

## **ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ПАРТИИ ПАКОВОК ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ НА СДВОЕННОМ НОСИТЕЛЕ МАТЕРИАЛА \***

*Н.В.КИСЕЛЕВ, Н.В.КИСЕЛЕВА*

**(Костромской государственный технологический университет,  
ООО "БКЛМ – Актив", г.Кострома)**

В настоящее время при жидкостных обработках льняной и оческовой ровницы в аппаратах серии АКД используются как одинарные, так и сдвоенные разъемные носители материала. Последние облегчают процесс ручного формирования партии паковок, так как имеют примерно вдвое меньшую высоту стержней. Однако в данном случае к неравномерности распределения рабочего раствора между столбами паковок, расположенными на различном удалении от центра распределительной тарелки, добавляется неравномерность распределения его между верхним и нижним носителями, которая при определенных условиях (пониженная плотность намотки ровницы, повышенная скорость циркуляции, неоптимальная геометрия элементов области течения) может отрицательно вли-

ять на равномерность обработки партии в целом. Это является одной из причин появления пороков "полосатость" на белых и "переходы цвета" на крашенных тканях, выработанных из химически обработанной ровницы. В то же время к качеству и равномерности обработки в условиях конкуренции текстильных предприятий предъявляются все более жесткие требования.

Рассмотрим течение жидкости через сдвоенные носители материала НРВ-3, НРН-3, предназначенные для обработки паковок с ровничной машины системы Shlumberge производства КНР, установленной на ООО "БКЛМ-Актив". Моделирование данного процесса производилось в среде САЕ-системы Star CD, предназначенной для решения задач гидро- и газодинамики методом конечных элементов.

\*Работа выполнена под руководством заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, проф., докт. техн. наук [Г.К.Кузнецова](#).

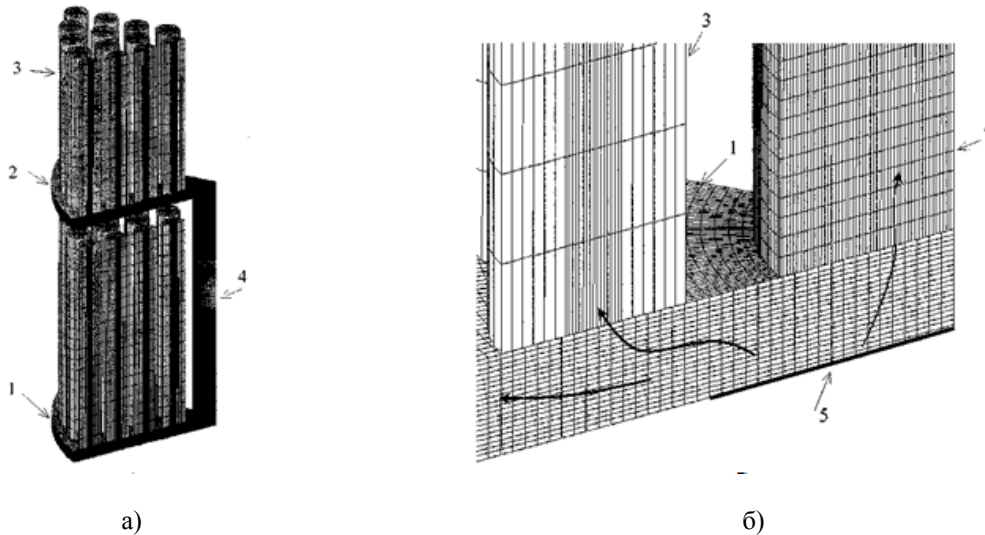


Рис. 1

Для создания конечно-элементной сетки использован метод прямой генерации гексагональных элементов в основных объемах области течения (поз. 1...4 рис.1) в локальных цилиндрических системах координат с объединением их в единую сетку путем сопряжения по общим граням (на рис. 1 представлена конечно-элементная модель носителей материала НРВ-3, НРН-3 (а) и ее фрагмент (б); 1,2 – распределительные тарелки; 3 – столбы паковок; 4 – соединительная труба; 5 – входное сечение).

Такой подход позволяет создать регулярную сетку и исключить погрешности численного решения, обусловленные наличием элементов неправильной формы, возникающих при автоматизированном создании тетраэдрических и гибридных сеток.

Объемы паковок ровницы описывались как распределенные сопротивления с изотропными свойствами. При построении сетки использовалась симметрия моделируемой области, что позволило уменьшить общее число элементов в 7 раз, итоговая сетка содержала 691000 элементов.

В качестве граничных условий задавалась скорость потока на входе в нижнюю распределительную тарелку и избыточное давление на наружных поверхностях столбов паковок (нулевое), а также положение плоскостей симметрии. Скорость во входном сечении рассчитана с учетом смещения рабочей точки насоса ОХР-35х2 аппарата АКДС-601 за счет изменения гидрав-

лического сопротивления носителя с материалом.

Рассматривалось турбулентное течение несжимаемой жидкости (воды) при односторонней циркуляции, что соответствует действующему на предприятии режиму беления. Использована стандартная k-ε модель турбулентности для высоких значений числа Рейнольдса [1].

Максимальная погрешность сеточного решения не превышала 0,2% по всем переменным при монотонной сходимости.

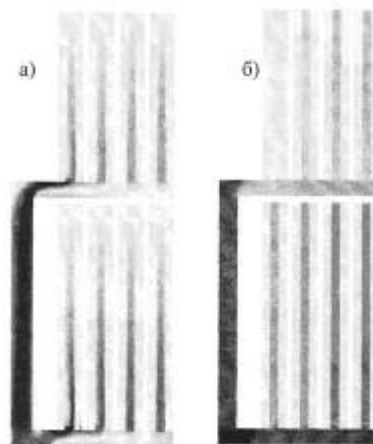


Рис. 2

Рассмотрим результаты решения при коэффициенте сопротивления паковки  $10^8 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ . Расчетные поля скоростей (а) и давлений жидкости (б) в полости течения носителей материала (сечение) представлены на рис. 2. Анализ их показывает, что распределение избыточного давления в

полостях столбов паковок, определяющее расход жидкости через них, имеет значительную неравномерность. Во-первых, верхний носитель получает меньше жидкости из-за влияния сопротивления центральной трубы; во-вторых, столбы паковок, расположенные на периферии распределительных тарелок, получают несколько больше жидкости.

Последнее объясняется исходя из уравнения Бернулли для течения потока по полости тарелки в радиальном направлении и иллюстрируется рис. 3.

Для оценки влияния сопротивления материала на неравномерность распределения жидкости между столбами паковок проведен ряд расчетов с изменением коэффициента сопротивления материала в пределах  $1 \cdot 10^8 \dots 4 \cdot 10^8 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ . Перепад давлений жидкости на носителе материала с паковками при этом составляет 4,1...11,7 м вод.ст., что соответствует условиям обработки ровницы в аппарате АКДС-601.

Неравномерность рассчитывалась по избыточному давлению на входе жидкости в столбы паковок из тарелки носителя. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

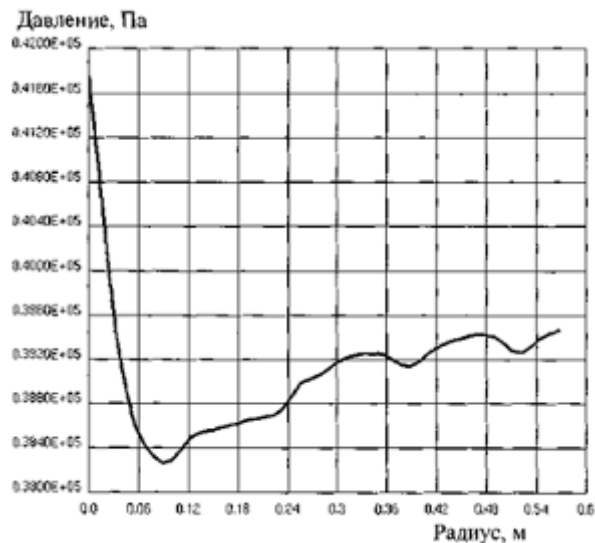


Рис. 3

Таблица 1

Коэффициент сопротивления материала, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}) \cdot 10^{-7}$	Направление циркуляции	Гидравлическое сопротивление носителя с материалом, м вод.ст.	Неравномерность, %			
			между столбами (нижний носитель)	между столбами (верхний носитель)	между носителями (по внешним столбам паковок)	общая
10	Прямая	4,4	10,5	12,5	16,8	31,5
20	Прямая	7,1	5,8	6,9	7,7	15,1
40	Прямая	11,7	2,9	3,3	2,9	6,3
10*	Прямая	3,8	9,0	12,0	0,26	12,1
10*	Обратная	4,6	4,2	3,2	17,6	22,3

Примечание. \* При оптимальном диаметре соединительной трубы.

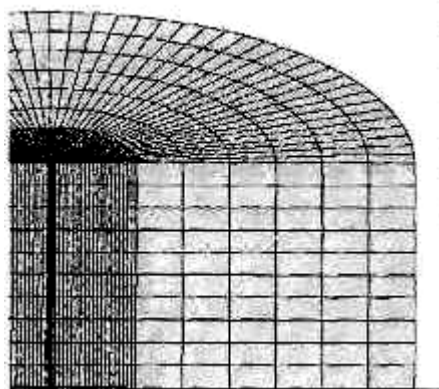
Анализ табл.1 показывает, что для данной конструкции носителей наиболее значительной составляющей является неравномерность распределения жидкости между верхним и нижним носителями. Простейшим способом выравнивания расходов жидкости между носителями является увеличение внутреннего диаметра соединительной трубы. Расчеты показали, что оптимальное значение его составляет 265 мм.

При этом неравномерность распределения жидкости между носителями не превышает 0,26%, общая неравномерность в партии 12,1%, а общее сопротивление носителей снижается на 15% при наименьшем значении коэффициента сопротивления материала из табл. 1.

Снижение всех составляющих неравномерности также возможно путем увеличения коэффициента сопротивления мате-

риала, однако это потребует повышения плотности намотки ровницы и может ухудшить качество обработки по объему паковки.

Рассмотренная конечно-элементная модель не позволила создать достаточно мелкую сетку в полостях столбов паковок



а)



б)

Рис. 4

Сетка состояла из 520000 элементов. Получено распределение давления по высоте столба паковок (рис. 4-б) с граничными условиями предыдущей модели. При коэффициенте сопротивления материала  $10^8 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$  неравномерность распределения жидкости по высоте столба составила 5,6%. С учетом этих данных общая неравномерность в партии для существующей конструкции носителя составила уже 56%, а при оптимальном диаметре центральной трубы 20%.

Расчеты показывают, что носители с повышенным диаметром соединительной трубы более эффективны и при обратной циркуляции жидкости (табл.1), обеспечивая несколько меньшую общую неравномерность распределения жидкости между столбами паковок. Однако при диаметре соединительной трубы 265 мм, оптимальном для прямой циркуляции, при обратной циркуляции нижний носитель получает жидкости на 17,6% больше, а в среднем за цикл при двусторонней циркуляции – на 8,8%. При диаметре 310 мм эти величины составляют соответственно 8 и 4,8%, но в пользу нижнего носителя.

в силу ограниченности вычислительных ресурсов, в связи с чем производилось также моделирование течения жидкости в отдельно взятом столбе. Фрагмент сетки области течения столба паковок представлен на рис. 4-а.

Интерполируя, получим, что диаметр проходного сечения соединительной трубы, обеспечивающий при двусторонней циркуляции равномерное распределение жидкости между верхним и нижним носителями, составляет приблизительно 295 мм.

## ВЫВОДЫ

1. Построена конечно-элементная модель носителей материала НРВ-3, НРН-3, упрощающая расчет и оптимизацию его гидродинамических характеристик.
2. Основным недостатком конструкции данных носителей является существенное различие их гидравлических сопротивлений, приводящее к увеличению неравномерности распределения жидкости между паковками партии.
3. Определены оптимальные значения внутреннего диаметра соединительной трубы, обеспечивающие равномерное распределение жидкости между верхним и нижним носителями при односторонней и при двусторонней циркуляции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *El Tahry S.H.* К-ε equation for compressible reciprocating engine flows. – AIAA // J. Energy. – 7(4), 1983. С.345...353.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 28.05.07.

---