

Ц Б К

Pulp

целлюлоза

Paper

бумага

Board

картон

08 [2013]

- ЦБП в России и в мире...
- От наших специальных корреспондентов: Кувшиново; Нижний Новгород; Балахна; АО "Волга".
- Обзор Рынка: газетная бумага.
- "Большой Братск" — работа продолжается.
- Рассказывают специалисты "Pouge"...
- Решение принято? Да, наконец-то!
- Статистика: итоги 7-ми месяцев.
- Наука и технология — вискозная целлюлоза.
- Оборудование: СПб ГТУРП; GL&V; Voith.
- Российские энергетики предлагают.
- Информация от иностранных поставщиков: Metso Automation; Metso Paper; Andritz.
- Торговый Дом.

Оценка диспергирующей способности напорного ящика со ступенчатыми диффузорами

Ю. А. Тихонов,
В. С. Куров, В. Н. Гончаров,
СПб ГТУРП

Напорный ящик должен обеспечить равномерность распределения массы напускаемой на сетку машины и высокую степень её дисперсности. Проблемы равномерности распределения решены для ящиков с диффузорами, в то время как достижение высокой степени дисперсности – далеко нерешенная задача. Повышение концентрации напуска с целью повышения производительности и снижения энерго-металлоемкости оборудования ведет к снижению качества формируемого полотна вследствие роста флоккул в струе массы осаждающейся на сетке машины, что инициирует их дальнейший рост в начальной зоне формирования. Прогнозирование изменения дис-

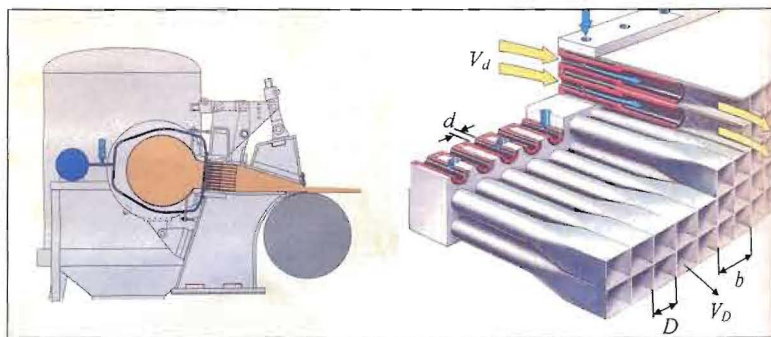


Рис. 1. Напорный ящик со ступенчатыми диффузорами

персности массы от концентрации напуска и скорости машины с учетом основных параметров ящика представляет важную, но сложную задачу, требующую численных методов с привлечением труднодобываемых экспериментальных данных [1]. В статье предложен оценочный метод, основанный на простых моделях турбулентности, использующий наименьшую (ньютонов-

скую) вязкость массы, зависящую от ее концентрации [2].

Оценочный метод базируется на отождествлении среднего размера флоккул d_f и микромасштаба турбулентности λ_g , являющимся средним размером вихрей, через которые осуществляется диссипация энергии, затрачиваемая на разрыв связей волокнистой структуры. Используем его для ящика на рис. 1.

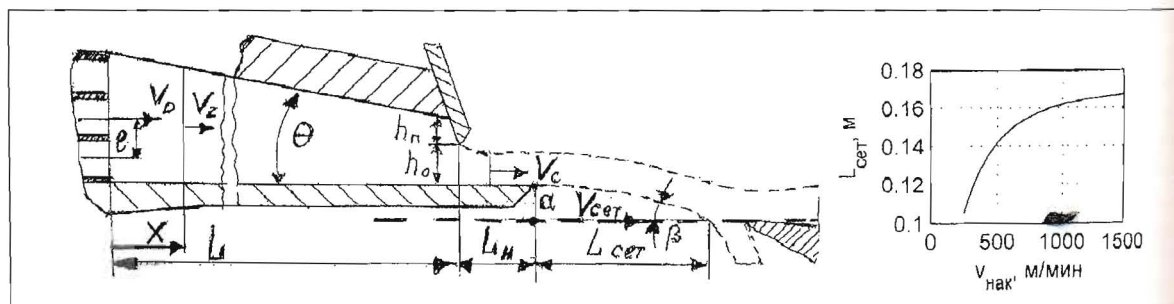


Рис. 2. Схема конфузорного канала L , губы L_n и струи $L_{сет}$, зависящей от скорости машины

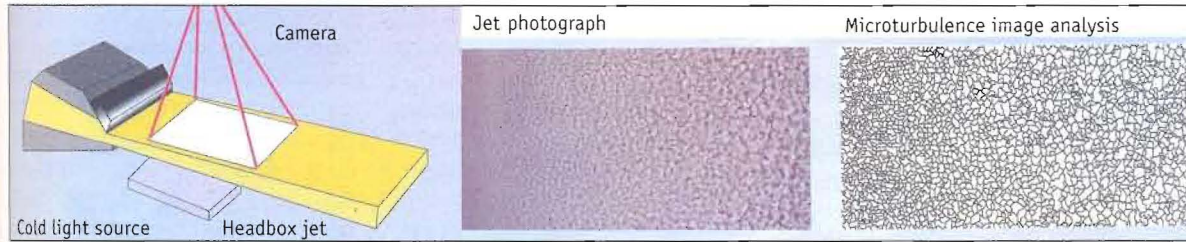


Рис. 3. Увеличение масштаба турбулентности и размера флоккул в струе, вышедшей из напорного ящика [7]

При расширении потока D/d в диффузорах интенсивность турбулентности возрастает пропорционально сопротивлению диффузора ζ :

$$\frac{u}{v_0} = K_d \cdot \zeta = 0,15 \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]; 0,3 \leq \frac{d}{D} \leq 0,8. (1)$$

Турбулентность при расширении близка к изотропной, что делает применимой формулу [3]:

$$\varepsilon = 15 \cdot \frac{\mu_0}{\rho} \cdot \frac{u'^2}{\lambda_g^2}, (2)$$

где ρ – плотность массы, ε – диссипация энергии турбулентности.

Диссипацию энергии можно выразить [4]:

$$\varepsilon = \frac{0,8 \cdot u'^3}{\Lambda}, (3)$$

где согласно [5] $\Lambda = 0,1 \cdot D$ – поперечный макромасштаб турбулентности.

Объединяя (1-3) и учитывая, что $\lambda_g = d_f$, определим размер флоккул на выходе из блока диффузоров в конфузрный канал:

$$\frac{d_{fo}}{d} = \sqrt{\frac{12,5}{[1 - (\frac{d}{D})^2]^2 \cdot (\frac{d}{D})^3}} \cdot \sqrt{\frac{1}{Re_d}}; Re_d = \frac{\rho \cdot v_d \cdot d}{\mu_0}. (4)$$

В конфузрном канале (рис. 2) масса ускоряется $\frac{dV_z}{dx} > 0$, вследствие чего турбулентность быстро вырождается [3], а размер флоккул растет до максимального размера d_{fl} в конце канала:

$$d_{fl} = \sqrt{d_{fo}^2 + \frac{\mu_0 \cdot t}{\rho} \cdot A}; t = \frac{L}{Q/b} \left(n \cdot \ell - \frac{L}{2} \cdot \tan \theta \right). (5)$$

где t – время прохождения канала массой, Q/b – расход на единицу ширины ящика, n и ℓ – количество и шаг рядов диффузоров, $A = 4-10$ – коэффициент

растущий с увеличением параметра ускорения K_x :

$$K_x = \frac{\mu_0}{\rho \cdot V_z} \cdot \frac{dV_z}{dx} = \frac{\mu_0 \cdot \tan \theta}{\rho \cdot Q/b}. (6)$$

Установка гибких пластин (ламель) уменьшает угол θ до значения θ/n и, соответственно формулам (6-5) размер флоккул d_{fl} в канале снижается.

Проходя губу ящика флоккулы диспергируются до размера d_{fn} либо вследствие турбулентной диссипации, если их размер d_{fl} перед губой значительно меньше высоты ее открытия h_o , либо под действием градиента скорости, если их размер сравним с высотой открытия. Поскольку размер губы L_n мал, то определяющую роль в разрушении флоккул играет время прохождения ими губы и размеры d_{fn} флоккул при сходе с губы определяются:

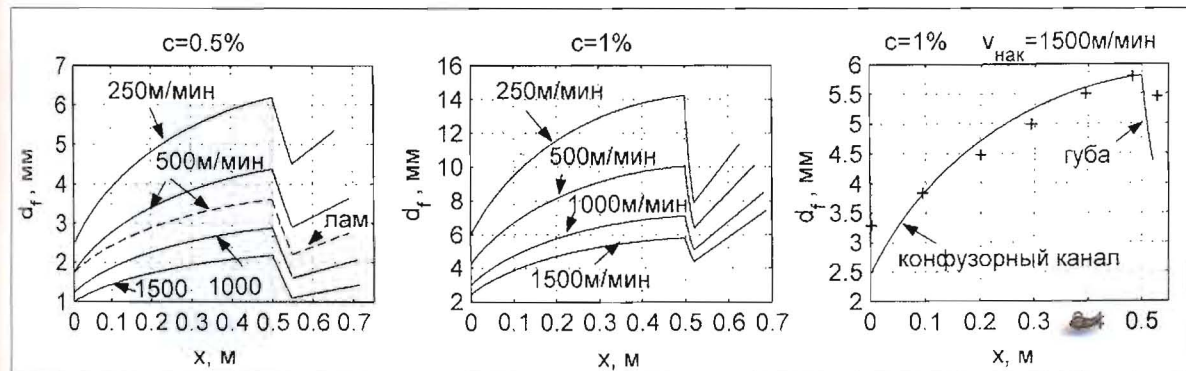


Рис. 4. Изменение среднего размера флоккул в массе концентрацией 0,5 и 1 % в канале, губе и струе при различной скорости машины. Ордината $x = 0$ соответствует выходу массы из 4х-рядного диффузорного блока; --- – соответствует установке ламел; + – значения экспериментальных данных при сходственных параметрах согласно [1]

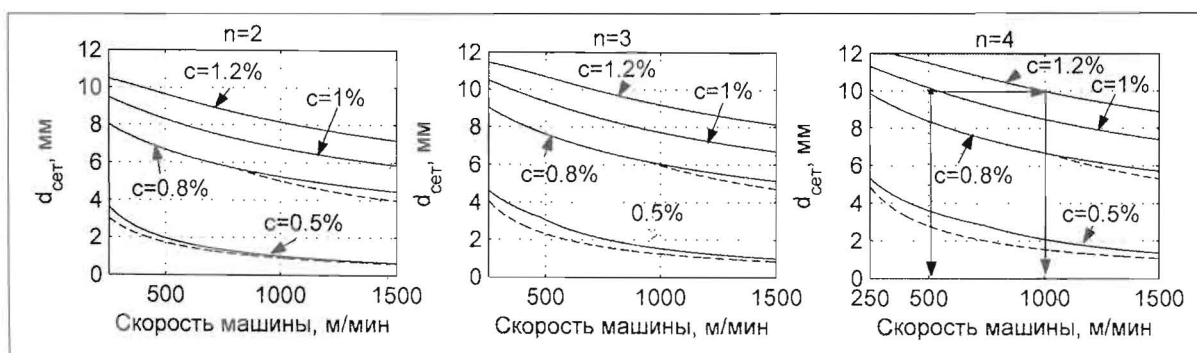


Рис. 5. Зависимости размера флоккул в струе массы на линии контакта с сеткой от скорости машины при различной концентрации и числе рядов диффузоров. — — с установкой ламелл

$$\frac{d_{fH}}{h_c} = \left[\left(\frac{d_{fL}}{h_c} \right)^{\frac{2}{3}} - \frac{5}{2} \frac{B_{\text{ш}}}{B_L^{1/3}} \right]^{\frac{3}{2}} \text{ при } \frac{d_{fL}}{h_c} \leq 0,25, (7)$$

где $B_L = \frac{\Lambda}{h_c} 0,1$ – безразмерный макро-масштаб, $B_{\text{ш}} = \frac{U'}{v_c} = 0,025$ – интенсивность турбулентности в губе ящика [6], $h_c = 0,8 h_0$ – толщина струи в сжатом сечении губы

$$\frac{d_{fH}}{h_c} = \frac{1}{0,48 + \frac{h_c}{d_{fL}}} \text{ при } \frac{d_{fL}}{h_c} > 0,25. (8)$$

Сойдя с нижней кромки губы струя расширяется приблизительно под углом два градуса (рис. 3). Пропорционально ее увеличивающейся толщине растет масштаб турбулентности и, соответственно ему размер флоккул.

В соответствие с рис. 3 средний размер флоккул d_{cet} на линии контакта струи с сеткой определится:

$$\frac{d_{\text{cet}}}{d_{fH}} = \frac{h_c + L_{\text{cet}} \cdot \text{tg } 2^\circ}{h_c} = 1 + 0,035 \frac{L_{\text{cet}}}{h_c}. (9)$$

На основе формул (4-9) на рис. 4 представлена картина изменения размеров флоккул в массе со средней дли-

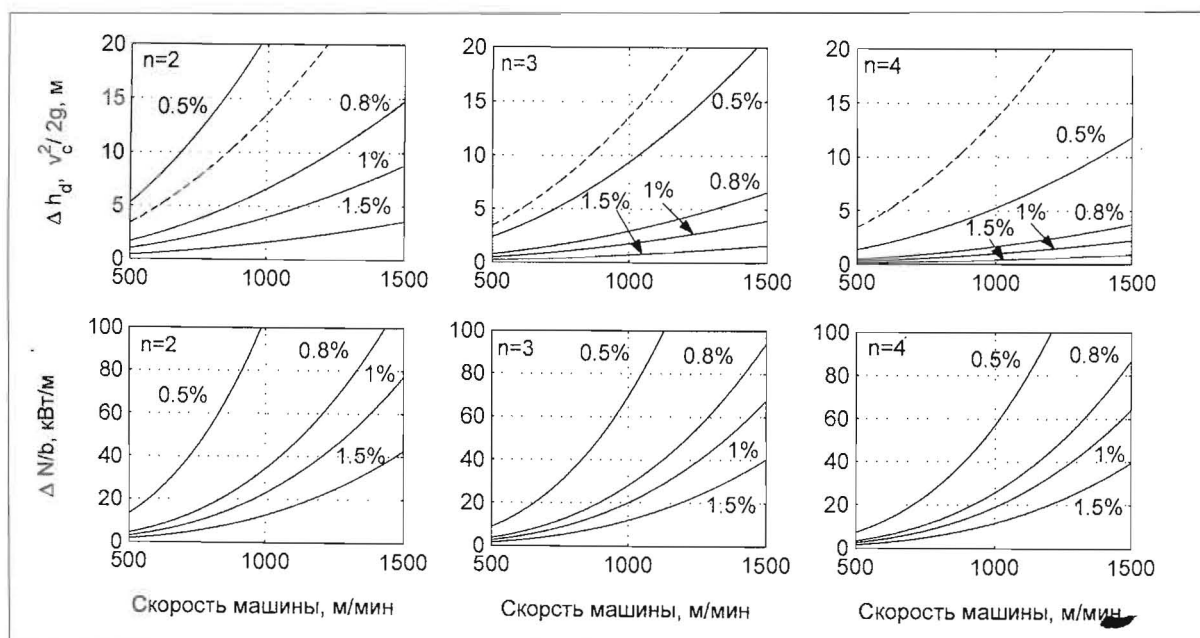


Рис. 6. Зависимости потерь напора Δh_d в ящике (в сравнении со скоростным напором струи, выходящей из него $V_c^2 / 2g$) и требуемой мощности на метр его ширины от скорости машины при различной концентрации массы и количества рядов диффузоров

ной волокон 2 мм, концентрацией 0,5 и 1 % при различной скорости машины начиная от выхода из ступенчатых диффузоров и кончая линией контакта струи с сеткой при следующих параметрах: $d = 16$ мм, $\frac{D}{d} = 1,625$, $l = 28$ мм, $L = 0,5$ м, $\theta = 9 \div 11^\circ$, h_o соответствует $q = 80$ г/м² и $\frac{V_{сст}}{V} = 0,98$, $\frac{h_L}{h_o} = 0,375$, $L_{нл} = 2h_o$, $a = 9$ мм, $\frac{V_{сст}}{V} = 0,97$.

На рис. 5 приведены зависимости размера флоккул в струе массы различной концентрации от скорости машины при тех же вышеприведенных параметрах, что и на рис. 4.

Рис. 5 ($n=4$) иллюстрирует, что одинаковая степень дисперсности массы при повышении ее концентрации достигается значительным увеличением

скорости машины. Рис. 5 также показывает повышение эффективности установки ламел с увеличением числа рядов диффузоров и повышение степени дисперсности массы при уменьшении рядов. При уменьшении рядов необходимо учитывать повышение потерь напора в ящике согласно рис. 6.

Список литературы

1. Härmäläinen T. Modeling of Fibre orientation and Fibre Flocculation Phenomena in Paper sheet forming. // Thesis of Tampere University of Technology. – 2008. – November. – P. 1-94.
2. Тихонов Ю. А., Куров В. С., Осипов П. В. Связь реологических и структурных параметров в течениях бумаж-

ной массы при изменении концентрации. // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2011. – № 9. С. 48-51.

3. Хинце И. О. Турбулентность. // Физматгиз. М. – 1973.

4. Луцкий В. Г., Повельев А. А. Трехпараметрическая модель сдвиговой турбулентности. // Механика жидкости и газа. – 1978. № 3. С. 7-12.

5. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука. 1978.

6. Frei H. Mehrschichtiges Tissue. // Wochenblatt für Papierfabrikation. – 1989. – S.687-691.

7. Rut W., Loser H. Image analysis in headbox development. // Twogether. Paper Technology Journal. – 1999. № 2. – P. 48-49.

Экономия в рулоне

Производители туалетной бумаги и салфеток взяли на вооружение метод повышения прибыли, которым уже пользуются производители продуктов питания. Они стали сокращать количество товаров в упаковке, продолжая продавать их по прежним ценам.

Kimberly-Clark, второй после Procter & Gamble (P&G) производитель гигиенических товаров в мире, недавно выпустила новые салфетки Kleenex: на ее пачке сказано, что они стали на 15 % больше. Правда, при этом количество самих салфеток в пачке уменьшилось на 13 %, рассказывает The Wall Street Journal. На этой неделе топ-менеджеры Kimberly-Clark сообщили аналитикам, что собираются поставить метод на поток во II половине 2013 г., чтобы увеличить прибыль.

Производители начали снижать количество салфеток и туалетной бумаги в рулоне, при этом сохраняя цены на прежнем уровне, констатирует газета. Этим приемом давно и успешно пользуются компании, занимающиеся производством продуктов питания и напитков. Это позволяет незаметно повышать цены на единицу товара.

Так, батончик Snickers сегодня весит 1,86 унции (53 г), хотя еще совсем недавно весил 2,07 унции (59 г). Компания Mars (выпускает Snickers) объяснила это желанием снизить количество калорий до 250 на батончик. А апельсиновый сок Tropicana Pure Premium (его производит PepsiCo) сегодня продается в 59-унциевых бутылках (1,6 кг), тогда как еще в 2010 г. он продавался в 64-унциевой упаковке (1,8 кг).

Возможность незаметно поднять цены особенно важна для производителей туалетной бумаги из-за высокой конкуренции с частными марками. Kimberly-Clark в использовании этой уловки не одинока: производители Georgia Pacific и P&G тоже либо сократили количество бумаги в рулоне, либо сделали ее более тонкой.

Но директор по финансам Kimberly-Clark Марк Бутман говорит, что из-за введения новых технологий эффект от снижения количества товара в упаковке сводится на нет: новые салфетки Kleenex и туалетная бумага Cottonelle стали более прочными и качественными и в итоге покупатели потребляют их в меньших количествах, утверждает он. О том же говорят и спикеры P&G и Georgia Pacific.

Ведомости. 26 июля 2013 г.