

**A.A. Genbach<sup>1</sup>, K.K. Skokolakov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>DSc, Professor of the Higher Attestation Commission, Faculty of Heat & Power Units,  
Almaty University of Energy and Communications;

<sup>2</sup>Post-doctoral student of Almaty University of Energy and Communications, specialty  
"Heat & Power Engineering", faculty of Heat & Power Units, Design Electrical Engineer  
of the Joint Stock Company "Kazakh Institute of Oil and Gas"  
[kudash@bk.ru](mailto:kudash@bk.ru)

## DEVELOPMENT OF NOZZLE-FREE CAPILLARY POROUS DUST-AND-GAS COLLECTORS WITH FOAM GENERATING AND DEFOAMING STRUCTURES

**Abstract.** The nozzle-free foam generators of air mechanical foam were designed along with its case, inlet and outlet nozzles, a set of grids and sprayer. They help to conduct foam generation processes with high effectiveness under low hydro-and-gas dynamic resistance. For further enhancement of the combined processes of gas mechanical foam and collecting micro-and-ultramicroscopic dust, a dust collector along with its case, inlet and outlet nozzles, a set of grids and sprayer was proposed, which is equipped with defoaming grid porous structure, whereas foam generating and defoaming structures are installed into in case consequently as per the dusty gas movement and sludge collector. Besides, each subsequent grid of foam generating porous structure is made with the increased size of cells following the cleanable gas; e.g. made of metal cells for clearance 0,08\*0,14\*1, and defoaming made of grids with decreasing size of cells following the cleanable gas, e.g made of metal cells for clearance 0,4\*0,14\*0,08.

**Key words:** dust-and-gas collector, capillary porous structures, porous foam generator, foam generation, heat-mass exchange, vapor bubble.

УДК 697 (075,8)

**A.A. Генбач<sup>1</sup>, К.К. Шоколаков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор ВАК, кафедра «Тепловые энергетические установки»,  
Алматинский университет энергетики и связи;

<sup>2</sup>докторант Алматинского университета энергетики и связи, специальность «Теплоэнергетика», кафедра  
«Тепловые энергетические установки», инженер-проектировщик АО «Казахский институт нефти и газа»

## РАЗРАБОТКА БЕЗФОРСУНОЧНЫХ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ПЫЛЕГАЗОУЛОВИТЕЛЕЙ С ПЕНОГЕНЕРИРУЮЩИМИ И ПЕНОГАСЯЩИМИ СТРУКТУРАМИ

**Аннотация.** Разработаны безфорсуночные пеногенераторы воздушно-механической пены, содержащий корпус, входной и выходной патрубки, пакет сеток, распылитель. Они позволяют проводить процессы генерации пены с высокой эффективностью при малых гидро- и газодинамических сопротивлениях. Для дальнейшей интенсификации совместных процессов генерации газомеханической пены и улавливания микро- и ультрамикроскопической пыли предложен пылеуловитель, содержащий корпус, входной и выходной патрубки, пакет сеток, распылитель, который снабжен пеногасящей сетчатой пористой структурой, причем пеногенерирующая и пеногасящая структуры установлены в корпусе последовательно по ходу движения запыленного газа, и шламособорником. Кроме того, каждая последующая сетка пеногенери-

рующей сетчатой пористой структуры выполнена с увеличивающимся размером ячеек по ходу движения очищаемого газа, например, из металлических с размером ячеек на просвет:  $0,08*0,14*1$ , а пеногасящая – из сеток с уменьшающимся размером ячеек по ходу движения очищаемого газа, например, из металлических с размером ячеек на просвет:  $0,4*0,14*0,08$ .

**Ключевые слова:** пылегазоуловитель, капиллярно-пористые структуры, пористый пеногенератор, пеногенерация, теплообмен, паровой пузырь.

Исследование процессов теплообмена кипением чистых жидкостей в капиллярно-пористых структурах выявило поведение внутренних (термогидравлических) характеристик (зарождение паровой фазы, плотность центров генерации, выброс капель из структуры, отрывной диаметр и частота отрыва пузырей, скорость роста пузырей [1-5]). Были разработаны различные пористые системы применительно к тепловым энергетическим установкам [6] и с целью их расчета обработаны экспериментальные данные с точностью  $\pm 20\%$  в виде критериального уравнения для барботажа, вдува, отсоса, псевдооживления, пеногенерации [7] и сконструированы высокоэффективные безфорсуночные капиллярно-пористые пылегазоуловители с пеногасящими и пеногенерирующими структурами [8-13].

Рассмотрим характерный аппарат из нового класса безфорсуночных пылегазоуловителей. Изобретение авторов «Пылеуловитель» [а.с.№1456608, МКИ E21F 5/04, 1989] относится к различным областям народного хозяйства для высокоэффективной очистки газа (воздуха) от микро- и ультрамикроскопической пыли (фракций размером менее  $5*10^{-6}$  м и  $0,25*10^{-6}$  м соответственно), например, при сжигании топлива, переработке и транспортировке пылящих материалов, при удалении вентиляционных выбросов.

Известен пенный аппарат для улавливания газов и аэрозолей [а.с.№309717, кл.В. OId 47/04, 1971], содержащий патрубки ввода и удаления газа, корпус, волокнистую насадку, расположенную в корпусе, прокладку-перегородку, каплеотбойник.

Недостатком устройства является низкая эффективность улавливания микро- и ультрамикроскопической пыли, определяемая размерами пор насадки, что в свою очередь создает высокую материалоемкость, большие гидравлические сопротивления по движению жидкости и газодинамические сопротивления при прокачке газа (воздуха).

Небольшая продолжительность работы между регенерациями за счет забивания пор волокнистой насадки является серьезной проблемой. Пена образуется вне пористого тела и набрасывается на его поверхность. Это снижает эффективность улавливания пыли и интенсивность процессов массопереноса, что приводит к росту материалоемкости, габаритов и массы аппарата.

Поток газа, проходя через волокнистую насадку, преодолевает большое газодинамическое сопротивление. Это связано с перерасходом энергии на его прокачку. Продолжительность работы между регенерациями такого аппарата будет невысокой, поскольку поры в волокнах начнут забиваться пылинками. Все это усложняет эксплуатацию аппарата и уменьшает его надежность.

В предлагаемых капиллярно-пористых структурах безфорсуночного пылегазоуловителя [8-13] высокую эффективность улавливания микро- и ультрамикроскопической пыли можно объяснить диффузионным механизмом осаждения пыли в пенном потоке в объеме и на поверхности структуры, когда пылинки испытывают непрерывное воздействие молекул газа, находящегося в броуновском движении, причем подвижность частиц будет увеличена путем термофореза, возникающего за счет разности температур между скелетом пористой структуры, пенного потока и частицами пыли, и за счет диффузиофореза, вызванного градиентом концентрации компонентов пенного потока, усиленным процессами испарения пенообразующего раствора в объеме пористой структуры и частичной конденсаций пара пенного потока.

Высокая устойчивость и стабильность пленки жидкости в ячейках сетчатых структур обеспечивается равномерным подводом жидкости распылителя и позволяет в  $1,5\div 2$  раза уменьшить расход пенообразующего раствора при сохранении стойкости, дисперсности и высокочастотности пены, получаемой в пеногенерирующей структуре [8-13.]

Как показывают опыты [8,13] гидравлическое сопротивление сетчатых пористых структур по сравнению с волокнистой насадкой уменьшится в десятки раз, а газодинамическое – в несколько раз. За счет того, что предлагаемые пористые структуры имеют большие размеры ячеек по сравнению с порами волокнистой насадки, существенно увеличится период между регенерациями сеток, а значит, упрощается эксплуатация и повышается надежность работы пылеуловителя и срок службы.

Организовать устойчивый процесс в многофазном слое с помощью волокнистых и им подобным фильтрующим материалам (металлокерамические, спеченные порошки) не удастся, так как пузыри пены закупоривают поры насадки, прекращая поступление свежих порций пенообразующей жидкости к пузырегениерирующим порам при нагрузках в (2...2,5) раза меньших, чем для сетчатых структур.

Работает пылеуловитель следующим образом.

Загрязненный пылью поток вводится через патрубок подвода запыленного газа 1 в корпус пылеуловителя 2 (рис.1). Очистка газа от микроскопической пыли производится в пеногениерирующей пористой структуре 3 вида 0,08\*0,14\*1. Газомеханическая пена 10 выдувается газовым потоком из ячеек структуры, снабжаемой пенообразующим раствором 9, например, ПО-12, подаваемым из распылителя 4.

Пористая структура по сравнению с изотропной структурой позволяет существенно интенсифицировать массообменные процессы, протекающие в ее объеме и на поверхности за счет облегченного роста пузырей 8 от вершины конуса к его основанию, что повышает коагулирующую способность пены. Следовательно, интенсификация процессов приводит к росту эффективности улавливания микроскопической пыли за счет повышения коэффициента захвата пыли пеной в объеме структуры и на ее поверхности.

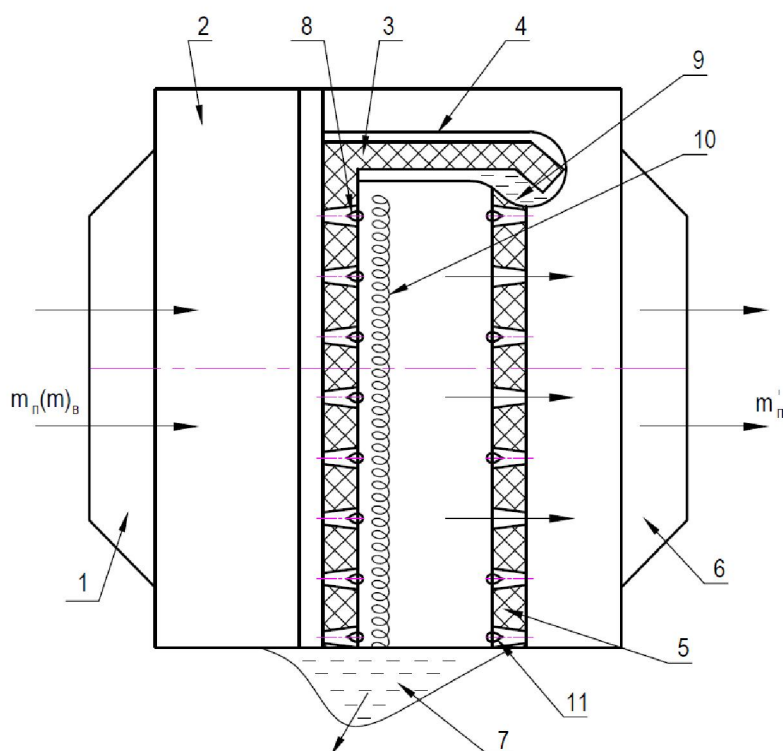


Рисунок 1 - Безфорсуночный капиллярно-пористый пылегазоуловитель с пеногениерирующими 3 и пеногасящими 5 структурами: 1 – входной патрубок; 2 – корпус пылеуловителя; 3 – пеногениерирующая пористая структура; 4 – распылитель; 5 – пеногасящая пористая структура; 6 – выходной патрубок; 7 – шламособорник; 8 – пузырь; 9 – пеногасящая пористая структура; 10 – газомеханическая пена; 11 – пузыри пены;  $m_n$ ,  $m_b$ ,  $m_n^1$  – расходы пены, воздуха (пара)

Газомеханическая пена 10 будет разрушаться от поверхности и в объеме пеногасящей пористой структуры 5 вида  $0,4*0,14*0,08$ . Пузыри пены 11 начнут интенсивно схлопываться в структуре за счет роста сопротивления от основания конуса структуры к его вершине. Микроскопическая пыль, содержащаяся в разрушаемой газомеханической пене, под действием гравитационных сил и сил давления, стекающего из распылителя по поверхности пористой структуры устремится в шламосборник 7.

Газ будет дополнительно очищаться от микроскопической пыли в пеногасящей структуре, где существенно интенсифицируется процесс разрушения газомеханической пены за счет того, что сетки набраны с уменьшающимся размером ячеек.

Это способствует повышению эффективности улавливания микроскопической пыли на ее поверхности и в объеме, за счет чего увеличивается коэффициент захвата пыли и коагулирующая способность разрушаемого пенного потока.

Газ, очищенный от микроскопической пыли, удаляется из аппарата через патрубок отвода очищенного газа 6.

Опыты показали [8,11], что по сравнению с фильтрующими материалами, такими как металлокерамика и спеченные порошки, расход пенообразующего раствора сокращается в (1,5...2) раза при сохранении стойкости, дисперсности и высокократности пены, гидравлическое сопротивление по транспорту пенообразующей жидкости уменьшается в (10...20) раз, газодинамическое сопротивление – в 1,8 раза, что уменьшает мощность насоса и вентилятора (дымососа), материалоемкость и габариты – в (2...2,5) раза, массу установки – в (3...4) раза.

Существенно повышается период между регенерациями и эффективность улавливания микроскопической пыли, которая может достигать значений (99,6...99,8)%, упрощаются условия эксплуатации, возрастает надежность пылеуловителя и срок его службы, что подтверждается актами треста «Алма-Атаинжстрой» и Алма-Атинской ТЭЦ-2.

Экономический эффект от внедрения предложенного пылеуловителя будет иметь место за счет сокращения расхода пенообразующего раствора в  $1,5\div 2$  раза, уменьшения гидравлического сопротивления по транспорту пенообразователя в  $(10\div 20)$  раз, газодинамического сопротивления по прокачке запыленного потока – в 1,8 раза, материалоемкости и габаритов – в  $2\div 2,5$  раза, массы установки в  $3\div 4$  раза. Также упростятся условия эксплуатации аппарата, повысится период работы между регенерациями, а значит, возрастет его надежность и срок службы, что снизит капитальные и эксплуатационные затраты.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] V.M. Polyayev, A.N. Genbach, A.A. Genbach. Methods of Monitoring Energy Processes // Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics. Avenue of the Americas. – New York, volum 10, april, 1995. – p.273-286.

[2] Поляев В.М., Генбач А.А. Плотность центров парообразования и выброс капель из пористой структуры // Известия вузов. Машиностроение. - 1990. №9. - С.50-55.

[3] Поляев В.М., Генбач А.А. Отрывной диаметр и частота отрыва паровых пузырей в пористых структурах // Вестник МГТУ, серия Машиностроение. - 1990. №1. - С.69-72.

[4] Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Визуализация процессов в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение. - 1991. 10-12. - С.75-80.

[5] Поляев В.М., Генбач А.А. Скорость роста паровых пузырей в пористых структурах // Известия вузов. Машиностроение. - 1990. №10. - С.56-61.

[6] Поляев В.М., Генбач А.А. Области применения пористой системы // Известия вузов. Энергетика. - 1991. - №12. - С.97-101.

[7] Polyayev, V.M., Genbach A.A., Heat Transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces, Thermal Engineering, 40 (1993), 7, pp. 551-554.

[8] Генбач А.А., Шоколаков К. Пористый пенный пылеуловитель. МОН РК, Международный научный журнал - приложение Республики Казахстан. – Поиск №2 /2011 С. 266-271.

[9] Генбач А.А., Кульбакина Н.В. Пылеподавление и пылеулавливание с проницаемой перегородкой // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. - №5. - 2011. - С. 85-87.

[10] Генбач А.А., Генбач Н.А. Пути получения требуемой информации при разработке капиллярно-пористых систем энергоустановок // Вестник АУЭС. - Алматы. - №2 (21). - 2013-С.12-18.

[11] Генбач А.А., Генбач Н.А. Исследование пеногенератора с обогреваемой поверхностью // Вестник АИЭС. - Алматы. - 2009. - №4. - С.24-27.

[12] Генбач А.А., Пионтковский М.С. Пористый пылегазоуловитель с управляемой геометрией микроканалов // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. - 2010. - №4. - С. 59-61.

[13] Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Процессы в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение. - 1991. - №4-6. - С.73-77.

**А.А. Генбач<sup>1</sup>, К.К. Шоколаков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Техникалық ғылымдар докторы, ВАК профессоры, «Жылу электр қондырғылары» кафедрасы,  
Алматы энергетика және байланыс университеті,

<sup>2</sup>Алматы энергетика және байланыс университетінің докторанты, мамандығы «Жылу энергетика», «Жылу электр қондырғылары» кафедрасы, «Қазақ мұнай және газ институты» АҚ-ның жобалаушы инженері

### **КӨБІК ӨНДІРЕТІН ЖӘНЕ КӨБІК СӨНДІРЕТІН ҚҰРЫЛЫМДАРМЕН БҮРКІГІШСІЗ КАПИЛЛЯРЛЫ-КЕУЕКТІ ТОЗАҢ-ГАЗ ТҮТҚЫШТАРДЫ ӨЗІРЛЕУ**

**Аннотация.** Корпус, кіру және шығу келте құбырлары, торшалар топтамасы, тозаңдатқыштан тұратын ауа-механикалық көбікке арналған бүркігішсіз көбік генераторлары әзірленді. Олар аз гидро және газдинамикалық қарсылықтарда жоғары тиімділікпен көбік өндіру процестерін жүргізуге мүмкіндік береді. Газ-механикалық көбікті өндіру мен микро және ультрамикроскопиялық тозаңды тұту бірлескен процестерін әрі қарай сәйкестендіру үшін көбік сөндіретін торкөзді кеуекті құрылыммен және қақ жинағышпен жабдықталған корпус, кіру және шығу келте құбырлары, торшалар топтамасы, тозаңдатқыштан тұратын тозаң тұтқыш ұсынылды, бұл ретте көбік өндіретін және көбік сөндіретін құрылымдар корпусқа тозаңдатылған газ қозғалысының бағытын бойлай орнатылды. Бұдан өзге, көбік өндіретін торкөзді кеуекті құрылымның кейінгі торшасы тазартылатын газдың қозғалыс бағыты бойымен ұяшықтардың ұлғаятын өлшемімен, мысалы, саңылауға ұяшықтарының өлшемі: 0,08\*0,14\*1 болатын метал торлардан, ал көбік сөндіретін торша - тазартылатын газдың қозғалыс бағыты бойымен ұяшықтардың кішірейетін өлшемімен, мысалы, саңылауға ұяшықтарының өлшемі: 0,4\*0,14\*0,08 болатын метал торлардан орындалды.

**Түйін сөздер:** тозаң-газ тұтқыш, капиллярлы-кеуекті құрылымдар, кеуекті көбік генераторы, көбік өндіру, жылу-масса алмасу, бу көпіршігі.