

УДК 676.056.15

В.С. Куров, Ю.А. ТихоновС.-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров

Куров Виктор Сергеевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Ленинградский государственный технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, профессор, доктор технических наук, проректор по научной работе С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 160 печатных работ в области исследования нестационарных гидромеханических процессов и реологии водоволокнистых суспензий целлюлозно-бумажной промышленности.
E-mail: mail@gturp.spb.ru



Тихонов Юрий Александрович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет около 110 печатных работ в области оборудования целлюлозно-бумажного производства.
E-mail: mail@gturp.spb.ru



НАПОРНЫЙ ЯЩИК ДЛЯ МАССЫ ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

На основании анализа современных скоростных дорогостоящих напорных ящиков предложена и обоснована новая дешевая, прошедшая лабораторные испытания конструкция, позволяющая повысить качество формования на многочисленных машинах, производящих макулатурные картоны, увеличить их производительность и снизить металлоемкость.

Ключевые слова: напорный ящик, диспергирование массы, профили скорости, концентрации и массы метра квадратного формующего полотна.

На скоростных машинах работают современные напорные ящики [2], обеспечивающие условия для качественного формования при концентрации массы до 1,2 %. Установленные в этих ящиках блоки ступенчатых диффузоров с выходным живым сечением около 95 % создают однородный турбулентный поток, обеспечивающий хороший просвет и вариацию массы метра квадратного полотна не выше 4 %, а дополнительная система выравнивания профиля массы локальным разбавлением очищенной оборотной водой (рис. 1) в количестве до 15 % от массы, поступающей на сетку, позволяет снизить поперечную вариацию до 0,5 %.

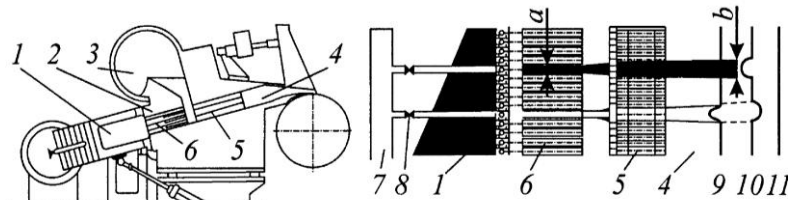


Рис. 1. Скоростной напорный ящик с дополнительной системой выравнивания оборотной водой профиля массы метра квадратного (коэффициент размазывания $b/a = 1,64$): 1 – коллектор, 2 – перелив, 3 – воздушная подушка, 4 – напускной канал, 5 – блок ступенчатых диффузоров, 6 – трубки, 7 – коллектор оборотной воды на разбавление, 8 – клапаны регулировки подачи оборотной воды на разбавление, 9, 10 и 11 – профили скорости, концентрации и массы

Однако при низкой скорости машины (менее 250...300 м/мин) ступенчатые диффузоры теряют свою эффективность из-за недостатка кинетической энергии потока, вследствие чего возрастает как флокуляция, так и вариация массы метра квадратного. Напорные ящики с перфовалами более успешно справляются с диспергированием на низкоскоростных машинах, поскольку перфовал, представляющий двойную систему отверстий с живым сечением около 50 %, является более мощным турбулизатором по сравнению с блоком ступенчатых диффузоров. В силу этого перфовал создает после себя неоднородную, струйную, крупномасштабную конфигурацию потока [5], более трудно поддающуюся выравниванию деформацией губы напорного ящика, вследствие чего вариация массы метра квадратного часто превышает 6 %. Кроме того, при повышении концентрации массы более 0,7 %, что часто требует ограниченная обезвоживающая способность сеточного стола, крупномасштабная турбулентность резко усиливает неоднородность на просвет. Установка на ящике с перфовалами упомянутой системы выравнивания оборотной водой усложнится влиянием перфовалов, размазывающих локальные зоны регулирования профиля концентрации b/a (рис. 1), и потребует на устранение 6 % вариации массы метра квадратного уже не менее 20 % дозировки оборотной воды, что определит повышение концентрации массы перед ящиком более чем на 0,2 %. Это, в свою очередь, снизит и без того невысокую эффективность машинных сортировок фабрик. При этом неравномерность профиля ориентации волокон при формовании, вызванная неравномерностью профиля скорости, созданную перфовалами, остается высокой, поскольку регулируемый профиль концентрации не влияет на профиль скорости.

Кроме этого, в открытых ящиках образуется пена со слизью, не полностью устраняемая системой sprays для ее гашения, зазоры между перфовалом и стенками напускного канала неравномерны из-за прогиба перфовала и износа цапф, что усиливает упомянутые выше отрицательные эффекты.

Таким образом, напорный ящик низкоскоростной машины, работающий на верхних пределах концентрации, должен быть закрыт, обеспечивать интенсивную турбулизацию потока при диспергировании массы на низкой скорости, эквивалентную ступенчатым диффузорам на высокой скорости, более однородный, чем в ящиках с перфовалами без струйных течений и крупномасштабной турбулентности, выровненный профиль скорости на выходе, меньшее время движения массы в губе во избежание обратной флокуляции, время начала которой после диспергирования для концентраций 0,5 и 1,0 % составляет примерно 0,5 и 0,1 с соответственно. При этом его стоимость должна быть меньше, чем ящика с перфовалами и ступенчатыми диффузорами.

Поставленные противоречивые цели могут быть реализованы в представленном на рис. 2 закрытом LST-ящике.

Масса из коллектора 1 ускоряется в трубках 2, вытекая из которых в камеру 3, разворачивается в ней на 90° и поступает в отверстия перфоплиты 4. В камере 3 поток предварительно турбулизуется, вследствие чего волокнистая структура распадается на флоккулы, без затруднений входящие в отверстия 4. При выходе из отверстий в камеру 5 прямые струи ударяются в дно камеры и, разворачиваясь, генерируют обратные струи, движущиеся в противоположном направлении между прямыми струями, образуя по периметру струй напряжения τ , эффективно разрушающие флоккулы на волокна. Вследствие удвоенной относительной скорости струй эти напряжения более чем в 2 раза превышают соответствующие напряжения в ступенчатых диффузорах, благодаря чему дефлокуляция массы на волокна в LST-ящике

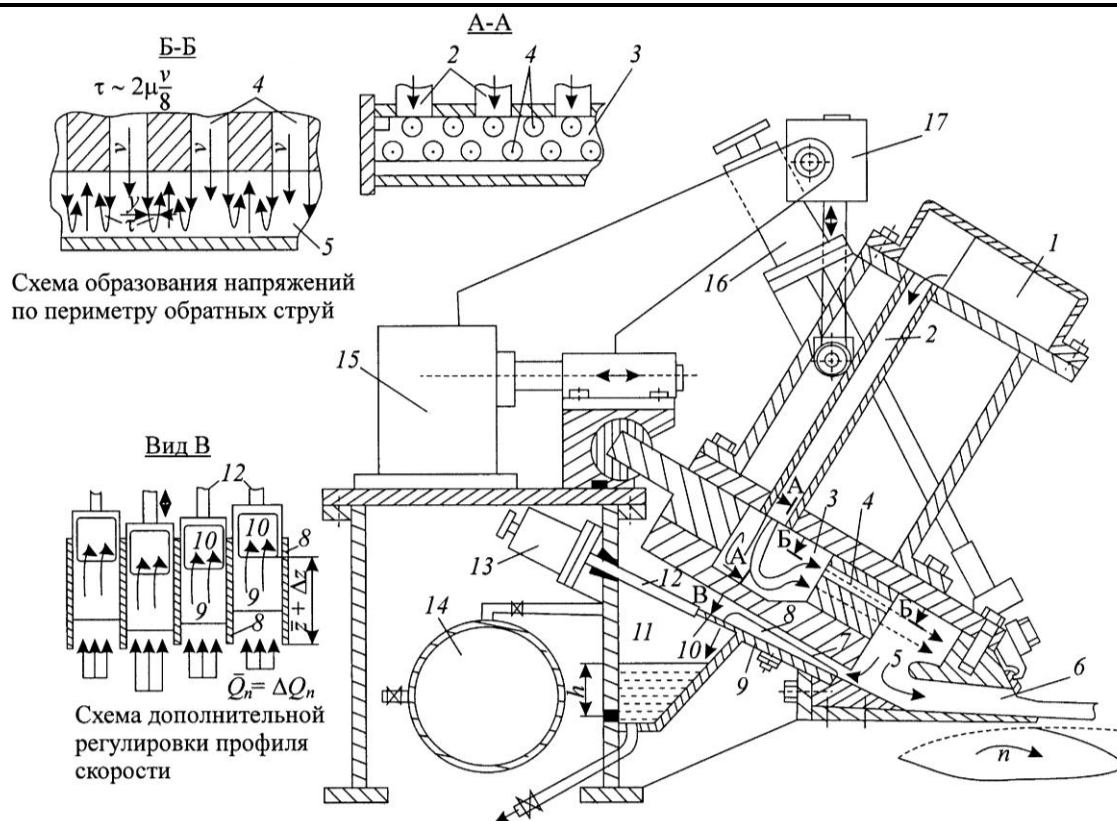


Рис. 2. Схема LST-ящика: 1 – коллектор, 2 – трубки, 3 – первичная камера, 4 – перфор-плита, 5 – генератор обратных струй, 6 – напускной канал, 7 – переливной канал, 8 – направляющие перегородки, 9 – передвижные пластины, 10 – переливные окна в пластинах, 11 – сливная камера, 12 – штоки, 13 – редукторы перемещения пластин, 14 – ресивер, 15 – механизм линейного перемещения губы, 16 – редукторы деформации профиля губы, 17 – механизм открытия губы

осуществляется при гораздо меньших скоростях потока, чем в ящиках со ступенчатыми диффузорами. Средняя интенсивность турбулентности (рис. 3) в генераторе обратных струй (около 30 %) примерно соответствует средней интенсивности в ступенчатых диффузорах (18...50 %) [7] скоростных напорных ящиков. При этом большие напряжения τ , действующие по периметру обратных струй, эффективно их

Рис. 3. Спектры турбулентности в LST-ящике перед напускным каналом: 1 – вода, 2 – масса 2,0 %, 3 – масса 2,8 %, 4 – масса 2,8 % на выходе

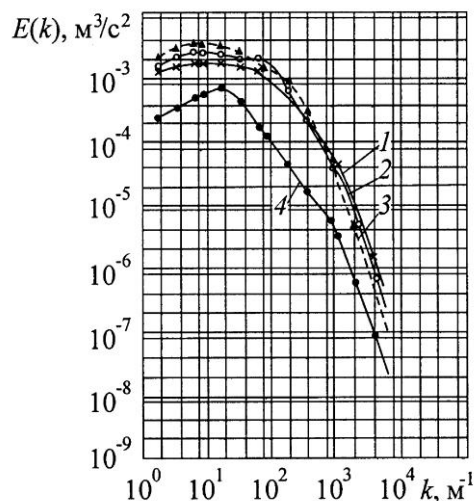
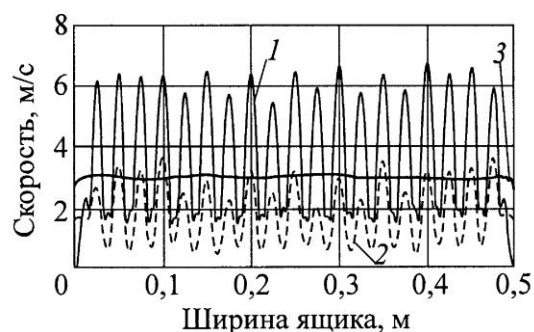


Рис. 4. Профиль скорости в LST-ящике:
 1 – в генераторе обратных струй,
 2 – перед входом в переливной канал,
 3 – на выходе из напускного канала

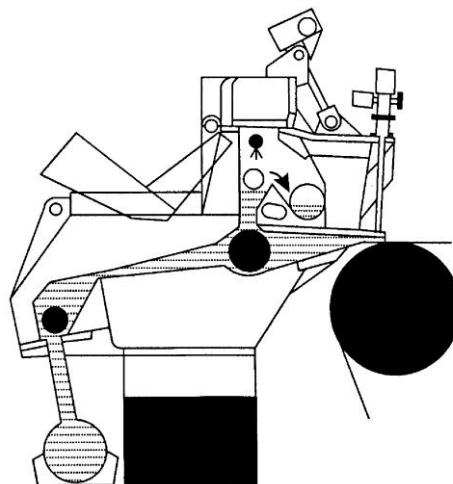


тормозят и рассеивают, за счет чего происходит быстрое самовыравнивание профиля скорости и к переливному каналу подходит поток со значительно меньшей неравномерностью (рис. 4).

Профиль скорости выравнивается вследствие его перераспределения при столкновении остаточных струй с дном напорного ящика (см. рис. 2) перед входом в напускной канал 6 и одновременном сбросе 3...7 % массы через переливной канал 7 в сливную камеру 11 при заданном давлении воздуха в ней, создаваемом ресивером 14. Переливы с воздушной подушкой устанавливаются как перед ящиком, так и внутри него, непосредственно перед блоком ступенчатых диффузоров (см. рис. 1) или последним перфовалом (рис. 5).

В первом случае перелив стабилизирует поток, во втором – дополнительно сглаживает неравномерность профиля скорости, созданную коллектором ящика. Однако, как было отмечено, а также согласно [6], сам блок диффузоров или, в большей степени, перфовал, переформируя поток, способны создать после себя значительную неравномерность профиля скорости. Чтобы исключить этот эффект, в LST-ящике (см. рис. 2) перелив установлен после генератора турбулентности 5, непосредственно перед напускным каналом, и сглаживает созданные генератором дефекты скорости к концу напускного канала примерно до 2,5 % (рис. 4). При этом крупномасштабные турбулентные вихри, созданные генератором и вносящие в поток наиболее мощные пульсации, отдают их значительную долю в перелив, аналогично процессу гашения пульсаций, образованных сортировками и смесительным насосом [3], в результате чего к концу напускного канала подходит поток с интенсивностью турбулентности порядка 7...10 % (см. рис. 3), характерной для современных ящиков [7], обеспечивающих качественное формование.

Рис. 5. Схема напорного ящика с перфовалами фирмы «VOITH», снабженного переливом



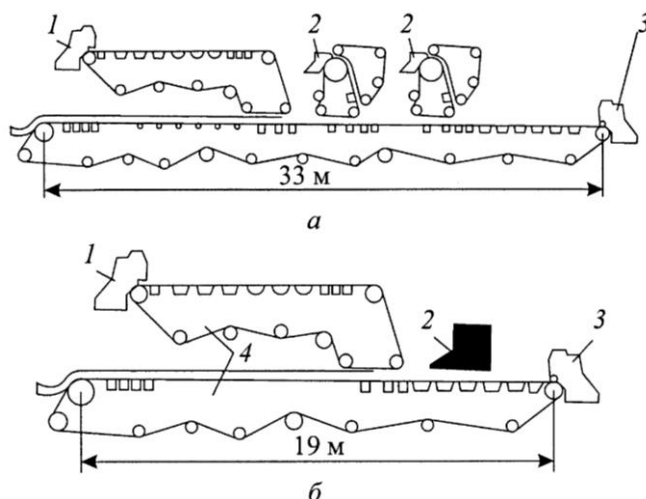


Рис. 6. Упрощение сеточной части машины для выпуска 1-, 2- и 3-слойных видов продукции при формировании среднего слоя из макулатурной массы концентрацией $C = 2,5 \dots 3,5 \%$: *a* – Tampella; до 350 г/м^2 , скорость $80 \dots 500 \text{ м/мин}$; *б* – LST; до 500 г/м^2 , скорость $100 \dots 300 \text{ м/мин}$; 1 – напорный ящик верхнего слоя; 2 – среднего слоя; 3 – нижнего слоя; 4 – сеточная часть из 2-х формеров «Петрозаводскмаш»

В случае необходимости компенсации дефектов неравномерности массы метра квадратного, вызванных прессовой и сушильной частью, дополнительная перестройка профиля скорости может осуществляться путем установки в переливной канал 7 пластин 9 с вырезанными в них окнами 10, которые перемещаются между направляющими перегородками 8, редукторами 13 посредством штоков 12 (см. рис. 2). При перемещении пластин высота Z нижних кромок окон 10, через которые переливается масса, изменяется, вследствие чего меняется расход массы, поступающей в переливной канал между перегородками 8 и, соответственно, меняется локальный расход массы, поступающей в напускной канал в зоне, лежащей напротив этих перегородок. Дополнительная регулировка требует повышенного (порядка $7 \dots 10 \%$) сброса массы в перелив.

LST-ящик может быть применен в качестве ящика основного и (в модифицированном варианте) покровного слоев при обычной концентрации $0,4 \dots 1,0 \%$. Кроме того, обладая высокой диспергирующей и демпфирующей способностью, он может быть применен в качестве ящика среднего макулатурного слоя при производстве трехслойного картона или композиционных материалов при концентрации массы $2,5 \dots 3,5 \%$. Известно [4], что для прочностных характеристик трехслойного картона важны жесткость наружных слоев и высокая пухлость внутреннего слоя – наполнителя. Важно также, чтобы толстый слой – наполнитель имел высокую пористость, облегчающую удаление воды при прессовании и сушке. Аналогичная картина [1] имеет место при производстве бумаги для композиционных материалов, для которых важна глубокая равномерная пропитка смолами за счет пористости внутреннего слоя. Максимально эффективно и просто это реализуется при формировании внешних слоев из массы концентрацией $0,4 \dots 0,6 \%$, а слоя наполнителя из массы концентрацией $2,5 \dots 3,5 \%$ [8] на обычном сеточном столе с верхним формером, который может производиться отечественным машиностроением (рис. 6).

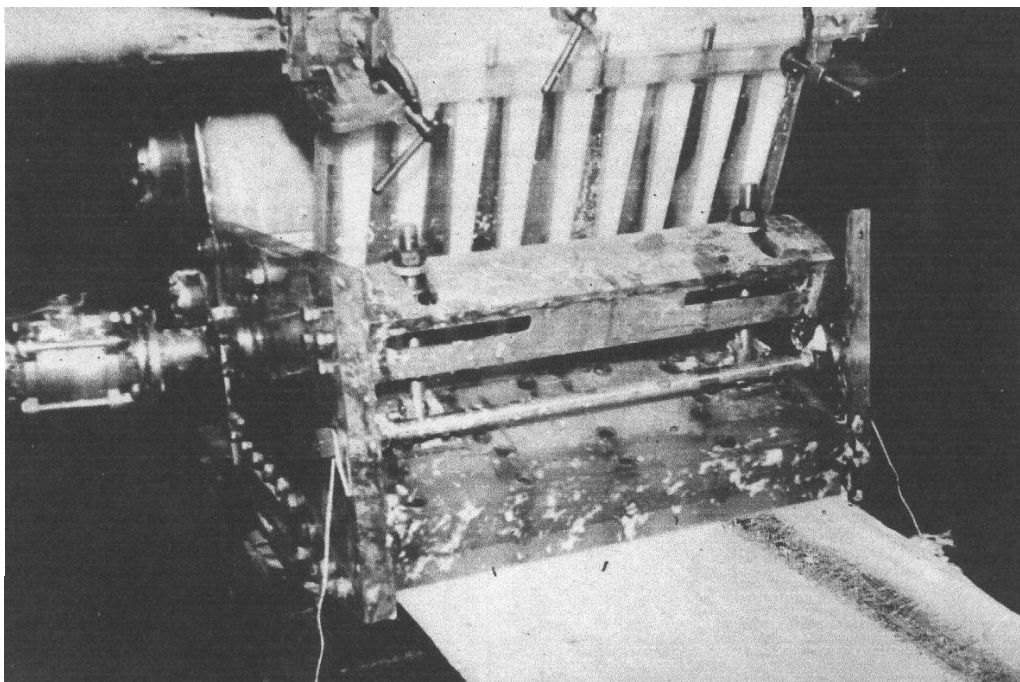


Рис. 7. Испытания модели напорного ящика на массе концентрацией 3,4 %

Напорный ящик LST прошел лабораторные испытания, показавшие удовлетворительную сходимость с теоретическими концепциями.

На рис. 7 приведена фотография струи массы (концентрация 3,4 %), вытекающей из модели шириной 500 мм. Подкрашенная введенной в трубу коллектора тушью полоса демонстрирует возможность регулировки профиля концентрации с коэффициентом размазывания $b/a \sim 1,5$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аким Э.Л., Стебунова Т.А., Коваленко М.В. Прочностные и пропиточные свойства многослойной и влагопрочной бумаги//Целлюлоза, Бумага. Картон. 2001. № 4. С. 33–36.
2. Бумагоделательные и картоноделательные машины /под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина.СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.
3. Куров В.С., Тихонов Ю.А. Гидродинамика процессов массоподачи на бумагоделательную машину. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
4. Borschke D. Get the most of your fibre. Together// Paper Technology Journal. 2001. N 5. P. 16–20.
5. Egelhof D. Determination of headbox flow stability and effects of basis-weight variations on paper//Tappi. 1977. Vol. 6. N 3. P. 63–65.
6. Offerhaus D. Continuing the challenge «blueprinting» a headbox: 81-st Annual meeting Canadian pulp and paper association, 1.02,1995. P. 57–63.
7. Paper quality and configuration of paper machine: XXI-st Annual conference, Jelenia Cora-Cieplice, Beliot, 13.05, 1993.
8. Waris T. A headbox for high consistency forming//Paper Technology. 1990. N 22. P. 14–18.

Поступила 20.05.11

V.S. Kurov, Yu.A. Tikhonov

Petersburg State Technological University of Vegetative Polymers

Headbox for Increased Concentration Mass

As a result of contemporary high-speed expensive headboxes analysis a new cheap design has been proposed and grounded. It has gone through laboratory testing and allows to increase the quality of molding while producing cardboard out of wastepaper as well as to heighten productivity and decrease specific quantity of metal.

Keywords: headbox, mass dispersion, velocity profile, concentration and mass of 1 m² of molded web.
