

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ПОРИСТОСТИ ЗАСЫПКИ ШАРОВ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ СУСПЕНЗИИ

С.В. Димов

*Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН
630090, Новосибирск, Россия*

При фильтрации суспензии через пористую среду часть частиц удерживается внутри нее, в результате проницаемость и пористость среды уменьшается. Это приводит к плохой прокачке пористых образцов. Процесс удержания частиц суспензии зависит от размеров частиц, каналов пористой среды; физико-химических свойств частиц и поверхности пористой среды [1, 2]. Обычно выделяют три таких механизма фильтрации: налипание, механическую фильтрацию и застревание частиц в узких горловинах пор. Первый механизм удержания характерен для наночастиц (коллоидов) и его часто называют физико-химической фильтрацией. Механическая фильтрация имеет место, когда частицы ($d > 30$ мкм) сопоставимы по размерам с характерными размерами пор. В нашей работе [3] экспериментально изучена фильтрация микросуспензий с контролируемыми размерами дисперсных частиц и их концентраций через пористую среду в диапазоне $0.046 \leq d/D \leq 0.109$. Здесь d – диаметр фильтруемых частиц, а D – характерный размер гранул пористой среды.

Целью данной работы является определение изменения фильтрационных свойств монодисперсных засыпок в зависимости от изменения пористости, вызванной отложениями частиц.

Экспериментальное исследование осаждения твердых частиц в засыпке при течении через нее суспензии в контролируемых условиях проводились на установке, описанной в [2], которая включала рабочий участок с засыпкой шаров, измерительные мерные цилиндры, дифференциальные датчики давления, компьютер, АЦП, бак постоянного уровня с мешалкой, подводящие и отводящие трубки, веб-камеру.

По геометрическим параметрам емкости для засыпки, её длины, плотности шаров ($d=1100$ мк) определялась пористость. Затем засыпка заполнялась под вакуумом водой с последующим её вытеснением водоглицериновым раствором. При течении водоглицеринового раствора определялась проницаемость засыпки. После предварительных измерений проницаемости через засыпку прокачивалась тестируемая суспензия. В процессе фильтрации суспензии через пористую среду производились измерения перепада давления дифференциальными тензодатчиками. Это позволяло определять локальное изменение проницаемости по длине пористой среды. Предварительная калибровка датчиков показала линейную зависимость выходного сигнала от перепада давления на них. Сигнал с датчиков поступал через АЦП в компьютер. Изменение объёмного расхода суспензии фиксировалась видеокамерой по заполнению 250 мл мерных цилиндров жидкостью на выходе рабочего участка. По измеренным расходу и перепадам давления определялись средняя и локальные проницаемости засыпки. В опыте определялось количество микросфер, прошедших через засыпку в каждой полулитровой порции фильтрата. Это выполнялось выделением микросфер в каждой порции выходной суспензии, используя разность плотностей водоглицеринового раствора и алюмосиликатных микросфер. После тщательной промывки в горячей воде и отделением микросфер на мелком сите (40 мкм) они высушивались и взвешивались. После проведения опыта установка разбиралась так, что выделялись объёмы пористой среды, находящиеся между датчиками давления. Дан-

ные объёмы промывались в отдельных емкостях. При промывке частицы суспензии всплывали в воде, а шары засыпки опускались на дно. Выделенные промытые частицы суспензии промывались, отделялись на сите, подвергались сушке, взвешивались.

По экспериментальным данным получена обобщающая зависимость [3] изменения проницаемости пористой среды от соотношения размеров частиц и зерен пористой среды объема закачанной суспензии, входной концентрации частиц. После окончания эксперимента определялась доли пространства, занятого удержанными частицами суспензии на участках измерения перепада давления.

На рис. 1 приведены распределения удержанных частиц вдоль засыпки после проведения прокачки с начальным содержанием 0.3% твердых алюмосиликатных частиц разного размера. При прокачке равного объема суспензии наблюдается разное количество удержанных частиц. Чем больше размер частиц, тем большее их количество удерживается в поровом пространстве

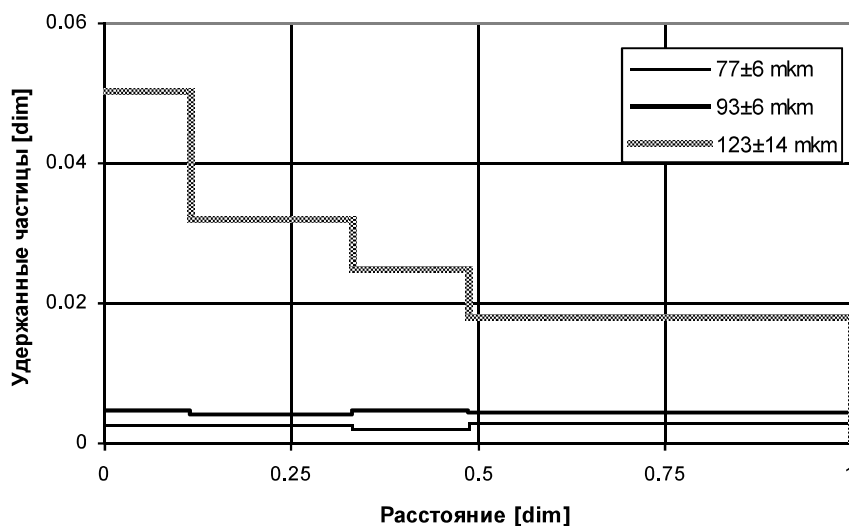


Рис. 1. Гистограмма распределения удержанных частиц вдоль засыпки после течения 0.3% суспензии алюмосиликатных частиц разного размера.

Результаты изменения проницаемости засыпки от соотношения размеров шаров засыпки и суспензии показали, что с увеличением соотношения d/D быстрее падает проницаемость засыпки. На Рис. 2 приведены конечные нормированные проницаемости засыпки k/k_{in} от доли пространства, занятого удержанными частицами прокачиваемой суспензии. Эксперименты выполнялись для частиц суспензии: 77±6, 93±6, 123±14 мкм. Полученные результаты показывают, что изменение проницаемости засыпки определяется долей пространства занятого удерживаемыми частицами, а не их размером. В то же время количество удерживаемых частиц (при размерах частиц более 40 микрон) определяется отношением размера частиц суспензии к размеру шаров засыпки, объемом и концентрацией частиц прокачанной суспензии.

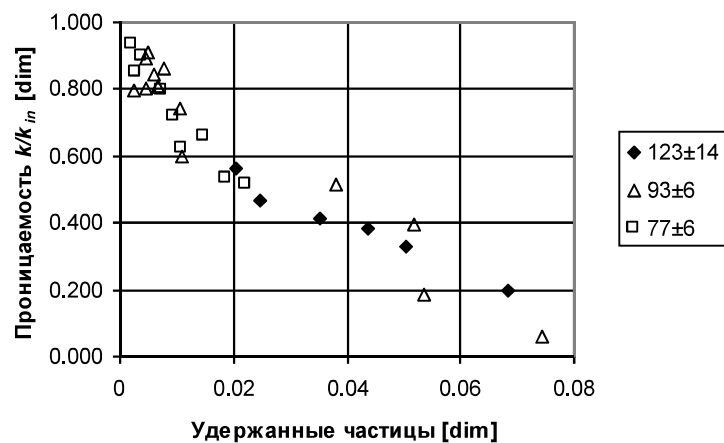


Рис. 2. Зависимость нормированной проницаемости k/k_{in} засыпки шаров от доли пространства, занятого удержанными частицами протекающей суспензии. Разными точками приведены данные для суспензий с тремя характерными размерами частиц.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИТ СО РАН (AAAA-A180118112790037-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Herzig, J.P., Le-clerc D.M., Goff P. Application to deep filtration //Industrial and engineering chemistry. 1970. V. 61. № 5. P. 8-35.
2. Bradford S.A., Simunek J., Bettahar M., Van Genuchten T., Yates S.R. Significance of straining in colloid deposition: Evidence and implications. // Water Resources Research. 2006. V. 42. W12S15.
3. Димов С.В., Кузнецов В.В., Рудяк В.Я., Тропин Н.М. Экспериментальное изучение фильтрации микро-суспензии в высокопроницаемой пористой среде. // Изв. РАН МЖГ. 2012. – № 2. С. 47–56.