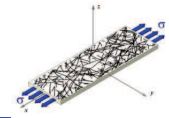
$$V_0 = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n}{60}, \quad (5)$$

где D_c – диаметр инерционного тела, м.

Результаты расчета силовых параметров на волокно сведены в табл. 1.

Таблица 1. Силовые параметры воздействия на волокно при изменении частоты вращения инерционных тел

Частота вращения инерционного тела n , об/мин	Сила инерции J , Н	Окружное усилие инерционного тела $N_{окр}$, Н	Сила трения качения о стенку барабана $T_k^{тр}$, Н	Сила трения скольжения о стенку барабана $T_{ск}^{тр}$, Н
85,5	11,61	2497,05	0,13	2,32
114,0	20,64	1872,78	0,23	4,13
142,5	32,26	1498,23	0,36	6,45
171,0	46,45	1248,52	0,52	9,29
199,5	63,22	1070,16	0,71	12,64
228,0	82,58	936,39	0,93	16,52
256,5	104,51	832,35	1,17	20,90
285,0	129,03	749,11	1,45	25,81
313,5	156,12	681,01	1,75	31,22
342,0	185,80	624,26	2,09	37,16
370,5	218,05	576,24	2,45	43,61
399,0	252,89	535,08	2,84	50,58
798,0	1011,56	267,54	11,37	202,31
826,5	1085,10	258,32	12,19	217,02
855,0	1161,23	249,70	13,05	232,25
883,5	1239,93	241,65	13,93	247,99
912,0	1321,22	234,10	14,85	264,24



Из табл. 1 видно, что в пределах изменения частоты вращения инерционного тела до 883,5 об/мин, последнее катится по внутренней образующей поверхности барабана со скольжением, так как $N_{\text{окр}} > T_{\text{ск}}^{\text{тр}}$. При дальнейшем увеличении частоты вращения инерционного тела оно катится без скольжения [2], так как с этого момента с увеличением значения частоты вращения инерционного тела наблюдается снижение значения окружного усилия $N_{\text{окр}}$ и увеличение силы трения скольжения о стенку барабана $T_{\text{ск}}^{\text{тр}}$, что обеспечивает соблюдение условия $T_{\text{к}}^{\text{тр}} < N_{\text{окр}} < T_{\text{ск}}^{\text{тр}}$. Вместе с тем сила инерции J с увеличением частоты вращения рабочих тел установки продолжает расти.

Учитывая, что разрушающая способность установки обеспечивает максимальное значение частоты вращения инерционных тел соответствующее 228 об/мин последние движутся в установке со скольжением, что соответствует выполнению условия $N_{\text{окр}} > T_{\text{ск}}^{\text{тр}}$.

Таким образом, в пределах технических характеристик работы установки до максимальной скорости вращения инерционных тел 228 об/мин преобладающими силами воздействия на волокно при размоле являются силы инерции J и силы трения скольжения $T_{\text{ск}}^{\text{тр}}$.

Рассмотрим зависимость сил трения скольжения и трения качения от окружного усилия (рис. 3).

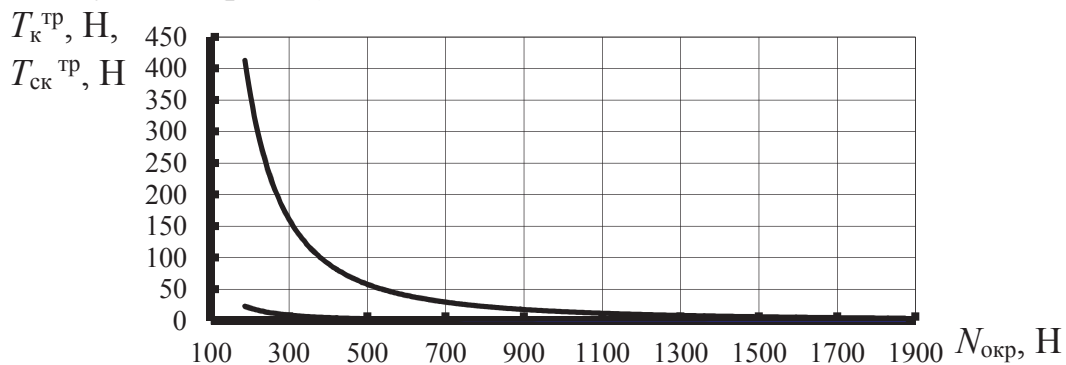
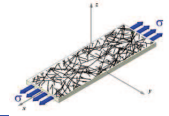


Рис. 3. Зависимость сил трения скольжения и трения качения от окружного усилия: 1 – сила трения качения о стенку барабана, $T_{\text{к}}^{\text{тр}}$, Н; 2 – сила трения скольжения о стенку барабана, $T_{\text{ск}}^{\text{тр}}$, Н

На рис. 3 представлен график, из которого видно что, с увеличением окружного усилия уменьшается сила трения качения, и сила трения скольжения. Сила трения скольжения о стенку барабана является наибольшей,



обеспечивающей максимальное разрушающее воздействие на волокно. Так же из графика видно, что с уменьшением окружного усилия (увеличение частоты вращения инерционных тел) наблюдается резкий рост силы трения скольжения. Можно предположить, что при частоте вращения инерционного тела выше критической процесс размола начнет замедляться.

Вывод.

При движении инерционного тела в размольном барабане, воздействие на волокно в большей степени осуществляется за счет силы инерции J , и силы трения скольжения $T_{ск}^{тр}$ о стенку барабана, которая является наибольшей, обеспечивающей максимальное разрушающее воздействие на волокно. Сила трения качения $T_{к}^{тр}$ оказывает незначительное действие.

Список литературы

1. Алашкевич Ю.Д., Воронин И.А., Ковалев В.И., Решетова Н.С. Размол волокнистых полуфабрикатов нетрадиционным способом // Химия растительного сырья. 2009. № 2. С. 165–168.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т./ В.И. Анурьев; под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. т.1: Справочник конструктора-машиностроителя. 920 с.
3. Воронин И.А. Нетрадиционный способ обработки волокнистых суспензий с использованием инерционных тел в целлюлозно-бумажном производстве: автореф. дис. канд. тех. наук. Красноярск, 2011. 22 с.
4. Пат. № 2314381. Российская Федерация. МПК D21В 1/00, В02С 17/00. Центробежный размалывающий аппарат [Текст] / Ю.Д. Алашкевич, В.И. Ковалев, И.А. Воронин, В. Г. Васютин. – № 2009103391. Заявл. 02.02.2009; Оpubл. 20.09.2009. Бюл. № 26. 5 с.
5. Чернавский С.А. и др. Курсовое проектирование деталей машины. М.: Машиностроение, 1967. 353 с.

Исследование выполнено при поддержке краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках участия в IV Международной конференции, посвященной памяти профессора В. И. Комарова. "Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов".