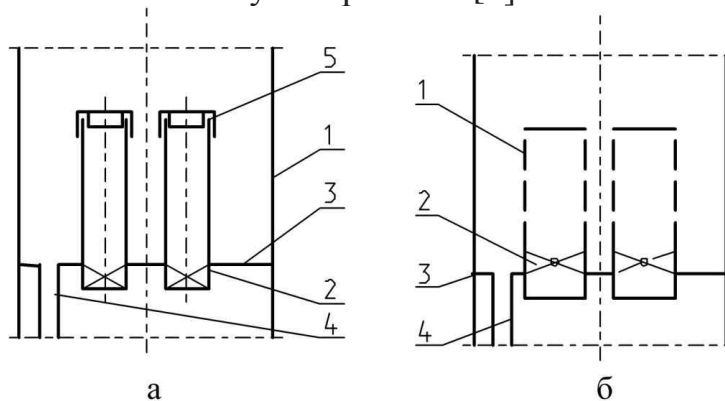


## РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА КАПЕЛЬ СЕПАРИРУЕМОЙ ЖИДКОСТИ

**Введение.** Разделение газожидкостных потоков является достаточно важной и технически сложной задачей.

Задача предотвращения уноса капель жидкости с газовым потоком актуальна при выпарке, абсорбции, ректификации, мокрой очистке газов, промышленной подготовке добываемого природного газа [1] и других процессах. Для очистки газов от капельной жидкости наиболее эффективными являются центробежные сепараторы [2]. В данных конструкциях отделение частиц жидкости происходит под действием центробежной силы, величина которой может превосходить силу тяжести на два порядка.

На рисунке 1 схематично представлены некоторые конструкции аппаратов элементного типа, разработанные в Белорусском государственном технологическом университете [3].



**Рисунок 1 – Центробежные сепараторы элементного типа:**

***a*** – сепарационные элементы с отводам жидкости через зазор в верхней части; ***б*** – сепарационные элементы с отводам жидкости через щели сетчатого патрубка; **1** – патрубок; **2** – многолопастный завихритель; **3** – тарелка; **4** – сливная труба; **5** – отбойный колпачек

Центробежные сепарирующие устройства включают центробежные патрубки, установленные на общей тарелке. В нижней части они снабжены завихрителем газового потока, в верхней – устройством для отделения жидкой фазы. Центробежные сепарационные элементы работают в режиме восходящего прямотока. Завихрители чаще всего выполняются лопастными или в виде тангенциальных прорезей. Устройства для отделения жидкостей – колпачек, боковые прорези, сетчатая поверхность.

**Математическая модель.** Гидродинамика установившегося движения закрученного газового потока внутри цилиндра радиуса описывается уравнениями Навье – Стокса и неразрывности в цилиндрической системе координат  $r, \phi, z$  [4]. Найденные профили осевой и касательной составляющих скорости являются осе симметричными и имеют явно выраженный максимум и сохраняют подобие вдоль оси цилиндра.

Движение капельной жидкости в сепарационном элементе с учетом геометрических и гидродинамических параметров в достаточно точной степени можно рассчитать по уравнениям (1)

$$\begin{cases} m_a \left( \frac{dV_r}{dt} - \frac{V_\phi^2}{r} \right) = F_r, \\ m_a \left( \frac{dV_\phi}{dt} + 2 \frac{V_\phi V_r}{r} \right) = F_\phi, \\ m_a \frac{dV_z}{dt} = -m_a g + F_z. \end{cases} \quad (1)$$

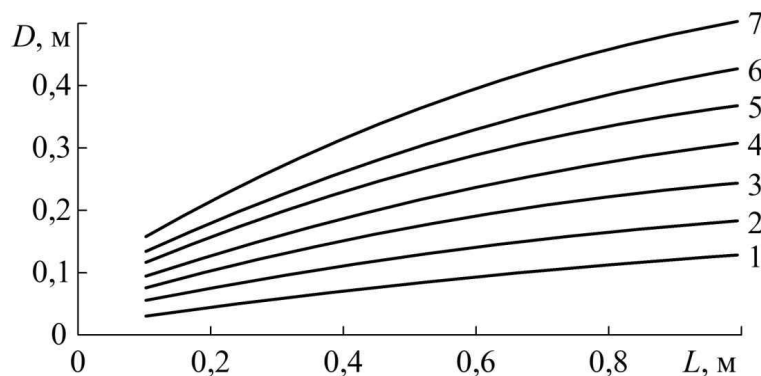
Данная система уравнений описывает движение частицы в закрученном газовом потоке. Принимается, что частицы имеют сферическую форму радиуса  $a$ , плотностью  $\rho_a$ , массой  $m$ . Скорость частицы обозначается через  $V$ , а скорость газового потока через  $W$ .

Ось  $Oz$  направлена вертикально вверх по оси сепарационного элемента. При составлении и решении уравнений сделан ряд обоснованных допущений. В составленную систему уравнений входит сила тяжести и сила гидродинамического воздействия [5].

**Результаты расчета.** Полученный анализ сил позволил рассчитать траекторию движения жидких частиц в газовом потоке и оценить эффективность сепарации.

При решении уравнений определяли минимальный диаметр капель, которые могут достигнуть стенки сепарационного элемента в зависимости от диаметра элемента  $D$ , длины элемента  $L$ , угла наклона лопастей завихрителя  $\alpha$ , средней расходной скорости газа в элементе  $W_z$ , вязкости газа  $\mu_\Gamma$ , плотности газа  $\rho_\Gamma$  и жидкости  $\rho_\text{ж}$ . При выполнении расчетов были приняты следующие значения:  $D_\Pi = 0,1$  м;  $L = 0,3 - 1$  м;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $\rho_\Gamma = 0,6$  кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_\Gamma = 0,000013$  Нс/м<sup>2</sup>;  $\rho_\text{ж} = 1200$  кг / м<sup>3</sup>.

Результаты решения уравнений (1) представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Зависимость минимального диаметра улавливаемых капель от геометрических размеров сепарационного элемента:  
1-3 мкм; 2-5 мкм; 3-7 мкм; 4-9 мкм; 5-11 мкм; 6-13 мкм; 7-25 мкм**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тронов В. П. Сепарация газа и сокращение потерь нефти. – Казань : «Фен», 2002. – 408 с.
2. Шкоропад Д. Е, Новиков О. П. Центрифуги и сепараторы для химических производств. – М. : Химия, 1987. – 256 с.
3. Левданский Э. И., Левданский А. Э. Высокоэффективные проточные процессы и аппараты. – Минск : БГТУ. – 2001. – 234 с.
4. Марков В. А., Волк А. М., Ершов А. И. Исследование оттока жидкости через отверстия прямоточно-центробежного элемента // Инженерно-физический журнал : 1991. – Т. 61, № 1. – С. 82-87.
5. Волк А. М., Терешко Е. В. Анализ сил, действующих на твердую частицу в сплошном потоке // Труды БГТУ. – 2015. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 10-14.

УДК 517.968

Л. Д. Яроцкая, канд. физ.-мат. наук, доц.;  
О. Н. Пыжкова, канд. физ.-мат. наук, доц.  
(БГТУ, г. Минск)

#### **СВЯЗЬ ИНТЕГРАЛА КОНТОРОВИЧА–ЛЕБЕДЕВА С ИНТЕГРАЛОМ ТИПА КОШИ**

Интегральные преобразования являются одним из важнейших математических инструментов при решении интегральных и сходных с ними уравнений. С их помощью простые уравнения непосредственно сводятся к линейным алгебраическим уравнениям, а более сложные – к линейным краевым задачам аналитических функций. В частности, уравнения типа свертки Фурье рассмотрены в книге [1]. При решении краевых задач теории аналитических функций комплексного пере-