

4-28-2018

Calculation of the rate of entrainment in three-phase fluidization with solid non-uniform mixtures

A.Sh Abdullaev

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Processes and Apparatuses of Chemical Technology", Tashkent Chemical Technological Institute Tel.:+998903289058 (M.),
alishon73@mail.ru*

O.Sh Temirov

Director of the Shurtan Gas Chemical Complex, Tel.:+03712682711;

Kh.S Nurmuhamedov

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Processes and Apparatuses of Chemical Technology, Tashkent Chemical Technological Institute, Tel.:+03712682711.

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm>

 Part of the [Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Abdullaev, A.Sh; Temirov, O.Sh; and Nurmuhamedov, Kh.S (2018) "Calculation of the rate of entrainment in three-phase fluidization with solid non-uniform mixtures," *Chemical Technology, Control and Management*: Vol. 2018 : Iss. 1 , Article 7.

DOI: <https://doi.org/10.34920/2018.1-2.39-43>

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2018/iss1/7>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

Calculation of the rate of entrainment in three-phase fluidization with solid non-uniform mixtures

Cover Page Footnote

Tashkent State Technical University, SSC «UZSTROYMATERIALY», SSC «UZKIMYOSANOAT», JV «SOVPLASTITAL», Agency on Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan



ISSN 1815-4840

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie

**CHEMICAL TECHNOLOGY.
CONTROL AND MANAGEMENT**2018, №1-2 (79-80) pp.39-43. <https://doi.org/10.34920/2018.1-2.39-43>International scientific and technical journal
journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/>

Since 2005

УДК 66.096.5

А.Ш.АБДУЛЛАЕВ, О.Ш.ТЕМИРОВ, Х.С.НУРМУХАМЕДОВ (ТХТИ)

РАСЧЕТ СКОРОСТИ УНОСА ПРИ ТРЕХФАЗНОМ ПСЕВДООЖИЖЕНИИ ТВЕРДОЙ НЕОДНОРОДНОЙ СМЕСИ

Иш уч фазали мавхум қайнаш қатламида физик-механик хоссалари кескин фарқ қиладиган қаттиқ жисмлардан иборат аралашманинг критик тезликларини аниқлашга бағишланган. Критик тезлик сон қийматлари, хусусан, илдизмеваларнинг нотўғри шаклдаги, юпқа пластиналар кўринишида пўстлогини учиб чиқиш тезлиги $w_{уч}$ аниқланган. Учиб чиқишнинг нисбий критик тезликлари натижалари О.М.Тодес формуласи орқали ҳисобланган қийматлардан сезиларли фарқ қилади. Демак, уч фазали мавхум қайнаш қатламининг учиб чиқиш критик тезликларини аниқлаш аниқлигини ошириш учун маълум бўлган критериял тенгламага нотўғри шаклдаги жисмларнинг шакли омили ва паруслигини ҳисобга олувчи тўғрилаш киритилган. Олинган формулаларнинг хатолиги $\pm 5\%$ дан ошмайди.

Таянч сўзлар: пўстлоқ, эквивалент диаметри, узилиш кучи, критик тезлик, учиб чиқиш, уч фазали мавхум қайнаш қатлами.

Работа посвящена определению в трехфазном псевдоожигенном критических скоростей смеси из твердых тел с резко отличающимися физико-механическими свойствами слое. Определены критические скорости, в частности, скорость уноса $w_{уч}$ кожицы корнеплодов, в виде тонкой пластины неправильной формы. Результаты относительно критической скорости уноса значительно отличаются от расчетных величин, полученных по формуле Тодеса О.М. Для повышения точности определения критической скорости уноса трехфазного псевдоожигенного слоя в общеизвестную критерияльную формулу введена корреляция, учитывающая фактор формы и парусность тел неправильной формы. Погрешность полученной формулы не превышает $\pm 5\%$.

Ключевые слова: кожаца, эквивалентный диаметр, сила отрыва, критическая скорость, унос, трехфазный псевдоожигенный слой.

Article is devoted to determination of critical speeds of a compound from solid bodies with sharply different physicomachanical properties in a three-phase fluidized layer. Critical speeds, in particular, the speed of ablation of w_{ab} of a thin skin of root crops, in the form of a thin plate of irregular shape are defined. Results on critical speed of ablation considerably differ from the estimated values received on a formula Todes O.M. Therefore, for increase in accuracy of determination of critical speed of ablation of a three-phase fluidized layer the correlation considering a factor of the form and sailing of bodies of irregular shape is entered into a well-known criteria formula. The error of the received formula does not exceed $\pm 5\%$.

Keywords: thin skin, the equivalent diameter, lift-off force, critical speed, ablation, three-phase fluidized layer.

Поиски путей интенсификации технологических процессов привели к широкому развитию исследований в области гидромеханики, тепло- и массообмена в трехфазном псевдоожигенном слое. В настоящее время аппараты с трехфазным псевдоожигенным слоем широко применяются в химической, нефтехимической промышленности, в производстве минеральных удобрений, в цветной металлургии, извлечении редких и радиоактивных элементов, в энергетике и т.д. [1,2]. Самое широкое распространение получило трехфазное псевдоожигение при организации химических процессов, в которых (наряду с газообразными и жидкими компонентами) участвует и твердая фаза.

В последнее время большое внимание уделяется переработке сельскохозяйственного сырья с целью получения разнообразных пищевых продуктов. Реализация новых безотходных и

энергетически эффективных технологий, основанных на высокоинтенсивных процессах и аппаратах, является актуальной проблемой.

Один из наиболее перспективных видов переработки сельскохозяйственных растений – получение пищевых концентратов овощей, корне- и клубнеплодов, пользующихся широким спросом у населения.

Однако, несмотря на большое число технологий переработки корне- и клубнеплодов, вопрос полной очистки и последующего разделение кожицы от очищенной мякоти остается не решенным, до полного завершения поскольку все существующие технологии энергоемки, длительны во времени, приводят к большим потерям сырья, расходу огромного количества воды.

Разработанная авторами данной работы эффективная технология переработки корне- и клубнеплодов с целью получения пищевых порошков включает в себя следующие технологические процессы [3,4]: очистку методом мгновенного сброса давления, разделение смеси и мойка очищенной мякоти в трехфазном псевдооживленном слое, получение пюре методом мгновенного сброса давления, сушка полученного пюре и измельчение окомкованных кусков с одновременным охлаждением частиц и классификацией на фракции.

Теоретический анализ и литературный обзор в области очистки корне- и клубнеплодов показал, что во всех известных технологиях переработки вышеназванных объектов присутствуют процессы разделения кожицы от мякоти и мойки сырья [5].

Структура потоков в аппаратах непрерывного действия существенно влияет на процессы химического превращения, тепломассообмен, гидромеханические процессы и т.д. [6]. Анализ состояния вопроса разделения твердых неоднородных систем свидетельствует о том что наиболее эффективным является использование трехфазного псевдооживления слоя тел неправильной формы.

Скобло А.И. и Фридланд М.И. изменяя живое сечение решетки с 0,02 до 0,06, добились некоторого улучшения равномерности распределения, что позволило в 3 раза уменьшить унос частиц при прочих равных условиях [1].

Аппараты с трёхфазным псевдооживленным слоем (турбулентно-контактный абсорбер, ТСА - Turbulent Contact Absorber, абсорбер с псевдооживленной насадкой, аппарат с подвижной насадкой) применяются в промышленности для абсорбции газов [7]. Основные их достоинства: большая пропускная способность по газовой и жидкой фазе. Благодаря размещению на тарелке абсорбера подвижной насадки обеспечивается интенсивная турбулизация и перемешивание потоков. Следствием являются высокие значения кинетических коэффициентов массообмена, а также увеличение поверхности контакта фаз.

Унос из псевдооживленного слоя в большинстве случаев (но не всегда) представляет собой отрицательное явление. К максимальному уносу мелочи из слоя стремятся при использовании псевдооживленного слоя при очистке твердой неоднородной системы от мелочи.

Унос частиц значительно снижается, если сопротивление слоя велико при диффузии мелкой фракции к поверхности. В исследованиях М.Лева снижение скорости истечения с 0,4 до 0,33 м/с привело к росту мелкой фракции с 1,6 до 5% [2]. Следовательно, при низких скоростях малых относительных расширениях псевдооживленный слой может служить фильтром.

Унос твердых частиц из кипящего слоя зависит от многих факторов: размера и формы частиц; гранулометрического состава; порозности слоя; высоты кипящего слоя; интенсивности барботажа газовых пузырей; конструкции аппарата и т.д. [1,2,9].

Скорость витания равновеликих (т.е. одинакового объема и веса несферических частиц) меньше, чем сферических частиц и зависит, в основном, от их формы [9]. Скорость витания для тел неправильной формы определяется с использованием поправочных коэффициентов (например, эмпирически определяемых параметров фактора формы Φ).

В проведенных исследованиях авторам данной работы удалось полностью очистить корнеплоды, причем, получены целая, сырая мякоть и кусочки кожицы в виде тонкой пленки [3,4]. Однако, при очистке методом мгновенного сброса давления очищенная мякоть и кожица с паровоздушной смесью вместе выбрасывается из аппарата одновременно, в результате чего некоторая часть кусочков содранной кожицы налипает обратно на мякоть и образуют довольно-таки прочную связь.

На рис.1 приведены результаты экспериментальных исследований по размера налипших кусочков кожицы на силу отрыва F для различных корне- и клубнеплодов. Интенсивность прилипания частиц к твердым поверхностям можно оценивать по силе прилипания. Анализ результатов исследований, представленных в виде функции $F=f(d_{\text{экв.}})$ показывает восходящий характер зависимости силы отрыва от поверхности кусочков кожицы. Как видно из графика, наибольшее усилие для отрыва кожицы от мякоти требуется для топинамбура, а наименьшее – для моркови.

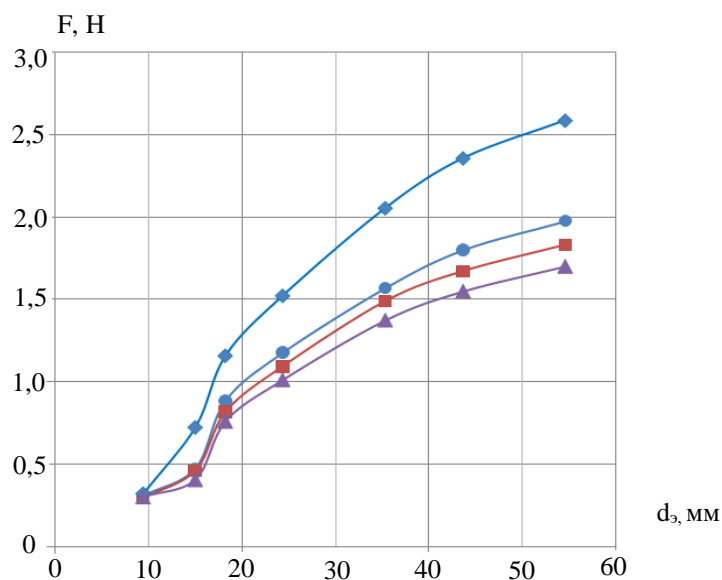


Рис. 1. Зависимость силы отрыва F кожицы от эквивалентного диаметра $d_{\text{экв.}}$ кусочков кожицы в трехфазном псевдооживленном слое.

▲ – морковь; ■ – красная свекла; ● – картофель; ◆ – топинамбур.

Значительное влияние поверхности налипания на силу отрыва видно на примере смывания кожицы топинамбура. Так, в трехфазном псевдооживленном слое для отрыва кожицы размером 2,5x4,5 мм от мякоти требуется усилие в $F=0,32$ Н, для кусочка размером 20x25 мм необходимое усилие $F=1,52$ Н, а для кожицы размером 50x50 мм – соответственно $F=2,59$ Н.

Использование классических методов для отделения налипшей кожицы от мякоти не дали положительных результатов, в частности, это имеет место и для двухфазное псевдооживления. Поэтому в целях повышения эффективности процесса предложено использовать трехфазное псевдооживление с осциллирующей скоростью газожидкостного потока.

Для оптимального ведения процесса разделения твердых неоднородных систем, в частности, смеси кожицы и мякоти, в трехфазном псевдооживленном слое, важно знать скорости начала псевдооживления и уноса материалов. В особенности это касается тел неправильной формы при незначительных толщинах оживаемых материалов, тем более, что подобные материалы меняют ориентацию относительно направления потока в зависимости от скорости потока.

Поэтому, для изучения процесса уноса твердых частиц из неоднородной смеси «твердое тело-твердое тело» проведены экспериментальные исследования с очищенным по методу мгновенного сброса давления топинамбуром при изменении эквивалентного диаметра кожицы $d_3=1-8$ мм, скорости потока $w=20-300$ мм/с, соотношении $\Gamma:Ж=(0,15-0,25):1$. Исследования проведены как при двухфазном, так и при трехфазном псевдооживленном слоях. Для расчета скорости уноса твердых тел из псевдооживленного слоя использована формула проф.Тодеса О.М. [1,8,9].

На рис. 2 представлена зависимость критерия Архимеда Ar от числа Рейнольдса Re в виде функциональной зависимости $Ar=f(Re)$ на различных распределительных решетках в двух и трехфазных системах. Как видно из рисунка, данная зависимость имеет плавно восходящий вид. Верхняя линия соответствует расчетным данным, полученным по формуле проф.Тодеса О.М. для скорости уноса твердых частиц [8,9]. В пределах изменения числа Архимеда Ar от $4 \cdot 10^3$ до $1,64 \cdot 10^6$ число Рейнольдса Re возрастает с 70,7 до 2033,2.

Опыты по выявлению влияния диаметра тел неправильной формы выраженные через критерий Архимеда Ar на скорость уноса, выраженные через критерий Рейнольдса Re , показали, что на ситчатой решетке с круглыми отверстиями при увеличении числа Ar от $4 \cdot 10^3$ до $1,64 \cdot 10^6$ Re возрастает с 57,6 до 1732,5.

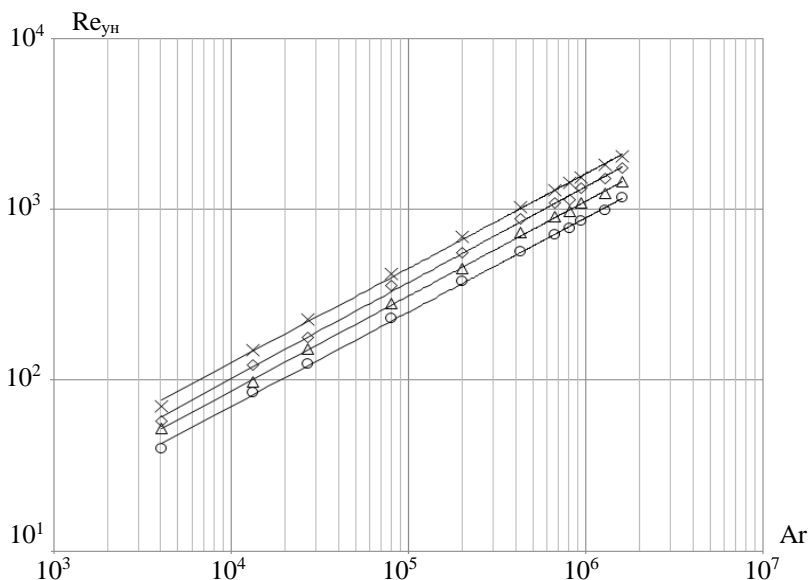


Рис.2. Зависимость скорости уноса $Re_{ун}$ тел неправильной формы от критерия Архимеда Ar при оживлении на различных решетках.

\times - по формуле (1); \diamond - ситчатая при 2-х фазном оживлении; Δ - секционированная при 2-х фазном оживлении; \circ - секционированная при 3-х фазном оживлении.

Аналогичные опыты на секционированной решетке при двухфазном псевдооживлении дали схожую зависимость, разница только в численных значениях числа Re . Например, при росте числа Ar от $4 \cdot 10^3$ до $1,64 \cdot 10^6$ значение Re повышается с 52,4 до 1446,3.

Опыты по влиянию размера оживаемых частиц на скорость начала псевдооживления в трехфазной системе, т.е. при вводе газовой фазы в двухфазный псевдооживленный слой, показали неизменность общей закономерности. Однако, численные значения скорости уноса несколько снизились. Так, при $Ar= 4 \cdot 10^3$ значение числа Рейнольдса равно $Re=39,8$, при $Ar= 2,0 \cdot 10^5$ величина числа $Re=378,5$ и при $Ar= 1,64 \cdot 10^6$ - соответственно $Re=1167,9$.

Обобщением экспериментальных данных по скорости уноса кожицы из неоднородной смеси “мякоть-кожица” при трехфазном псевдоожигении получена следующая формула для расчета $Re_{ун}$:

$$Re_{ун} = \frac{Ar}{18 + 1,177\sqrt{Ar}}. \quad (1)$$

Погрешность формулы (1) для расчета скорости уноса тел неправильной формы в виде кусочков кожицы корне- и клубнеплодов в трехфазном псевдоожигенном слое не превышает $\pm 5\%$.

Сравнение данных по скорости уноса в двухфазных и трехфазных системах показали снижение численных значений $Re_{ун}$ в 1,17-1,32. Некоторое снижение скорости уноса объясняется эффективным воздействием плоских струй с переменными скоростями, создающим осциллирующий режим истечения газожидкостного потока и аэродинамическими свойствами кожиц корне- и клубнеплодов в виде бесконечно тонкой пластины.

Исследованиями установлено, что при расчетах критических скоростей тел неправильной формы необходимо учитывать коэффициент парусности и фактор формы, что позволит повысить точность расчета скорости начала псевдоожигения и уноса, а также определить пределы устойчивого существования трехфазного псевдоожигенного слоя.

Список литературы:

1. A.I.Skoblo, YU.K.Molokanov, A.I.Vladimirov, V.A.SCH'elkunov, “*Processy i apparaty neftegazopererabotki i neftehimii*” [Processes and devices of oil and gas processing and petrochemistry], Moskva: Nedra, 2000. - 677 p. (in Russian)
2. M.Leva. Fluidization. - New York, 1959. - 573 p.
3. A.SH. Abdullaev, S.SH.Abdullaeva, S.K.Nigmadjanov, “Ob odnoy osobennosti ochistki korneplodov pri ih ochistke metodom mgnovennogo sbrosa davleniya” [About one feature of cleaning root crops during their cleaning by the method of instant pressure relief], *Pish'evaya tehnologiya i servis*, no. 6, pp. 50-52, 2010. (in Russian)
4. S.SH.Abdullaeva, A.U.Bekbaeva, A.SH.Abdullaev, “K voprosu polnoy ochistki topinambura” [To the question of complete cleaning of Jerusalem artichoke] *Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ya*, no. 3, pp. 11-12, 2012. (in Russian)
5. A.R.Sapronov, “*Tehnologiya sahnogo proizvodstva*” [Technology of sugar production], Moskva: Kolos, 1999, 495 p. (in Russian).
6. V.F.Bekker, “*Upravlenie strukturoy potokov v apparatah himicheskoy tehnologii*” [Control of the flow pattern in devices of chemical technology], PermGTU, Perm', 2010, 208 p. (in Russian)
7. <http://www.dissercat.com/content/gidrodinamika-i-teploobmen-v-absorbere-s-trekhfaznym-psevdoozhizhennym-sloem#ixzz3rF6WIBHC> <<http://www.dissercat.com/content/gidrodinamika-i-teploobmen-v-absorbere-s-trekhfaznym-psevdoozhizhennym-sloem>>.
8. N.R.Yusupbekov, H.S.Nurmuhamedov, S.G.Zokirov, “*Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari*” [Basic processes and devices of Chemical Technology], Toshkent: Fan va texnologiyalar, 2015, 848 p. (in Uzbekistan)
9. V.G.Aynshyteyna, “*Obsch'iy kurs processov i apparatov himicheskoy tehnologii*” [General course of processes and devices of chemical technology], Pod red., Moskva: Logos, 2000, vol. 1-2, 1784 p. (in Russian)

Абдуллаев Алишер Шоназарович – кандидат технических наук, доцент
кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» ТХТИ
Тел.: +998903289058 (м.), E-mail: alishon73@mail.ru;

Темиров Одил Шукурович – директор “Шуртанского газохимического комплекса”, Тел.: +03712682711;
Нурмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» ТХТИ, Тел.: +03712682711.