

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. М. Гаспарян и А. А. Заминян

О пробое осадка в аппаратах

(Представлено Н. Х. Арутюняном 22 VII 1954)

В химической технологии все чаще находят применение непрерывные процессы, протекающие в гетерогенной системе, состоящей из твердых частиц и жидкости. Аппарат, в котором может быть осуществлен такой процесс, схематически представлен на рис. 1. Поток суспензии может быть введен в аппарат 1 через трубку 2 и отведен через трубку 3, или же наоборот. Скорость потока должна быть такой, чтобы при нормальном ходе работы образование неподвижного осадка в 1 исключалось.

Однако, если подача суспензии по тем или иным причинам прекратится на хотя бы очень короткое время, в аппарате происходит образование осадка, заполняющего как аппарат 1, так и трубку 2. Чтобы после этого вновь восстановить нормальную работу аппарата, необходимо применением дополнительного напора разрыхлить, поднять осевший осадок, „пробить“ его потоком жидкости.

Задача определения этого, необходимого для пробоя напора (разности напора в трубках 2 и 3), представляет определенный практический и теоретический интерес.

Настоящее сообщение посвящено решению этой задачи.

Пусть осадок состоит из зернистых, несжимающихся частиц. Если между точками 2 и 3 создать разницу напора h , через осадок начнется фильтрация жидкости. Допустим фильтрация имеет направление, указанное стрелками (рис. 1). Очевидно, что при таком направлении фильтрации разрыхление и подъем осадка могут иметь место только в трубке 2. Процесс подъема наступит тогда, когда скорость движения жидкости в осадке окажется достаточной для того, чтобы заставить частицы осадка несколько удалиться друг от друга и перейти во взвесь. Это будет началом пробоя.

Обозначим: l — высота осадка. Принимаем, что до пробоя вы-

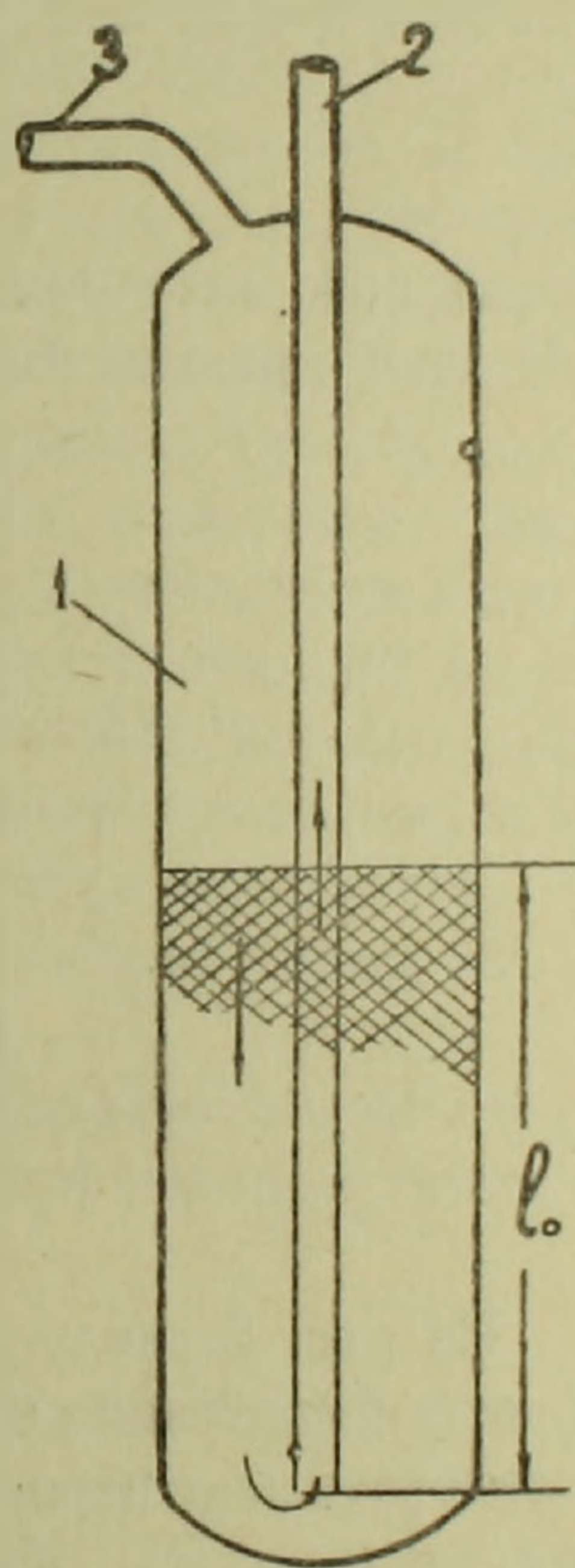


Рис. 1.

сота осадка одинакова в 1 и 2. S_1 — поперечное сечение осадка в 1 и S_2 — то же в 2.

Согласно общеизвестному уравнению ламинарной фильтрации:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{h}{R}. \quad (1)$$

Здесь ω — объем профильтровавшейся жидкости за время t ; R — общее сопротивление осадков в 1 и 2. Можно написать:

$$R = R_1 + R_2 = \frac{rl}{S_1} + \frac{rl}{S_2} = \frac{rlS}{S_1 S_2}. \quad (2)$$

Здесь r — удельное сопротивление осадка $S = S_1 + S_2$.

Из (1) и (2) получается, что объемная скорость фильтрации равна:

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \frac{h S_1 S_2}{rlS}. \quad (3)$$

А линейная скорость (вернее плотность) фильтрации в 2 определится:

$$C_2 = \frac{d\omega}{d\tau} \cdot \frac{1}{S_2} = \frac{h S_1}{rlS}. \quad (4)$$

Для данного значения h и при постоянстве r и l уравнения (2), (3) и (4) дают кривые, изображенные на рис. 2.

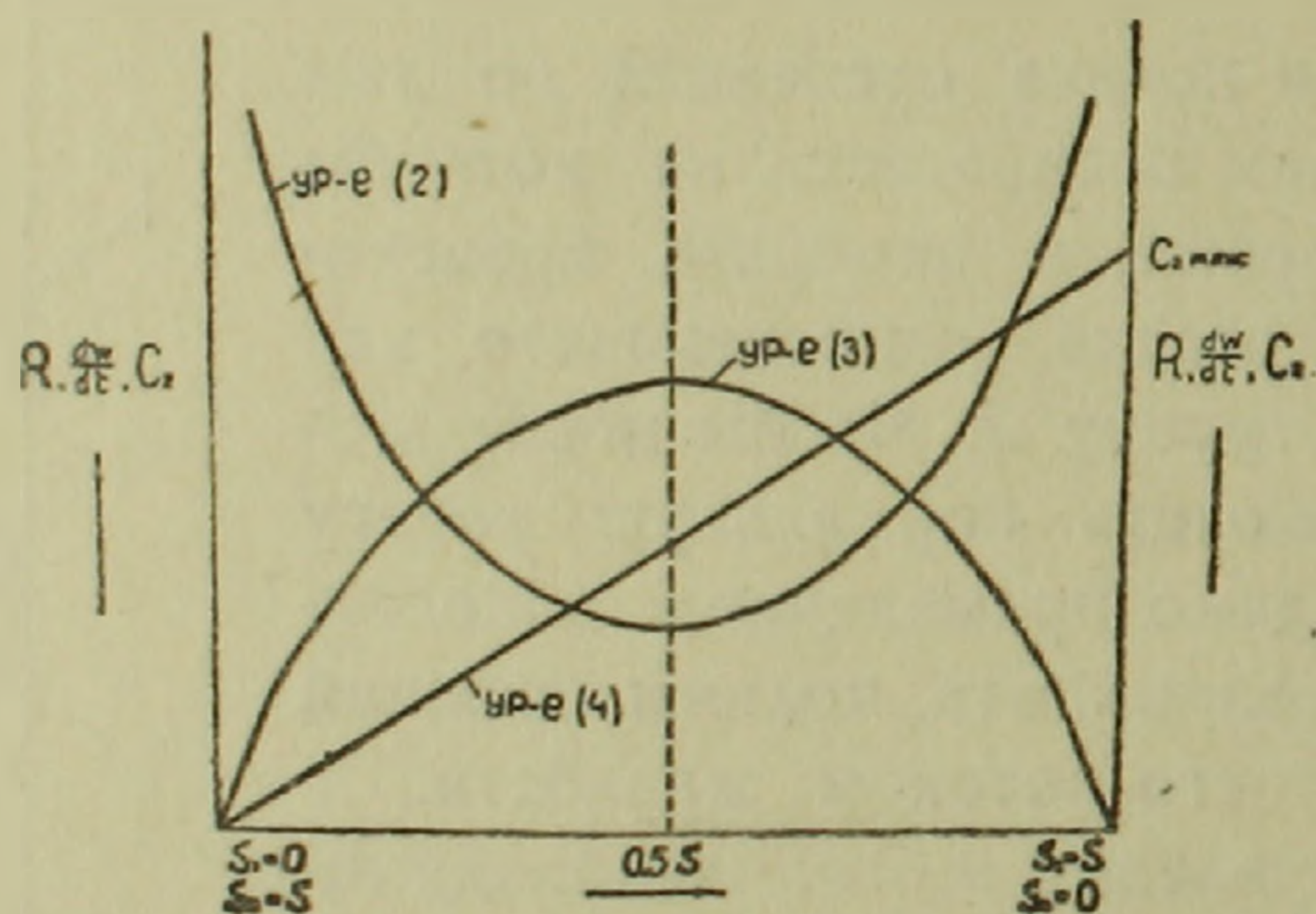


Рис. 2.

Из рис. 2 следует: при заданных h , r , l и $S = S_1 + S_2$ линейная скорость фильтрации C_2 растет с уменьшением сечения. Эта скорость C_2 , и следовательно вероятность пробоя осадка, достигает своего максимума при $S_2 \rightarrow 0$; $\frac{d\omega}{d\tau} \rightarrow 0$ и $R \rightarrow \infty$.

Иначе говоря, для осуществления пробоя осадка наименьший перепад напора потребуется при $S_2 : S_1 = n \rightarrow 0$.

Далее можно написать:

$$H = h_1 + h_2.$$

Здесь H — общий перепад напора в момент начала пробоя осадка, а h_1 и h_2 перепады в осадках аппарата 1 и трубки 2.

Как было указано выше, начало пробоя обуславливается переходом осадка в 2 во взвешенное состояние. При этом (1, 2) сила трения

жидкости о частицы осадка должна равняться весу осадка в жидкости, т. е.

$$h_2 \gamma_1 S_2 = \frac{G}{\gamma_2} (\gamma_2 - \gamma_1) \text{ или } h_2 = \frac{G}{S_2} \left(\frac{1}{\gamma_1} - \frac{1}{\gamma_2} \right). \quad (5)$$

Здесь γ_1 и γ_2 удельные веса жидкости и твердых частиц, G — вес твердых частиц (сухого осадка) в 2. Для момента начала пробоя $h_1 = nh_2$, следовательно:

$$H = \frac{G}{S_2} \left(\frac{1}{\gamma_1} - \frac{1}{\gamma_2} \right) (1 + n). \quad (6)$$

Если соотношение $S_2 : S_1 = n$ не превышает 0,01, что часто имеет место в промышленном аппарате, тогда слагаемым n в уравнении (6) можно пренебречь, и мы приходим к уравнению (5).

Следует указать, что для справедливости уравнения (2) требуется равномерная и одинаковая скорость (плотность) фильтрации во всех точках поперечных сечений осадка. Это условие соблюдается для осадка в трубке 2, но не соблюдается для осадка в аппарате 1. Здесь скорости фильтрации в данном сечении не одинаковы для различных точек и с удалением точки от центра уменьшаются. Эта неравномерность фильтрации усиливается по мере приближения к нижнему концу трубки 2. У входа в трубку 2 (рис. 1) эта неравномерность достигает своего максимума и одновременно возникает изменение направления фильтрации. Эти обстоятельства приводят к увеличению сопротивления осадка в аппарате 1, что не учтено уравнением (2) и, следовательно, также уравнениями (5) и (6). Но ввиду того, что это сопротивление обычно очень мало по сравнению с сопротивлением осадка в 2, то его увеличение заметно не сказывается на общем результате.

Из полученных уравнений следует, что пробивной напор не зависит от величины твердых частиц.

Очевидно также то обстоятельство, что пробивание и подъем осадка в обратном направлении потребует разности напоров примерно в $\frac{1}{n}$ раз больше.

Экспериментальная часть. Пробойные напоры осадков в трубке 2 для кварцевого песка различной грануляции были измерены на приборе, схематически изображенном на рис. 1. Результаты этих измерений и их сравнение с расчетными величинами по уравнению (5) приведены ниже:

№№ опыта	Средн. размер частиц в см	Пробивной напор воды в см	
		измеренный	расчетный
1	0,0252	15,8	15,16
2	0,0178	13,2	12,50
3	0,0125	12,0	11,90
4	0,0089	15,6	15,50
5	0,0063	14,0	13,70

В этих опытах навеска песка засыпалась в трубку 2, нижний конец которой был обтянут мелкой сеткой. Вода подавалась через трубку 3, а 1 был свободен от песка.

Затем были поставлены опыты для определения общего пробивного напора. Трубки 1 и 2 за-

полнялись песком, причем нижний конец трубки 2 обтягивался сеткой, не пропускающей частицы. Измеренные напоры, вызываемые пробой песка в трубке 2, давали расхождения с уравнением (6) в пределах 5—6%. Пробой наступал при скоростях фильтрации, составляющих не более 5% от гидравлической крупности частиц. При этом объемная доля частиц в образующейся взвеси составляла 50% и более. Дальнейшее увеличение скорости воды приводило к дальнейшему расширению песка и к возрастанию напора за счет увеличения сопротивления осадка в 1.

Следующие опыты, когда сетка с конца трубки 2 была удалена, и обе части аппарата заполнялись песком, показали, что пробой осадка наступает при напоре, незначительно превышающем расчетный. При этом песок из трубки 1 начинает заходить в трубку 2 и, при постоянстве скорости подачи воды, напор непрерывно и закономерно растет за счет увеличения веса взвеси в трубке 2.

Уравнение (5), не учитывающее сопротивления в 1, достаточно точно определяет необходимый для пробоя осадка напор (разность напоров), когда образовавшаяся взвесь имеет максимальную концентрацию частиц или жидкость имеет минимальную скорость, необходимую для перевода частиц во взвешенное состояние.

Химический институт
Академии наук Армянской ССР

Ա. Ա. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ ԵՎ Ա. Ա. ԶԱՄԻՆՅԱՆ

Նստվածքի քանդումը և խախտումը ապարատներում

Այս հաղորդման մեջ ցույց է տրված, թե ինչպես է տեղի ունենում նստվածքի քանդումը ապարատում (նկ. 1), և թե ինչպես կարելի է հաշվել դրա համար անհրաժեշտ ճնշումների տարրերությունը:

Ցույց է տրված.

ա) Որ նստվածքը սկսվում է քանդվել և հոսել, երբ շնորհիվ հեղուկի ֆիլտրման արագության մեծացման, նստվածքի հատիկները անցնում են կախված վիճակի:

բ) Որ նստվածքի անցումը կախված վիճակի 2 խողովակում հեշտանում է (տեղի է ունենում ճնշման աճելի քիչ տարրերությունից) $\frac{S_2}{S_1}$ հարաբերության փոքրացման հետ մեկտեղ:

Ստացված են (5) և (6) հավասարումները, որոնց օգնությամբ կարելի է հաշվել ճնշումների տարրերության այն արժեքը, որն անհրաժեշտ է նստվածքի քանդման սկզբի համար: Այդ հավասարումների ճշտությունը ստուգված է փորձով:

ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ П. Б. Лященко, Гравитационные методы обогащения, 1940. ² Д. М. Минин, С. А. Шуберт, Фильтры АКХ и расчеты промывки скорых фильтров, 1951.