



УДК 532.5.072.12

SIMULATION OF THE STRUCTURE OF GAS-LIQUID FLOWS IN THE APPLICATION OF THE WATER-AIR MODEL FOR RESEARCH OF THE STEAM-WATER SYSTEM

Mirzakhmadov Bakhodir Nosirjon oghli¹, Khudaikulov Sovet Ishankulovich²

¹Doctoral Student at the Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

²Ph.D. prof., YEOJU. Tashkent Technical Institute

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ПОТОКОВ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОВОЗДУШНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРОВОДОЯНОЙ СИСТЕМЫ

Мирзахмадов Баходир Носиржон ўғли

докторант в Ташкент архитектурный-строительный институт

Худайкулов Совет Ишанкулович

д.т.н. проф., YEOJU. Технический институт Ташкент,

ANNOTATION

The joint motion of gas and liquid forming a gas-liquid system is considered. The forms of joint motion of gas and liquid are investigated as the motion of two continuous ones interacting along the interface of flows before the movement of the foam flow, in which both phases form a complex, thin and unstable structure. Forces arise on the interfaces, which, even in an isothermal flow, have a significant effect on the fields of flow characteristics. Simulation of the similarity of gas-liquid flows in theoretical terms is presented. Complexes and linear scales of gravitational-viscous interaction of falling films of a viscous liquid caused by molecular viscosity have been obtained.

KEY WORDS: two-phase system, dispersed flow, water-supply model, models, steam content in the water volume.

Аннотация. Рассматриваются совместные движения газа и жидкости образующие газожидкостную систему. Исследуются формы совместного движения газа и жидкости как движения двух сплошных, взаимодействующих по поверхности раздела потоков до движения потока пены, в котором обе фазы образуют сложную, тонкую и неустойчивую структуру. На поверхностях раздела фаз возникают силы, которые даже при изотермическом течении существенно сказываются на полях характеристик потоков. Приводится моделирование подобия газожидкостных потоков в теоретическом плане. Получены комплексы и линейные масштабы гравитационно-вязкого взаимодействия стекающих пленок вязкой жидкости вызываемой молекулярной вязкостью.

Annotatsiya. Gaz-suyuqlik tizimini tashkil etuvchi gaz va suyuqlikning birgalikdagi harakati ko'rib chiqiladi. Gaz va suyuqlikning birgalikdagi harakati shakllari ko'pik oqimi harakatidan oldin oqimlar interfeysi bo'ylab o'zaro ta'sir qiluvchi ikkita uzluksiz harakat sifatida tekshiriladi, bunda ikkala faza ham



murakkab, nozik va beqaror tuzilishni hosil qiladi. Interfeyslarda kuchlar paydo bo'ladi, ular hatto izotermik oqimda ham oqim xususiyatlarining sohalariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Nazariy jihatdan gaz-suyuqlik oqimlarining o'xshashligini simulyatsiya qilish keltirilgan. Molekulyar qovushqoqlikdan kelib chiqqan yopishqoq suyuqlikning tushayotgan plyonkalarining gravitatsion-qovushqoq o'zaro ta'sirining komplekslari va chiziqli shkalalari olingan.

Ключевые слова: *двух фазная система, дисперсное течение, водовоздушная модель, модели, паросодержания в водяном объеме.*

Калит so'zlar: *ikki fazali tizim, dispers oqim, suv ta'minoti modeli, modellar, suv hajmidagi bug' miqdori.*

Постановка вопроса. Исследованиями многих экспериментов, известно, что при совместном движении газа и жидкости образуется газожидкостная система. Формы совместного движения газа и жидкости чрезвычайно многообразны: от движения двух сплошных потоков, взаимодействующих по поверхности раздела, до движения потока пены, в котором обе фазы образуют сложную, тонкую и неустойчивую структуру.

Газожидкостные системы характерны для многих явлений природы и технологических процессов. Они отличаются от систем жидкость - твердые частицы тем, что форма внутренних границ раздела фаз для них не задана. На поверхностях раздела фаз возникают силы, которые даже при изотермическом течении существенно сказываются на полях характеристик потоков. Надежные теоретические методы для описания таких полей в общем случае отсутствуют. Поэтому физическому моделированию двухфазных потоков уделяется особое внимание. Однако вследствие многофакторности явлений газожидкостных течений точное физическое моделирование достижимо только в частных случаях, а методы приближенного подобия газожидкостных потоков разработаны недостаточно.

Если и качестве основных величин, характеризующих газожидкостную систему при отсутствии термодинамических эффектов, приняты геометрические размеры l , плотность жидкости ρ и газа ρ_g , динамическая вязкость фаз μ , μ_g коэффициент поверхностного натяжения на границе раздела фаз σ , приведенные скорости фаз (отношение объёмного

расхода фазы к полной площади живого сечения двухфазного потока) \tilde{U} и \tilde{V} ,

ускорение свободного падения g , то определяющими критериями подобия могут быть, симплексы $\frac{\rho_z}{\rho}$, $\frac{\mu_z}{\mu}$, $\frac{\tilde{V}}{\tilde{U}}$, $\frac{l}{l_0}$

и комплексы, в которые входят характеристики одной из фаз и величины, определяющие

межфазовое взаимодействие: $\frac{\tilde{U}_0 l_0}{\nu}$

, $\frac{\tilde{U}_0^2}{gl_0}$, $\frac{\rho \tilde{U}_0^2}{\sigma}$. Имея в виду, что эти

комплексы представляют собой критерии Fr , Re и We легко

установить, что моделирование газожидкостного потока при

геометрических масштабах, отличных от единицы, весьма затруднено.

Трудности моделирования еще более возрастают, когда по техническим соображениям приходится

использовать на модели жидкости и

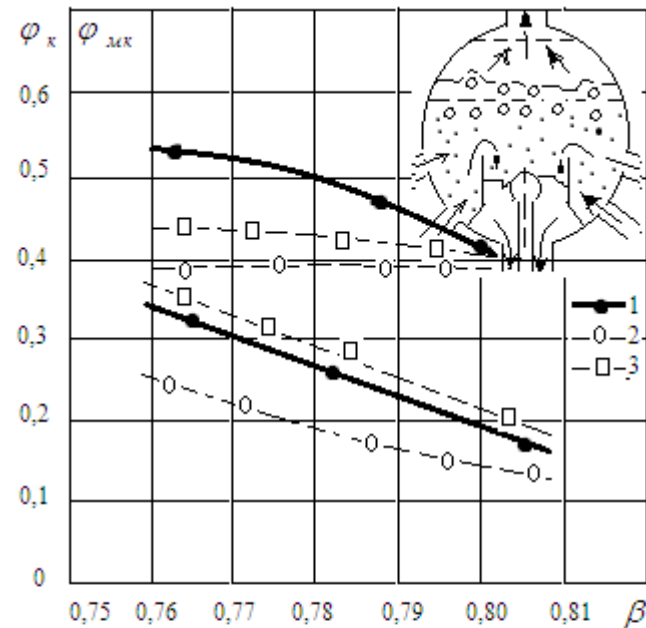


Рис.1. Объемное газосодержание φ_k в коробах и в межкоробовом пространстве φ_{mk} горизонтального сепаратора в зависимости от объемного расхода газосодержания β при исследовании на пароводяной и воздушно-водяной установках:

- 1- пароводяная модель, $P=7 \text{ МПа}$, $D=2300 \text{ мм}$
- 2 - воздушно-водяная модель, $D = 2200 \text{ мм}$, $M_V = 1$;
- 3 — то же, $M_V = 0,9$

газы, существенно отличающиеся от таковых в натуре, например, использовать вместо воды и ее пара при высоких параметрах воду и воздух при нормальных температуре и давлении.

В частных задачах иногда полезно использовать комбинации указанных критериев при условии, что доказана автомодельность по другим. Так, критерий Архимеда записывается в форме:

$$\frac{gl_0^2}{\nu_z^2} \left(1 - \frac{\rho_z}{\rho}\right) = \left(\frac{\tilde{U}_0 l_0}{\nu_z}\right) \frac{gl_0}{\tilde{U}_0^2} \left(1 - \frac{\rho_z}{\rho}\right) \quad (1)$$

Этот критерий характеризует соотношение подъемной (архимедовой) силы, действующей на данный элемент потока под влиянием разности плотностей фаз, и силы сопротивления, вызываемой молекулярной вязкостью.

Комплекс

$$\frac{\rho_2 \tilde{V}_0^2 g l_0^2}{g(\rho - \rho_2) l_0} = \frac{\tilde{V}_0^2}{g l_0} \frac{1}{\frac{\rho}{\rho_2} - 1} \quad (2)$$

может рассматриваться как соотношение подъемной силы и силы инерции.

При составлении критериев подобия газожидкостных систем бывает удобно использовать так называемые внутренние линейные масштабы - комплексы, имеющие линейную размерность и включающие только свойства фаз [1,3,5]. Масштабом линейного размера свободно возникающих пузырей, капель, пленок может служить постоянная Лапласа:

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho - \rho_2)}}$$

При подстановке этой величины в (2) получается критерий вида

$$\frac{\rho_2 \tilde{V}_0^2}{\sqrt{g\sigma(\rho - \rho_2)}}$$

названный С.С. Кутателадзе критерием устойчивости режимов движения и характеризующий деформации поверхности раздела под воздействием динамического напора, архимедовой силы и поверхностного натяжения.

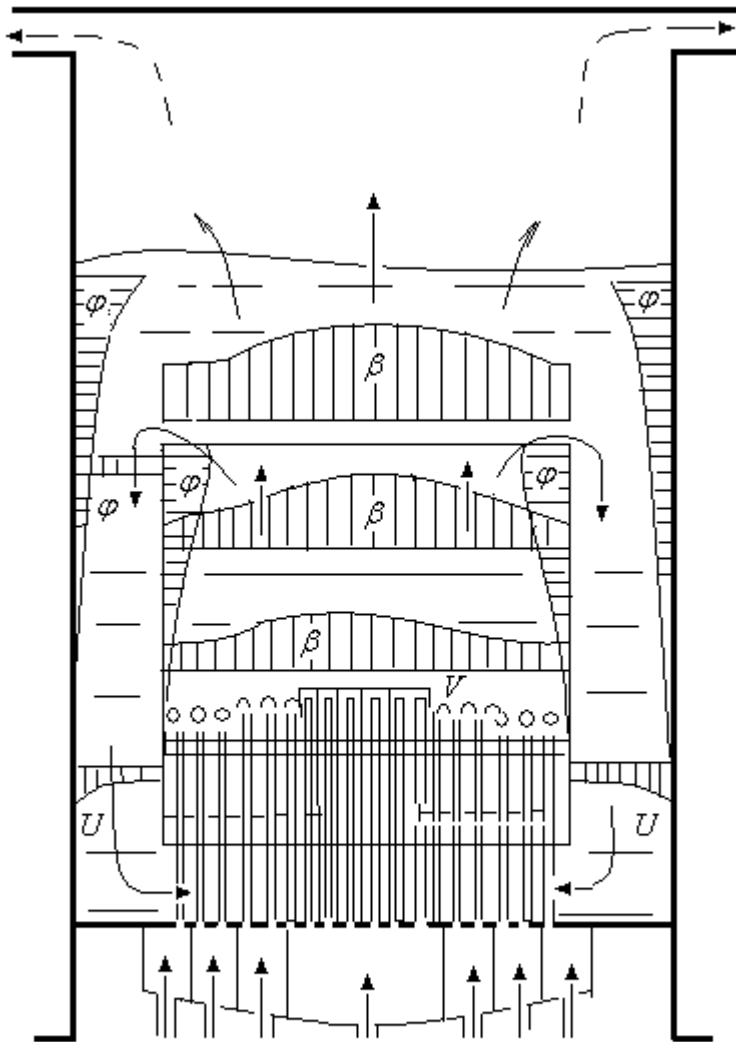


Рис.2. Газосодержание в контуре естественной циркуляции корпусного реактора по данным воздушно-водяной установки.

Гравитационно-вязкому взаимодействию для свободно стекающих пленок вязкой жидкости можно приписать линейный масштаб

$$\delta_v = \left[\frac{v^2}{g \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho} \right)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Формулировка условий подобия существенно облегчается в тех случаях, когда внутренние межфазовые границы определены независимо, например, по экспериментальным данным.

Частным случаем здесь являются пузырьковые (или капельные) двухфазные потоки при установившихся размерах пузырей (капель). Важной характеристикой при этом служит гидравлическая крупность (скорость витания) да. Как известно, эта величина является комбинацией критериев Вебера, Архимеда и Рейнольдса. При малом вкладе сил инерции в качестве основного условия подобия можно так же, как для систем жидкости — твердые частицы, в данном случае принять следующее:

$$\frac{U_0}{\omega} = idem (3)$$

Приемлемость этого условия демонстрируется, в частности, и [3,4] применительно к установлению газосодержания в областях рециркуляции в вальце воздуха, захваченного падающей струей, и транспорта его по напорному водоводу. При этом для системы вода - воздух при нормальных условиях рекомендуется принимать $w = 0,25 \frac{M}{c}$. В тех случаях, когда имеется возможность отступить от правила Фруда, условие (52) можно выполнить за счет назначения масштаба U равным масштабу гидравлической крупности.

Условие (3) использовано нами в исследованиях газожидкостных потоков в элементах ядерных перепроизводящих установок на водовоздушных моделях.

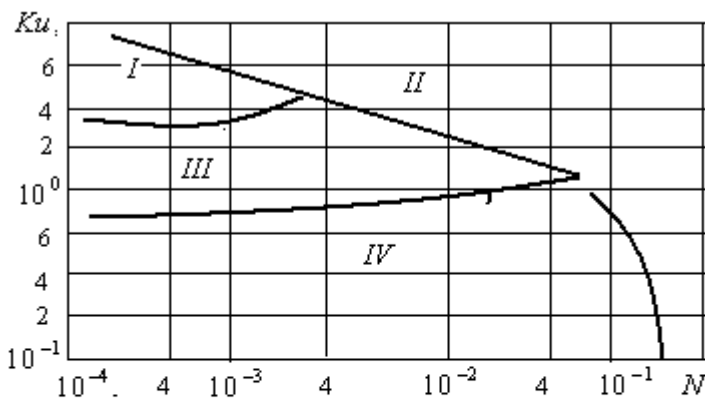


Рис.3. Карта режимов течения газожидкостных потоков в вертикальных трубах. I - устойчивое пленочное течение; II - неустойчивое пленочное течение на стенке и эмульсионное - в центре трубы; III - пенообразное течение; IV - пузырьково-снарядное течение.

Одной из задач исследований была оценка распределения паросодержания в водяном объеме горизонтального сепаратора пара [2,5]. По литературным данным было принято, что средняя гидравлическая крупность пузырей пара в нем в натуре $P = 7 \text{ МПа}, T = 270^\circ \text{ C}$ составляет примерно 0,3 м/с, а для модели (техническая вода и атмосферный воздух при нормальных температуре и давлении) - 0,25 м/с, т. е. $M_w \approx 1$. На рис. 6.8 представлено распределение



истинного объемного газосодержания в водяном объеме на модели в зависимости от масштаба скорости M_U . Здесь же приведены сведения о распределении паросодержания, полученные на специальном стенде, воспроизводящем секцию сепаратора пара в натуральных размерах. Как следует из графика, достаточно точное соответствие результатов получено при $M_U \approx M_w$. Использование водовоздушной модели вместо пароводяной позволило существенно упростить проведение исследования, получить большой объем информации и выбрать оптимальные инженерные решения [3,5].

Применения водовоздушной модели для исследования пароводяной системы является изучение закономерностей естественной циркуляции в корпусном водоводяном реакторе. Исследование, выполненное с использованием соотношения (3), позволило определить тяговые характеристики контура при существенно пространственном течении, условия захвата пара в опускные каналы, рекомендовать инженерные решения, повышающие качества контура естественной циркуляции. Основные закономерности течений, полученные на модели, подтвердились опытом эксплуатации корпусного кипящего реактора. Некоторые результаты исследования представлены на рис. 2.

Существенная часть инженерных задач в энергетике связана с газожидкостными течениями в трубах. Многие практически важные характеристики при этом связаны с тем, какой режим течения (расслоенный, пузырьковый, снарядный, кольцевой, дисперсный и. т. д.) реализуется в рассматриваемом случае.

Поэтому при моделировании течений в трубах, прежде всего важно воспроизвести реальные режимы. Для установления областей существования тех или иных режимов в динамике двухфазных систем используются так называемые карты режимов течения, на которых отмечены границы названных областей в зависимости от двух безразмерных комплексов. Применении такой карты является рис.3. на котором отмечены области режимов вертикального газожидкостного течения в цилиндрических трубах диаметром D в координатах Ku и N :



$$Ku = \frac{\rho_2 V_0}{\sqrt{g \sigma (\rho - \rho_2)}} - \text{критерий Кутателадзе};$$

$$N = \frac{V_0 D \sqrt{g} (\rho - \rho_2)}{4 \sqrt[3]{\sigma^4}} \left[\frac{\sigma}{g (\rho - \rho_2) D^2} \right]^{1,25} \left\{ 1 + \frac{31}{\left\{ \frac{1}{\rho} \left[\frac{\sigma}{g (\rho - \rho_2)} \right]^{\frac{3}{2}} \right\}^{0,55}} \right\}$$

Вывод: Указанные комплексы надежно определяют существование режимов течения, то они могут быть приняты и качестве критериев подобия.

Список использованной литературы

1. Кутателадзе С.С. Анализ подобия в теплофизике. Новосибирск: Наука, Сиб. Отд-ние. 1982.
2. Пудовский А.М., Гильденблат М.Я., Кузнецов А.В. Пути усовершенствования горизонтальных барабанов – сепараторов. - Тр. Гидропроекта, 1978, вып. 57.
3. Ervine G.S., Sakhuja V.S., Paul T.S. Modelling criteria for vortex formation at pipe intakes. - Proc. 19 IAHR Congr. New-Delhi, 1981, v. 5.
4. Худайкулов С.И., Жовлиев Ў.Т., Усмонова Н.А. Схемы кавитационных течений многофазной жидкости. Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Фаргона политехника институти «Замонавий бино – иншоотларни ва уларнинг конструкциялари ни лойиҳалаш, барпо этиши, реконструкция ва модернизация қилишининг долзарб муаммолари» Республика онлайн илмий – амалий конференция материаллари тўплами. 21 – 22 апрель. 2021. Фаргона – 277-280.
5. Худайкулов С.И., Мирзахмадов Б.Н. SCIENTIFIC-METHODICAL JOURNAL OF “SCIENTIFIC PROGRESS” “The 21st Century Skills for Professional Activity” Proceeding of the 7th International Scientific-Practical Distance Conference. 2021, JULY 15. ISSN: 2181-1601 95-97с.