

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ УЛЬРАФИЛЬТРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ВОДЫ: ФОКУС НА РАЗРАБОТКУ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Козлов Н.В.¹, Комарова В.А.¹, Лаптев Р.А.¹, Черепанов А.Н.¹

¹ Уральский Федеральный Университет

E-mail: nkzfcм3@gmail.com

SIMULATION OF THE PROCESS OF TANGENTIAL ULTRAFILTRATION OF WATER: FOCUS ON THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL TWIN

Kozlov N.V.¹, Komarova V.A.¹, Laptev R.A.¹, Cherepanov A.N.¹

¹Ural Federal University

The paper presents the developed approach and the results of modeling the process of tangential ultrafiltration, which can be applied in performing a number of tasks at industrial sites in the chemical, food, and mining industries.

Применение тангенциальной фильтрации в настоящее время становится все более популярным в ряде технологических процессов реальных производств. Такая технология уже сегодня реализуется на предприятиях, связанных с химической промышленностью и горнодобывающей отраслью. Такое распространение обусловлено тем, что, в отличие от тупиковой фильтрации, данная технология увеличивает в разы срок жизни фильтрующих установок. Разработанное инженерное решение, цифровой двойник которого создается и частично представлен в данной работе, может быть использован в горнодобывающей, химической (производство калийных удобрений, нефтедобыча и др.), пищевой, аграрной отрасли, что уже было проделано на практике авторами статьи. Применение керамических фильтров, в отличие от полимерных аналогов, увеличивает срок службы еще больше: вплоть до десятков лет [1].

Цель данной работы – первый шаг к разработке цифрового двойника, который планируется использовать для первичного оценивая скорости фильтрации без использования экспериментальных измерений в полностью удаленном режиме. Данная работа представляет результаты расчетной модели в задаче фильтрации воды с дополнительным исследованием независимого влияния основных характеристик системы, влияющих на скорость фильтрации.

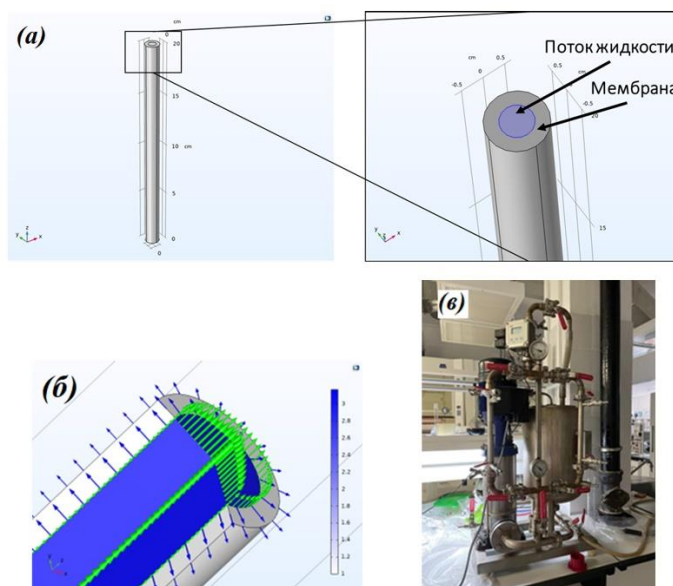


Рис. 1. Рисунок 1 (а) – Компьютерная модель для расчета скорости фильтрации жидкости. (б) – Схема потоков жидкости, (в) – лабораторная установка тангенциальной фильтрации

Процесс фильтрации был смоделирован в пакете программ Comsol Multyphysics. Расчетная модель включала в себя протекание жидкости по основному контуру и протекание жидкости через мембрану в направлении от центра трубы. Моделирование было произведено путем численного решения уравнения Навье-Стокса, объединенного с решением уравнения Дарси. На рисунке представлена схема протекания потоков жидкости при тангенциальной фильтрации.

На примере воды было получено хорошее сравнение теории с экспериментом. Определенная проницаемость мембраны позволяет использовать в дальнейшем это значение для расчета скорости фильтрации на любом растворе. Гидродинамические величины, рассчитанные с помощью данной модели, очень хорошо совпадают с экспериментом.

В комнатных условиях вода может фильтроваться на уровне 3-3.5 миллилитров в секунду, что соответствует 86 литрам в сутки с одной мембраны. Повышение температуры очень сильно влияет на фильтрацию воды и может вносить определяющий вклад в работоспособность и качество работы. При повышении плотности и уменьшении вязкости скорость фильтрации будет увеличиваться.

1. Zsirai T. et al. Ceramic membrane filtration of produced water: Impact of membrane module //Separation and Purification Technology. – 2016. – Т. 165. – С. 214-221.