ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխն. գիտութ. սերիա XV, № 6, 1962 Серия технических наук

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. М. ГАСПАРЯН, Р. Е. АКОПЯН, Ж. А. КАЗАНЧЯН

ПОЛУЧЕНИЕ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ПОСТОЯННОГО СОСТАВА

Для производственных процессов, осуществляемых в непрерывном двухфазном потоке (массообмен, теплообмен, гидротранспорт, пневмотранспорт, гравитационное обогащение, гидросепарация и т. д.) важное значение имеет постоянство состава исходной смеси во времени. Непрерывное приготовление гидро- или аэросмесей постоянного состава имеет большое значение также при проведении научно-исследовательских работ с двухфазным потоком. Без надежного источника строго постоянного во времени состава смеси фаз, получение стационарных потоков и режимов невозможно. В статье описывается система, обеспечивающая выполнение такой задачи и отмеченная в прежних публикациях [1, 2, 4].

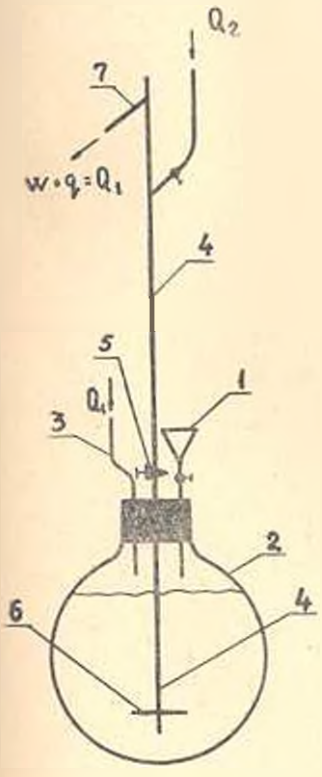

Рис. 1.

На рис. 1 показана лабораторная схема такой системы. Через воронку 1 в колбу 2 загружается твердая фаза в пастообразном или сухом виде, и затем заливается жидкостью. По трубке 3 с заданной скоростью Q_1 в колбу вводится жидкость, которая фильтруясь через поры осадка, заходит в монжусную трубку 4 и уходит по ней. При определенной скорости подачи, жидкость, у входа в трубку 4, вызывает псевдоожижение материала. Псевдоожиженный слой, в результате наличия перепада давления, заходит в трубку и перемещается по ней. Для нормальной работы такой системы и полного опорожнения емкости 2, на конце монжусной трубы 4 надевается диск 6, с диаметром, составляющим от 1/3 до 2/3 диаметра посуды. При отсутствии диска основная масса среды фильтруется вдоль трубы 4 и поблизости ее, в результате чего вокруг трубки возникает

воронка. Среда прорывается в трубу и нормальный процесс нарушается.

При монодисперсности твердой фазы, в условиях стационарности, параметры потока в трубке 4 связаны между собой уравнением [1]:

$$\varepsilon = \frac{v - u}{v - C(u)}, \qquad (1)$$

где $v = Q_2/F$ — скорость движения слоя по трубке, имеющей сечение F;

$\varepsilon = W/Q_1$ — объемная концентрация твердой фазы (секундный расход W) в расходе слоя Q_1; C, U — скорости стесненного падения (ССП) частиц при концентрации ε, определяемые по экспериментальным кривым, или соответственно из следующих уравнений для сферических [3] или бесформенных [5] частиц:

$$C = KC_0 (1 - \varepsilon)^n \qquad (2)$$

или

$$U = \frac{3K \cdot C_0}{\alpha^{1/3}} (1 - \alpha\varepsilon)^n, \qquad (3)$$

где C_0 — скорость свободного падения сферы или эквивалентной сферы; α и β соответственно объемные коэффициенты и коэффициент формы псевдочастицы [5]. Значения K и n в зависимости от числа Рейнольдса выведены в [3].

Для данных частиц и среды, при данном диаметре трубки 4 и данных форм и направления входного участка этой трубки, концентрация ε зависит только от скорости v. На рис. 2 изображено несколь-

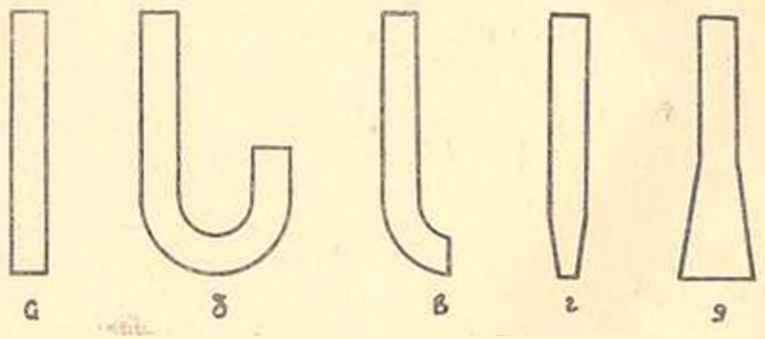

Рис. 2.

ко форм входного участка монжусной трубки, для которых описанным ниже способом была определена связь $\varepsilon = f(v)$.

После загрузки колбы 2 кварцевым песком фракции 0,42÷0,32 *мм* и доливки водой, через трубку 3 подавалась, со строго постоянной скоростью, вода. Взвесь из трубки 4, диаметром в 10 *мм*, удалялась через отвод 7. По прохождении некоторого времени, достаточного для возникновения стационарного потока в 4, из отвода 7 брались несколько проб на определение v (по объему пробы, продолжи-

тельности ее взятия и диаметра 4). Из этих же проб отделялся песок, который сушился и взвешивался. По ним подсчитывалась концентрация ε. После взятия двух-трех проб, кран 5 закрывался, прекращалась подача воды через 3, извлекался песок, находившийся в трубке 4 выше крана 5, сушился, взвешивался и исходя из известного объема трубки вычислялась концентрация φ.

На рис. 3 показаны экспериментальные значения ε в зависимости от v и проведена соответствующая кривая 1. Она справедлива для слу-

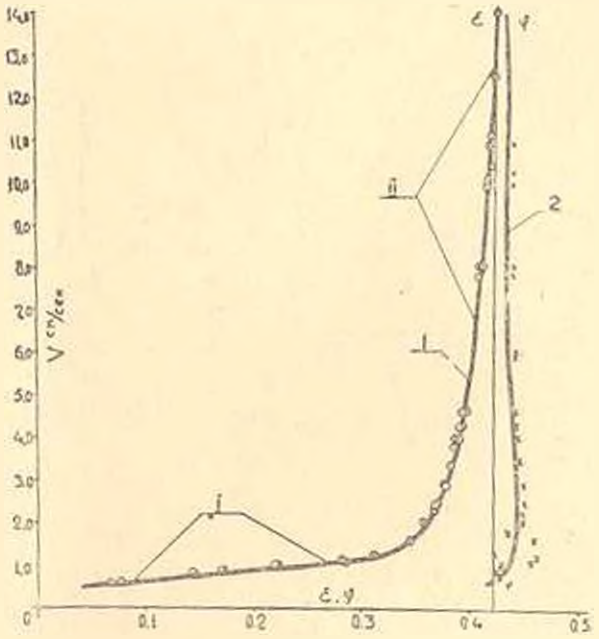

Рис. 3

чая, когда форма и направление входного участка монжусной трубы соответствовали рис. 2а. На рис. 3 крестиками показаны опытные значения концентрации φ и проведена сплошная линия 2, представляющая собой расчетные значения концентрации φ' соответствующие усредняющей кривой 1. Точки кривой 2 определялись по уравнению (1) (значение v и ε принимались по кривой 1) и кривой $U = f(\varphi)$, полученной для использованного в опыте песка (рис. 4). Путем подбора по этим кривым находили φ'. Аналогичным способом проводились опыты для остальных форм и направленности входного участка трубки 4 (рис. 2). Результаты представлены на рисунках 5—8 и сопоставлены с данными рис. 3 (тонкие сплошные линии).

В результате произведенных исследований, можно отметить следующее:

1. Возникающий в монжусной трубе двухфазный поток вполне хорошо описывается уравнением (1).

2. По схеме представленной на рис. 1 легко можно получить двухфазный поток постоянной концентрации и расходе. Постоянство

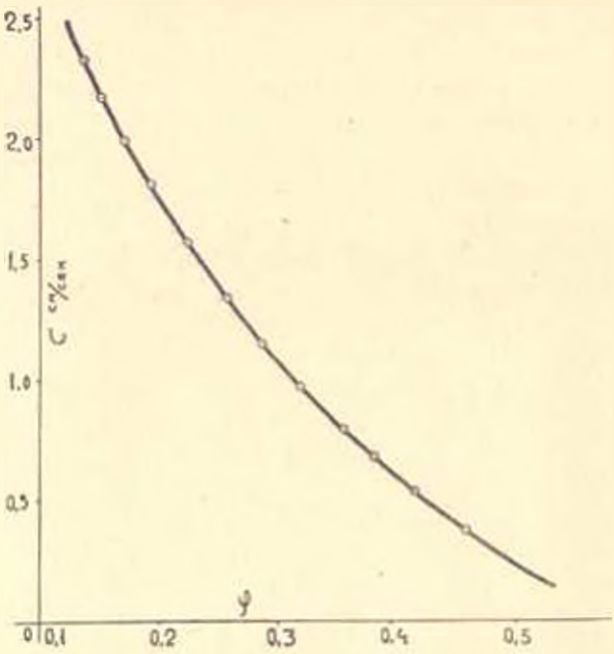

Рис. 4.

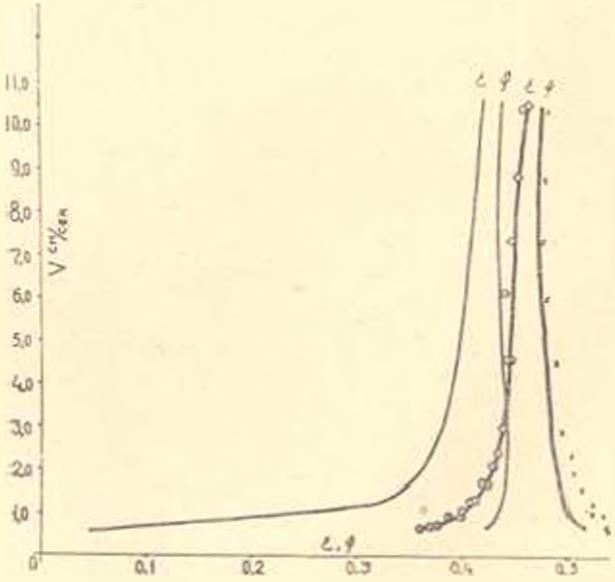

Рис. 5

этой концентрации ε обусловлено только постоянством подачи жидкости Q_1. Концентрация ε зависит также от формы и направления входного участка мокрусной трубки. Наибольшие значения ε получаются в случае „б" рис. 2. Однако, как установлено опытом, в этом случае не обеспечивается бесперебойная работа системы. Это обстоятельство

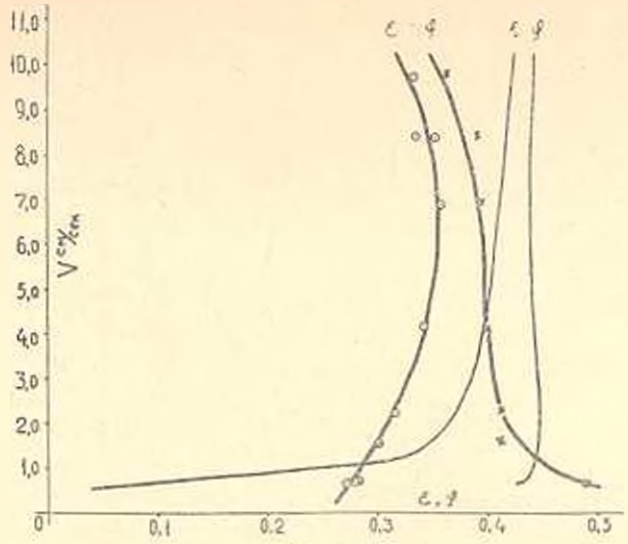

Рис. 6.

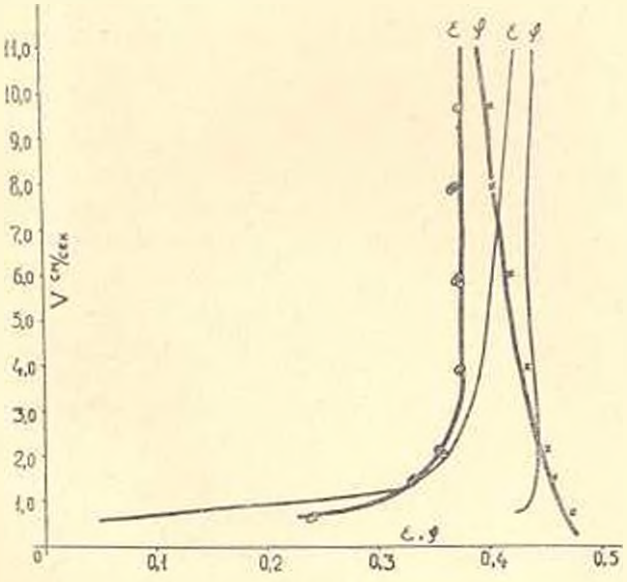

Рис. 7.

усугубляется при применении полидисперсной твердой фазы. Наиболее удобным и простым является случай „а", который нами испытан и успешно применен для широкого диапазона изменений: диаметра монжусной трубы (от 1,5 до 81 *мм*); емкости аппарата „монжуса" (от 0,5 *л* до 10 *м*³); скорости перемешения (от долей сантиметра до 4 *м/сек.*); крупности частиц (от 40 до 1000 микрон); плотности среды (жидкость и газ).

3. При малых значениях скорости v (см. рис. 3 ветвь 1, кривой 1) концентрация ε с ростом v растет очень быстро. Малейшее изме-

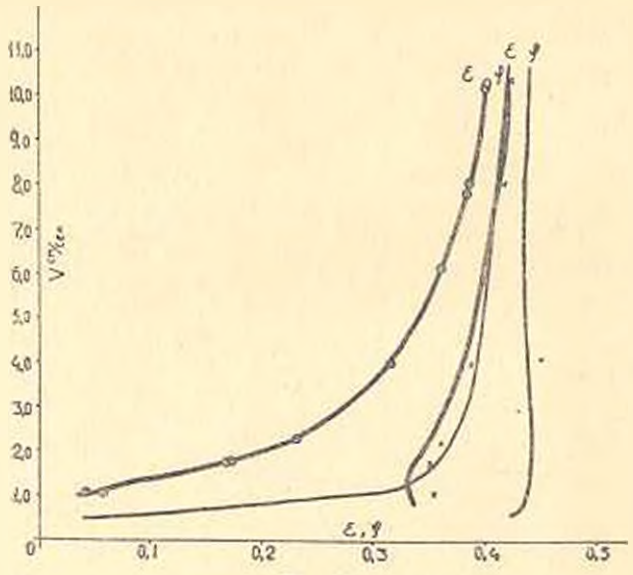

Рис. 8.

нение Q_1 (рис. 1) вызывает значительное изменение ε. Во второй ветви кривой 1 наоборот, неравности в подаче жидкости Q_1 мало влияют на ε. При больших же значениях вообще ε перестает зависеть от скорости. В рассматриваемом случае (рис. 3), при скорости выше 12—13 *см/сек*, $\varepsilon \approx 0{,}422$. При любой крупности частиц, свойств среды и диаметра монжусной трубы существует такое значение скорости v, когда ε доходит до определенного максимума и дальше с возрастанием v почти не меняется. Исходя из этого целесообразно работать при скоростях v обеспечивающих возможно большое значение ε. Это обеспечивает минимальный расход среды и максимальную производительность системы.

4. С целью получения непрерывного потока суспензии на любое длительное время, нужно снаривать две емкости 2, которые включаются в работу попеременно. Если условия работы требуют получения суспензии с малым ε, то любое ее значение можно получить путем последующего разбавления потока дополнительным количеством среды Q_2 как это показано на рис. 1. В этом случае уравнение (1) остается в силе, причем концентрация в расходе и скорость суспензии определяются выражениями:

$$\varepsilon = W/(Q_1 + Q_2), \tag{4}$$

$$v = (Q_1 + Q_2)/F. \tag{5}$$

5. Из (1) и приведенных в статье рисунков видно, что концентрация φ в трубке всегда больше концентрации в расходе ε. Это является результатом непрерывного отставания частиц от окружающей их жидкости. Это отставание равно скорости стесненного падения C или U. С увеличением скорости v влияние ССП на φ уменьшается и кривые 1 и 2 приближаются друг к другу. При очень больших значени-

ях скорости суспензии, когда величина ССП становится пренебрежимо малой по сравнению с v, эти две кривые сливаются, то есть $\varphi = \varepsilon$. Рисунки 3, 5, 6, 7, 8 показывают, что форма и направленность входного участка монжусной трубы имеет сильное влияние на начальное значение ε и на ход ее изменения. В случае рис. 2б, псевдоожижение материала и его проникновение в трубку 4 начинается при $\varepsilon = 0{,}36$. Здесь направления силы тяжести и движения среды на входном участке совпадают. Как уже указывалось (рис. 5) в этом случае значения ε и φ наибольшее и имеет место наименьший удельный расход среды на транспортирование твердой фазы. Однако, такая система очень склонна к забивкам. В случае рис. 2в псевдоожижение и занос частиц в трубку 4 также начинается при сравнительно высоких начальных значениях ε. Однако с увеличением v концентрация ε сначала растет, а затем уменьшается (рис. 6). Участок $\varepsilon = \text{const}$ отсутствует.

В случае суженного отверстия (рис. 2г) начальное значение ε составляет 0,24 и при $v = 3$ *см/сек*, достигает своего постоянного и максимального значения 0,375. Это объясняется тем, что фактические скорости среды у входа в монжусную трубу значительно больше скоростей в самой трубе (на рис. 7 указаны последние). Дальнейшее сужение входного отверстия приводит к дальнейшему уменьшению максимального значения ε. Этот случай представляет интерес, если потребуется с самого начала иметь сравнительно малое, но постоянное значение ε при малых скоростях расхода.

При уширенном входном отверстии, рис. 2д, псевдоожижение происходит при больших скоростях среды (рис. 8) с малыми значениями начальной ε. Тенденция к постоянству ε наблюдается при сравнительно больших скоростях v. Вероятно этот случай не представляет интереса.

Институт органической химии
АН Армянской ССР

Поступило 15.X.1962 г.

Ա. Մ. ԽԱՍԳԱՐՅԱՆ, Ռ. Ե. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ֆ. Հ. ՂԱԶԱՆՉՅԱՆ

ՀԱՍՏԱՏՈՒՆ ԲԱՂԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԵՐԿՖԱԶ ՀՈՍԱՆՔԻ ՍՏԱՑՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Արտադրական պրոցեսների, ինչպես նաև գիտահետազոտական աշխատանքների համար, որոնք տարվում են երկֆազ սիստեմների անընդհատ հոսանքով, կարևոր նշանակություն ունի երկֆազ սիստեմի բաղադրության հաստատունությունը, մանավանդ որ անհնար է ստանալ համասեռ ստացիոնար ռեժիմներ։

Ներկա հաղորդման մեջ նկարագրված է հաստատուն բաղադրության երկֆազ հոսանքի ստացման լաբորատոր սարքը (նկ. 1) և բերված են $\varepsilon = f(v)$,

$\varphi = f(Ծ)$ կապակցությունները (նկ. 3, 5—8) մոնժուսային խողովակի 5 տարբեր ձևերի մուտքի մասերի (նկ. 2) համար։

Այդ նկարներում Ծ-ի և ε-ի, ինչպես նաև φ-ի այն արժեքները, որոնք նշանակված են խաչերով, ստացված են փորձից, իսկ φ-ի հոծ կորը հաշված է տեսականորեն, օգտվելով (1) և (2) հավասարումներից։ Փորձերը կատարված են 0,42 ; 0,32 մմ ֆրակցիայի կվարցային ավազի համար։

Կատարված հետազոտություններից ստացված է, որ՝

1. Մոնժուսային խողովակում գոյացած երկֆազ հոսանքը ճիշտ նկարագրվում է (1) հավասարումով։

2. Ըստ նկ. 1 սխեմայի, ε-ի հաստատուն լինելը պայմանավորված է միայն արվող ջրի հաստատուն լինելով։

3. ε-ի արժեքը կախված է նաև մոնժուսային խողովակի մուտքի մասի ձևից և ուղղությունից (տես նկ. 2 և 3,5—8)։

4. Ծ-ի փոքր արժեքների դեպքում ε-ի արժեքը կախված է Ծ-ից։ Ծ-ի մեծացման հետ ε-ի արժեքն էլ մեծանում և հասնում է մի հաստատուն մեծության, որից հետո այլևս Ծ-ն ε-ի արժեքի վրա զգալիորեն չի ազդում։

5. Եթե հարկավոր է ստանալ ε-ի հաստատուն փոքր արժեքներ, պետք է ստացված խառնուրդը լրացուցիչ կերպով նոսրացնել ջրով։ Այդ դեպքում ε-ի և Ծ-ի արժեքները պետք է հաշվել (4) և (5) հավասարումներով։

6. Մեծ գիտադրնում փորձարկման է ենթարկված մոնժուսային խողովակի մուտքի մասի նկ. 2ա ձևը. մոնժուսային խողովակի տրամագիծը 1,5 մինչև 81 մմ, մոնժուսի տարողությունը 0,5 լիտրից մինչև 10 մ³, հոսման արագությունը տասնորդական մասնիկներից մինչև 4 մ/վրկ, մասնիկների մեծությունը 10-ից մինչև 1000 միկրոն, միջավայրի խտությունը 0,09 կգ/մ³-ից մինչև 1000 կգ/մ³ համար։

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. М. Гаспарян. А. А. Заминян.* ДАН, Армянской ССР, т. XXVIII, 127, 1959.
2. *А. М. Гаспарян. А. А. Заминян. Р. Е. Акопян. Н. С. Икарян.* „Новые методы измерения и приборы для гидравлических исследований". Изд. АН СССР, М., 1961.
3. *А. М. Гаспарян. Н. С. Икарян.* „Известия АН Армянской ССР", серия ТН, т. XV. № 2, 1962.
4. *А. М. Гаспарян. Р. Е. Акопян.* „Известия АН Армянской ССР", серия ТН, т. XIII, № 5, 1960.
5. *А. М. Гаспарян, Н. С. Икарян.* ДАН Армянской ССР, т. XXXV, 1962.