ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍԵՕ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սեշիա XIV, No 2, 1961

Серия технических наук

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

# А. Г. АЗИЗЯН, Р. А. МЕЛИКЯН, Н. И. СМИРНОВ ГИДРОДИНАМИКА БАРБОТАЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

# Сообщение І

# Скорость массового всплывания пузырьков газа в среде жидкости в зависимости от характера и высоты ее слоя, дисперсности и скорости газа

В практике химической технологии довольно часто встречается явление всплывания газа в среде жидкости, как например, в барботажных реакторах, абсорбционных, ректификационных тарельчатых и ситчатых аппаратах и др. Почти во всех случаях оно используется для осуществления тепло- или массо-передачи от газа к жидкости или наоборот. Известно, что коэффициенты тепло-или массо-передачи зависят от гидродинамических параметров процесса [1-6], в частности от скорости всплывания пузырьков. Кроме того, скорость всплывания имеет самостоятельное значение в расчете аппаратуры: позволяет рассчитывать время контакта фаз и рабочий уровень аппарата, т. е. зысоту газожидкостной смеси И.

Опубликовано много работ, посвященных всплыванию газа в среде жидкости. Однако, большая часть их посвящена скорости всплывания единичных пузырьков [7-15, 22]. Это и естественно. Для изучения более сложного явления массового всплывания, имеющего практическое значение, необходимо было начать с самого простого случая всплывания единичных пузырьков.

Опубликованы также работы, касающиеся случая массового всплывания пузырьков газа. Позин с сотрудниками изучали [2, 3, 16] пенную область этого явления, пропуская газ через относительно небольшие слои жидкости и выявили большую эффективность пенных аппаратов по сравнению с насадочными или тарельчатыми. Ими предложен ряд количественных закономерностей, касающихся этого режима. Кузьминых, Аксельрод и др. [1, 17, 18] осуществляли прохождение газа через небольшие слои жидкости при еще более высоких скоростях. Выведенное ими уравнение дает зависимость отношения удельного веса эмульсии и удельного веса жидкости от скорости газа и других факторов в указанной области скорости газа. Аксельродом и Дильманом [19] изучен узкий участок скоростей газа и предложено расчетное уравнение, включающее в себя диаметр пузырьков и их число над отверстием, которые не поддаются измерению при массовом всплывании пузырьков газа.

По этой же причине нужно признать неудобными для применення формулы Ван-Кревелена и др. [20], выведенные для прохождения серий пузырьков через жидкость в колоннах небольшого диаметра. При этом образование пузырьков газа происходит из одного отверстия. Шабалин [5, 21] наблюдал явления раздробления и слияния пузырьков газа, а также замкнутой циркуляции газа внутри них. Он пришел к выводу о постоянстве интенсивности конвенционных движений внутри пузырьков, независимо от его размеров. Это же явление описывает Гарнер [6, 12], который огмечает деформации пузырьков газа вплоть до образования новых пузырьков, причем объясняет это изменением поверхностного натяжения вследствие различного массообмена в разных точках поверхности пузырьков. С последним толкованием трудно согласиться, так как подобные явления деформации пузырьков отмечены и при отсутствии массообмена [13]. Лайбсон и др [23] фотографировали образование пузырьков из различно расположенного отверстия, их поведение при всплывании, а также дали зависимость диаметра пузырька от критерия Рейнольдса.

В опубликованных работах отсутствует систематическое изучение изменения скорости массового всплывания газовых пузырьков в более или менее широком диапазоне в зависимости от основных измеряемых факторов, таких как: размер и число отверстий распределительной тарелки, скорость газа в этих отверстиях, высота слоя жилкости, ее физико-химический характер и т. д. Настоящая работа преследует цель пополнить существующий экспериментальный материал, что может способствовать обобщению и развитию теории гидродинамики барботажных процессов, кроме того позволит количественно оценить характер изменения скорости стесненного всплывания пузырьков, часто имеющего место в практике производства, в зависимости от легко измеряемых факторов.

# Экспериментальная часть

На опытной установке (рвс. 1) газ (во всех случаях воздух) пропускался через слой жидкости, имеющий определенную высоту h. Стеклянная колонна 6 заливалась жидкостью при начальном пропускании воздуха, которое не позволяло жидкости стекать через отверстия распределительной тарелки 9, что и проверялось по отсутствию канель в трубке 10. Воздух поступал через рессивер 1, реометр 2 и увлажнитель 4, причем давление его замерялось манометром 5, а количество регулировалось краником 3, выпускающим избыток в атмосферу. После того, как в колонну 6 заливалось жидкости на высоту h, при которой гидростатическое давление столба h и давление воздуха в кубе колонны 7 выравнивалось, замерялась высота h, затем начиналась полача воздуха, который барботировал через жидкость, при этом уровень последней поднимался и достигал при расходе газа Qопределенной высоты H, замеряемой визуально по нанесенной на колонну милиметровой шкале 8. Подобная установка может быть соб-

#### Гидродинамика барботажных процессов

рана с колонной, имеющей тот же днаметр, что и распределительная тарелка (A) или несколько больше нее (Б). Особенно важно предупредить утечку газа и жидкости через места присоединения колонны, куба и распределительной тарелки, что достигалось уплотнением указанных стыков тиоколовой замазкой.



Рис. 1. Схема опытной установки.

Количество пропускаемого через жидкость воздуха изменялось от 0 до 100 литров в минуту и в каждом случае отмечалась высота газожидкостного столба *H*. Ввиду невозможности термостатировать крупную установку, опыты проводились при комнатной температуре\* с введением соответствующих поправок при подсчете объема газа.

Для испытания было взято 12 различных распределительных тарелок (см. табл. 1). Как видно из таблицы 1 подбор распределительных тарелок позволяет сопоставить их по свободному сечению, числу отверстий и их диаметру. Независимо от числа отверстий они равномерно распределялись по всей площади тарелки, диаметр которой во всех случаях равнялся 76 мм.

Для выяснения влияния диаметра аппарата *D* опыты были проведены в колоннах с внутренним диаметром 76, 107 и 220 мм (последняя квадратного сечения  $D_{2K} = 220 \text{ мм}$ ).

Среда всплывания подбиралась таким образом, чтобы можно было выяснить влияние вязкости, поверхностного натяжения и удельного веса жидкости. С этой целью испытания проводились с водой, водными растворами этилового спирта и глицерина. При этом указанные константы изменялись в пределах: вязкость от 0,85 до 11,6 сп, поверхностное натяжение от 22 до 73,6 дин/см, удельный вес от 800 до 1166 кг/м<sup>3</sup> [26]. Лишь для растворов глицерина удельный вес и вязкость определялись экспериментально перед производством опы-

3. Изв. ТН, № 2

<sup>\*</sup> Температура при опытах в зависимости от времени года менялась от 14 до 29°С.

А. Г. Азизян, Р. А. Меликян, Н. И. Смирнов

Характеристика применяемых распределительных тарелок

Таблица 1

Ne Ne распределитель. Ных тарелок	Циаметр отверстия $d_0$ в "и.и	Число отверстий п	Свободное сечение тарелки ƒ в .w <sup>2</sup>	Ne Ne распределитель- иых тарелок	Диаметр отверстия d <sub>n</sub> в м.м	Число отверстий и	Свободнос сечение тарелки f в .w <sup>2</sup>	№№ распределитель- ных гарелок	Диаметр отверстия do в.и.и	Число отверстий п	Свободное сечение тарелки f в $\mathcal{M}^2$
1	1,0	50	$39, 2 \cdot 10^{-6}$	5	1,4	25	$38, 4 \cdot 10^{-6}$	9	2,24	10	$39, 4 \cdot 10^{-6}$
2	1,0	40	$31, 4 \cdot 10^{-6}$	6	1,4	20	$30, 8 \cdot 10^{-6}$	10	2,24	8	31.5.10 -6
3	1,0	30	$23, 5 \cdot 10^{-6}$	7	1,4	15	23,1.10-6	11	2.24	6	23,6-10-6
4	1,0	20	$15,7 \cdot 10^{-6}$	8	1,4	10	$15, 4 \cdot 10^{-6}$	12	2,24	4	$15, 8 \cdot 10^{-6}$
			1								

та и составляли (при 28 С): для 54,5% водного раствора  $\gamma = 1135,6 \ \kappa z/M^3$ ,  $\mu = 5,8 \ cn.$ , для  $66,0^0/_0^*$  водного раствора  $\gamma = 1166,24 \ \kappa z/M^3$ ,  $\mu = 11,8 \ cn.$ 

Для выяснения влияния высоты начального слоя жидкости последняя в опытах варьировалась в пределах от 100 до 900 мм. Опыты проводились при скоростях газа, охватывающих режим свободного всплывания (барботаж) и переход последнего в смешанный барботажно-струйный режим [25].

Как уже отмечалось, при каждом опыте визуально замерялись: начальная высота слоя жидкости (до пропускания воздуха) h, высота газожидкостного столба (при установившемся режиме) H, объем пропускаемого в единицу времени газа Q, его давление p и температура t. Затем рассчитывался объем пропускаемого в секунду газа  $Q_{cp}$ , соответствующий условиям, при которых проводился данный опыт.

Так как поток газожидкостной смеси образуется благодаря объемной работе газа над системой [24], то один из основных параметров этого потока—скорость газожидкостной смеси—можно выразить:

$$W_{\rm cM} = \frac{Q_{\rm cp}}{F},\tag{1}$$

где F — сечение колонны.

Количественное значение  $W_{cw}$  не отличается от фиктивной скорости газа в колонне, тем не менее мы считаем более правильным использовать понятие "скорость газожидкостной смеси" так как это понятие непосредственно вытекает из механизма и физической сути явления всплывания газовых пузырьков в среде жидкости.

Средняя по высоте слоя жидкости скорость всплывания пузырьков газа определялась по выведенному ранее [24] уравнению:

$$(W_s)_{\rm cp} = W_{\rm cu} \frac{h}{H - h} \tag{2}$$

\* Болес концентрированные водные растворы глицерина образуют при пропускании через них воздуха устойчивые взвеси, делающие невозможным точное визуальное наблюдение высоты газожидкостного столба Н.

#### Гидродинамика барботажных процессов

Результаты опытов приведены в виде кривых по координатам  $W_{cM} - (W_s)_{cp}$  на рисунках 2, 3, 4, 5, 6, каждая кривая построена по  $8 \div 20$  точкам. Цифры у кривых указывают высоту начального слоя жидкости h в дециметрах.

Для проверки точности методики замера газожидкостного столба было поставлено несколько опытов по методу Ван-Кревелена и др.







Рис 3. Зависимость средней скорости всилывания (Ws)ср от скорости газожилкостной смеси W<sub>см</sub> при распределительных тарелках №№ 5 : 8, аля воды, в колоние D ==0,076 м.

[20]. Сущность опытов заключалась в том, что колонна заливается доверху жидкостью, а затем пропускается воздух, при этом часть жидкости выливается из колонны, а оставшееся количество, очевидно, соответствует высоте первоначального столба жидкости.

Таким образом в отличие от наших опытов, когда заранее замерялась начальная высота столба жидкости *h*, а в течении самого опыта визуально определялясь высота газожидкостного столба *H*, у Ван-



Рис. 4. Зависимость средней скорости всплывания (*Ws*)<sub>ср</sub> от скорости газожидкостной смеси в *W*<sub>см</sub> при распределительных тарелках №№ 9 : 12, для воды и растворов этанола, в колоние *D* ==0,076 *м*.



Рис. 5. Зависимость средней скорости всплывания (*Ws*)<sub>ср</sub> от скорости газожидкостной смеси *W*<sub>см</sub> при распределительной тарелке № 7, для воды и растворов глицерина, в колоние *D* == 0,076 .и.

Кревелена высота газожидкостного стотба равна высоте колонны, а первоначальная высота слоя жидкости может быть определена либо после опыта замером оставшегося количества жидкости, либо легко подсчитана исходя из объема вылитой воды:

$$h = H - \frac{V_{\text{выл.}}}{F}$$

(3)

Опыты по методике Ван-Кревелена поставлены в колоннах с диаметром 76 *мм* и высотой 420, 665 и 770 *мм*. Результаты этих опытов даны на рис. 3 в виде пунктира и по характеру кривых соответствуют данным, полученным по принятому нами методу. Некоторые характеристики проведенных опытов приводятся в таблице 2.



Рис. 6. Зависимость средней скорости всплывания ( Ws Jep от скорости газожидкостной смеси W<sub>см</sub>, при распределительной тарелке № 7, для воды, в колоннах различного диаметра.

Визуальное изучение процесса при проведении опытов показало, что гидродинамическая картина массового всплывания очень сложна. Только при небольших скоростях пропускаемого газа размеры пузырьков на различной высоте слоя отличаются друг от друга мало, и в жидкой среде не наблюдается сильных возмущений. С увеличением скорости подаваемого газа усложняется и гидродинамическая картина: на некоторой высоте слоя наблюдается слияние пузырьков в более крупные, которые обладая большей скоростью подъема вызывают завихрение среды окружающих пузырьков. При этом последние обтекают большой пузырь сверху вниз или отталкиваются в сторону, в обонх случаях изменив скорость и направления движения. При дальнейшем увеличении скорости подаваемого газа возникают струи, которые по ходу всплывания или разбиваются на отдельные пузыри или сливаются с другими струями, что сильно увеличивает турбулентность процесса, вызывая пульсацию жидкости.

# Обсуждение результатов

Все экспериментальные данные нами приведены в виде кривых, выражающих зависимость между средней скоростью газожидкостной смеси  $W_{cM}$  и средней скоростью всплывания газа ( $W_{r}$ )<sub>ср</sub>. При этом в данной работе значение ( $W_{s}$ )<sub>ср</sub> учитывает среднюю скорость переме-

						1 аблица 2
адартио мотрока Диаметровестий тарелки d, в. м.м.	Число отверстий та- релки и	Внутренний диаметр колонны D в м.м. Начальная высога слоя жидкости h в .v	Жидкость	Температура при опы- тах в С	Расход вознуха Q в л/мин.	Примечание
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	59 40 20 25 20 15 10 10 8 6 15 15 15 15 15 15	$\begin{array}{c} 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 8 \\ 76 \ 0, 1-0, 7 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 7 \\ 220 \ 0, 2 \ 0, 7 \\ 76 \ 0, 1-0, 7 \\ 220 \ 0, 2 \ 0, 7 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 9 \\ 76 \ 0, 1-0, 5 \\ 76 \\ 76 \\ 76 \\ 76 \\ 76 \end{array}$	Вода эта нол 24°/о эта нол 96°/о глицерин 54,5°/о глицерин 56°/о вода	$\begin{array}{c} 20 - 26 \\ 19 - 23 \\ 21 - 23 \\ 17 - 18 \\ 18 - 22 \\ 14 - 20 \\ 14 - 27 \\ 20 - 24 \\ 19 \\ 22 \\ 20 - 25 \\ 21 - 24 \\ 23 - 26 \\ 16 - 24 \\ 23 - 26 \\ 16 - 29 \\ 24 - 29 \\ 28 \\ 28 \\ 18 \\ 18 \\ 18 \end{array}$	$\begin{array}{c} 0 & -32 \\ 0 & -29 \\ 0 & -30 \\ 0 & -29 \\ 0 & -30 \\$	H=0.42 м H=0.665 м H=0.77 м

щения пузырьков газа относительно среды всплывания, а не стенки сосуда, как это обычно принимается многими авторами. Эти вопросы подробно рассмотрены одним из авторов настоящей статьи [24, 25], им же дана взанмная связь скоростей [25] трех потоков, возникающих при всплывании газовых пузырьков в среде жидкости, в виде уравнения:

$$W_{\rm sc} = \frac{W_{\rm cm}}{1 - \frac{W_{\rm cm}}{(W_{\rm s})_{\rm cp}}},\tag{4}$$

где W<sub>ж</sub> средняя скорость нисходящего потока жидкости.

В этом разделе мы часто обращаемся к этому уравнению, позволяющему объяснить ход изменения экспериментальных кривых. Как видно из приведенных графиков, на всех кривых, вначале с возрастанием  $W_{\rm см}$  увеличивается также ( $W_s$ )<sub>ср</sub>. Иначе говоря, с увеличением концентрации пузырьков в слое жидкости, возрастает их скорость всплывания. Для объяснения этого обратимся к механизму всплывания. Скорость перемещения пузырька обусловлена скоростью заполнения того объема, который он покидает при перемещении вверх по слою жидкости, причем когда всплывает одинокий пузырь единственным источником заполнения этого объема является жидкость, стекающая сверху вниз, но, как показывает опыт, это условне становится не обязательным при массовом всплывании пузырь-

38

ков. Очевидно в этом случае появляется новый источник заполнения покинутого пузырьками объема, а именно, жидкость, вытесненная соседними или следующими позади пузырями. В начальный период с увеличением концентрации пузырьков последний источник становится более преобладающим, что облегчает и ускоряет перемещение пузырьков вверх по слою жидкости.

С другой стороны увеличение концентрации пузырьков оказывает тормозящее влияние на скорость всплывания (увеличивает стесненность), так как при этом скорость жидкости, обтекающей пузырьки возрастает, следовательно возрастает и сопротивление среды. При увеличечии конценграции пузырьков скорость обрагного стекания жидкости возрастает благодаря тому, что с одной стороны уменьшается доля сечения сосуда, занятая жидкостью, с другой, возрастает объем обратно-стекающей жидкости.

Таким образом увеличение  $W_{cm}$  оказывает одновременно и ускоряющее, и замедляющее влияние на скорость всплывания пузырьков.

Ход изменения экспериментальных кривых показывает, что вначале преобладает ускоряющее, а позже замедляющее действие. Изложенный механизм хорошо объясняет переход первоначального подъема кривых на затухание через максимум. Очевидно, максимум представляет ту точку, где уравновешивается ускоряющее и замедляющее влиящие увеличения концентрации пузырьков на их скорость всплывания. Вышеизложенное объяснение хорошо согласуется с ур. (4). Для наглядности его перенишем в виде:

$$\frac{1}{(W_s)_{\rm CD}} = \frac{1}{W_{\rm CM}} - \frac{1}{W_{\rm W}}$$
(4a)

В начальном периоде пока концентрация пузырьков в слое жидкости незначительна, значение  $W_{\pi}$  с увеличением  $W_{cm}$  почти не изменяется, согласно уравнению (4а) в этом случае ( $W_s$ )<sub>ср</sub> возрастает прямо пропорционально с  $W_{cm}$ .

С увеличением концентрации пузырьков сечение. занятое жидкостью, все уменьшается, поэтому значение  $W_{**}$  начинает возрастать и в конце концов становится преобладающим. В точке максимума приращение  $W_{**}$  количественно достигает прироста  $W_{cm}$ , а далее превосходит, поэтому значение  $(W_s)_{cp}$ . начинает уменьшаться. При дальнейшем увеличении скорости газожидкостной смеси кривые, пройдя минимум, начинают расти почти прямолинейно с переходом гидродинамического режима от барботажа к смешанному [25].

На всех кривых, с увеличением начального слоя жидкости h при прочих одинаковых условиях, скорость всплывания (W)<sub>ср.</sub> увеличивается, тогда как при единичном всплывании пузырьков высота слоя жидкости h не играет роли [9, 13, 15, 20]. Из рис. 2, 3, 4, 5 видно, что с увеличением начальной высоты h, кривые стремятся к выпрямлению, т. е. их максимумы и минимумы становятся более близкими друг к другу и менее отчетливее выраженными. Это доказывает, что

## А. Г. Азизян, Р. А. Меликян, Н. И. Смирнов

Смена гидродинамических режимов по высоте слоя жидкости происходит разновременно [25]. Поскольку переход от барботажного режима к сме шанному обусловлен скоростью всплывания пузырьков ( $W_s$ ) на данном участке слоя, а (как выше мы видели) это значение изменяется по высоте слоя, то при высоких слоях жидкости максимумы и минимумы кривых сглаживаются. Отметим аналогичное утверждение Позина и др. [3] для пенного режима. Хотя их кривые построены в координатах  $W_{\rm см}$ -H, однако это не меняет сущности явления, так как H и ( $W_s$ )<sub>ср</sub>. взаимно связаны уравнением (2).

Сравнивая рис. 2, 3, 4 видно, что при прочих равных условиях, с увеличением диаметра отверстия  $d_0$  кривые располагаются выше, т. е. возрастает средняя скорость всилывания ( $W_s$ )<sub>ср.</sub> благодаря увеличению объема пузырьков. В свою очередь размер пузырька пропорционален [1, 14, 15], размеру отверстия и ряду других величин. Таким образом подтверждается положение, что при массовом всплывании пузырьков газа их диаметр<sup>\*</sup> зависит от диаметра отверстия  $d_0$ , что отрицается Ван-Кревеленом и Гофтизером [20].

Возможно, что заключение этих авторов является следствием того, что опыты их проводились в области небольших скоростей газа и чисел Рейнольдса, не превышающих 5000, т. е. в области, совпадающей с начальным участком кривых, где они почти сливаются и не позволяют четко заметить эту закономерность.

Из рис. 2, 3, 4 видно, что с уменьшением числа отверстий при других равных условиях, кривые располагаются выше, так как при этом увеличивается скорость истечения газа из них, что приводиг к образованию более крупных пузырьков [19, 20].

Из рис. 5 видно, что кривые для глицерина рясполагаются ниже соответствующих кривых для воды. Очевидно, высокая вязкость приводит с одной стороны к образованию более мелких пузырьков, с другой стороны к уменьшению скорости всплывания вследствии большого сопротивления. Итак:

1. При изучении массового всплывания пузырьков в среде жидкости в условиях отсутствия тепло- и массообмена между ними показано, что средняя скорость всплывания пузырьков газа:

а) возрастает с увеличением начальной высоты слоя жидкости;

б) возрастает с уменьшением числа отверстий;

в) возрастает с увеличением диаметра отверстий;

г) убывает с увеличением вязкости жидкости.

2. Изучено влияние скорости подаваемого газа на среднюю по высоте слоя жидкости скорость всплывания и показано, что во всех случаях, указанных в пункте 1:

\* Речь идет о первоначальном размере образующихся пузырьков. Изменение формы и размера пузырьков по мере всплывания (о чем говорилось выше), очевидно зависит от первоначального размера пузырьков, а так как последний зависит от размера отверстий распределительной тарелки, то следонательно эта величина (т. е. d<sub>e</sub>) является определяющей, и при дальнейших рассчетах представляется целесообразным оперировать ею, а не величиной диаметра пузырьков. а) средняя скорость всплывания с увеличением скорости подаваемого газа возрастает, затем проходит максимум и начинает убывать;

б) при дальнейшем увеличении скорости подаваемого газа средняя скорость всплывания продолжает убывать и, пройдя минимум.
снова начинает возрастать;

в) с повышением начального слоя жидкости кривые стремятся к выпрямлению, т. е. их максимумы и минимумы сглаживаются;

г) характер изменений, отмеченных в пунктах а, б, и в хорошо согласуются с уравнением (4).

Завод им. С. М. Кирова

Поступило 28.1 1960-

Ա. Հ. ԱՉԻՉՑԱՆ, Ռ. Ա. ՄԵԼԻՔՑԱՆ, Ն. Ի. ՍՄԻՐՆՈՎ

ԲԱՐԲՈՏԱԺԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ՀԻԴՐՈԴԻՆԱՄԻԿԱՆ

## Հաղթеդում 🛽

ՀԵՂՈՒԿ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ԳԱԶԻ ԲՇՏԻԿՆԵՐԻ ՄԱՍՍԱՅԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՂՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱԽՎԱԾ ՀԵՂՈՒԿԻ ՇԵՐՏԻ ԲԱՐՁՐՈՒԹՅՈՒՆԻՑ, ԳՒՍՊԵՐՍՄԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻՑ ԵՎ ԳԱԶԻ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆԻՑ

# Ամփոփում

Հոդվածում արվում է համառոտ տևստ նկուն հրատարակված աշխատունկունների, որոնք վերաբերում են հեղուկ միջավայրում դաղի վերլողմանը ինչպես առանձին (միայնակ) բշտիկների, այնպես և նրանց խմբերի համար (գաղային բշտիկների մաստայական վերլողում)։ Նշվում է, որ մինչև այժմ դաղային բշտիկների մերլողման կամ դաղահեղուկային սյան բարձրունլան համար առաջարկված հավասարումները հարմար չեն օգտադործման համար։ Փորձերի ըննացքում փոփոփոկել են հետելալ մեծունյունները՝ տրվող գաղի (օդի) արադունկունը, հեղուկի շերտի բարձրունլունը և նրա բնույլնը, ապարատի արամադիծը, բաշխող ափոնի անցքերի նիվը և նրանց արամադիծը։ Փորձերի ըննացքում չափված է գաղահեղուկային ոլան բարձրունյունը և հաշված է գաղի վերլողման միջին արադունկունը ( $W_s$ )<sub>ср.</sub> Վերջինի կախումը գազահեղուկային խառնուրդի արադունկունից (կամ, այլ կերպ ասած, անցնող դաղի արադունկունից) արտահայտված է մի շարը կորերով։

Որպես Տեղուկ միջավալը օգտագործվել է ջուր, էխիլալըոհոլի և գլիցերինի ջրադին լուծուլններ տարրեր խտունկամբ։ Հեղուկի շերտի բարձրունկունը հղել է 0,1-ից մինչև 0,9 մ, ապարատի տրամագիծը 0,076-ից մինչև 0,22 մետր։ Բաշխիչ ափոեների անցքերի նիվը տատանվում է 4-ից մինչև 50, իսկ նրանց տրամագիծը 1-ից մինչև 2,24 մմ։ Անցնող գաղի արագունկունը նղել է մինչև 0,35 միկիս

Փորձերի արդյուն քները ցույց են աալիս, որ դաղի վերլողման արադությունը հեղուկ միջավայրում (ջերմափոխանակության և նյությափոխանակաթյան բացակայության դեպքում).

ա) աճում է հեղուկի սկզբնական շերարի ավելացումից.

p) աճում է բաշխիչ ափսհի անցքերի խիվը պակասեցնելուց.

# А. Г. Азизян, Р. А. Меликян, Н. Н. Смирнов

4) when I puzhohs whole why plant upudughon stowguling.

9) Sulangand & Shquelp Sudmighton by who Show Swing.

և) աճում է արվող դաղի արադունյունը մեծանալուց, որից հետո անցնելով մաջսիմումից սկսում է նվաղել, այնուհետև անցնելով մինիմումը նորից սկսում է աճել, ըստ որում վերլողման արադունյան մինիմումը համընկնում է դաղային շիների հանդևս գալու հետ։

# ЛИТЕРАТУРА

- 1. Н. П. Кузьминых, Л. С. Аксельрод, Т. А. Коваль, А. И. Родионов. XII, 5, 86 (1954).
- 2. И. П. Мухленов, Е. С. Тумаркина, ЖПХ, 28. 5, 135 (1955).
- 3. М. Е. Позин, И. И. Мухленов, Е. С. Тумаркина, Э. Я. Тарат. ЖИХ, 27. 1, 12 (1954).
- 4. Л. С. Стерман. ЖТФ, 26, 7 (1956).
- 5. К. Н. Шабалин, З. Ф. Крылое, В. И. Оборин. XII, 1, 16, 10 (1939).
- 6. Garner F. H. Chemie Ing. Technik, 29, 1, 28-32 (1957).
- 7. Stokes G. G., Mathematical and Phisical Papers, Vol. 1, London, 1880).
- 8. А. И. Фрумкин. В. Г. Левич. ЖФХ, 21, 1183 (1947).
- 9. В. Г. Левич. ЖЭТФ, 19, 18 (1949).
- 10. А. Городецкая. ЖФХ, 23, 71 (1949).
- 11. Стабников. Хим. маш., 1 (1938).
- 12. Garner F. H., Hamerton D. Chem. Eng. Sci., 3, 1, 1-11 (1954).
- 13. Ф. М. Ладыженский. ЖПХ, 27, 1. 22 (1954).
- 14. Н. И. Смирнов, С. Е. Полюта. ЖПХ, 21, 11, 1137, (1948); ЖПХ, 22, 11, (1949).
- 15. Н. И. Смирнов, В. Л. Рубан. ЖИХ, 25, 12, 1305 (1952); ЖПХ, 22, 10, 1068 (1949), ЖПХ, 22, 11, 1211 (1949).
- 16. М. Е. Позин, Е. С. Тумаркина. ЖПХ, 27. 11, 1170 (1954).
- 17. Л. С. Аксельрод, В. В. Дпльман. XII, 1. 28 (1954).
- 18. Л. С. Аксельрод, В. В. Дильман. ЖПХ, 29, 12 (1956).
- 19. Л. С. Аксельров, В. В. Дильман. ЖПХ, 27, 5, 485 (1954).
- 20. Van-Krevelen D. W., Hoftijzer P. J. Chem. Eng. Progr., 46, 1, 29 (1950).
- К. Н. Шабалин. Трение между газом и жидкостью в технике абсорбционных процессов, Металлургиздат (1945).
- 22. Peebles F. M., Carber H. J. Chem. Eng. Progr., 49, 2, 88-97 (1953).
- 23. Leibson, Holcomb, Cacoso, Jacmic. A. J. Ch. E. Journal, Vol. 2, № 3, 296 (1956).
- 24. Р. А. Меликин. ЖГІХ 29, 12, 1792 (1956).
- 25. Р. А. Меликян, ЖПХ. 30, 1, 38 (1957).
- 26. Справочник химика. т. І. П. Ш. ГХИ, 1951 г