

нефтяной техн. университет. – Уфа., 2004 – 23 с.

7. Перевошиков С.И. Разработка научных основ управления вибрацией гидродинамического происхождения в центробежных насосах магистральных нефтепроводов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.13. Тюменский гос. нефтегазовый университет. – Тюмень., 2004 – 48 с.

8. Каминский С.Г. Разработка методов вибродиагностирования и восстановления электроприводных нефтепромысловых насосных агрегатов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.13. Уфимский гос. нефтяной техн. университет. – Уфа., 2004 – 24 с.

9. Ровінський В.А. Вдосконалення ватметрографічних методів діагностування штангових глибинно-насосних установок для видобутку нафти та розробка технічних засобів для їх реалізації: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.11.13. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – Івано-Франківськ., 2003. – 19 с.

10. Дудля М.А., Мещеряков Л.І. Діагностування та проектування бурових машин і механізмів. – Дніпропетровськ: НГУ, 2004. – 448 с.

11. Сато Ю., Обработка сигналов. Первое знакомство. /Пер. с яп.: под ред. Ёсифуми Амэмия. – М.: Изд. дом «Додэка-XXI». - 2002. – 176 с.

12. Букин С.Л., Машиниченко А.Г. К расчету основных динамических параметров горизонтальной вибрационной мельницы нового типа. // Геотехнічна механіка. Міжвід. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2005. – №56. – С. 238-246.

13. Логвиненко В.И., Грядущий Б.А., Чехлатый Н.А., Мялковский В.И. Методы и технические средства контроля соосности валов. // Уголь Украины., 2005. – № 9. – С. 32-35.

УДК 519.6

Асп. В.В. Беляева (ДИИТ)

ТРЕХМЕРНАЯ ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Розроблено тривимірну чисельну модель розрахунку вентиляції приміщень після аварійного токсичного газу. Модель базується на чисельному інтегруванні рівнянь потенційного руху повітря та переносу домішки. Розрахунок здійснюється з використанням неявних різницевих схем. Наводяться результати обчислювального експерименту.

THE 3D NUMERICAL MODEL TO CALCULATE AIR QUALITY IN INDUSTRIAL ROOMS

The 3D numerical model to calculate the ventilation of the room after accident toxic gas ejection was developed. The model is based on the numerical integration of the equations of potential flow and admixture transfer. The implicit difference schemes are used. The results of numerical experiments are presented.

Залповые аварийные выбросы загрязняющих веществ в производственных помещениях – явление достаточно частое на предприятиях различного профиля. Поэтому на предприятиях особое внимание уделяется определению оптимальных параметров аварийной вентиляции (АВ), задачей которой является быстрое снижение уровня загазованности в помещении и создание таких воздушных потоков, которые позволили бы избежать образования в помещении зон, где локальная концентрация может находиться в интервале пределов воспламенения, что может вызвать пожар или взрыв. Для расчета процесса вентиляции помещений в случае аварийных выбросов широко применяются аналитические модели [4]. Однако эти модели не позволяют рассчитать неравномерность распределения концентрации загрязнителя в помещении, а также не учитывают положения приточно-вытяжных отверстий вентиляции. **Целью**

настоящей работы является создание экспресс метода расчета работы АВ при загазованности помещения дающего возможность учесть деформацию воздушного потока в помещении, вызванную расположением технологического оборудования, а также влияние на процесс переноса загрязняющих веществ положения приточно-вытяжных отверстий и места выброса загрязнителя. Разработанный экспресс метод основывается на создании численной модели вентиляции помещения.

Математическая модель

Процесс расчета проветривания помещения с помощью АВ будем описывать трехмерной моделью переноса загрязняющего вещества

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w-w_s)C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z}) + \sum Q_i(t)\delta(r-r_i) \quad (1)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества в помещении; u, v, w – компоненты вектора скорости воздушной среды; w_s – скорость оседания примеси; $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$ – коэффициент турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса токсичного вещества в помещении; $\delta(r-r_i)$ – дельта-функция Дирака; $r_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координаты источника выброса.

Для расчета поля скорости воздушного потока в помещении, индуцированного работой вентиляции, принимается допущение, что движение воздушной среды в помещении – потенциальное; тогда компоненты скорости воздушной среды определяются соотношениями

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial P}{\partial z},$$

где P – потенциал.

Уравнение для определения потенциала имеет вид

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0. \quad (2)$$

Постановка краевых условий для уравнения (1) рассмотрена в работе [2]. Для уравнения (2) ставятся следующие граничные условия:

на твердых стенках $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$, где n – единичный вектор внешней нормали;

на входной границе (границы втекания воздушного потока в помещение) $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$, где V_n – известное значение скорости;

на выходной границе $P = P * (x = const, y) + const$ (условия Дирихле)

Метод решения.

Численное интегрирование уравнения (1) реализуется на прямоугольной разностной сетке, для построения универсального алгоритма используется метод маркирования формы помещения, положения источников выброса токсичного вещества и т.д. [1, 2] Для интегрирования используется попеременно-треугольная неявная разностная схема расщепления [2]. На каждом шаге расщепления неизвестное значение концентрации токсичного газа определяется по методу бегущего счета.

Для численного интегрирования уравнения (2) будем использовать идею «установления решения по времени», т. е. будем интегрировать уравнение вида

$$\frac{\partial P}{\partial \eta} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2},$$

где η – фиктивное время.

Численное интегрирование данного уравнения проводится с помощью попеременно-треугольного метода А.А. Самарского [3].

Результаты моделирования.

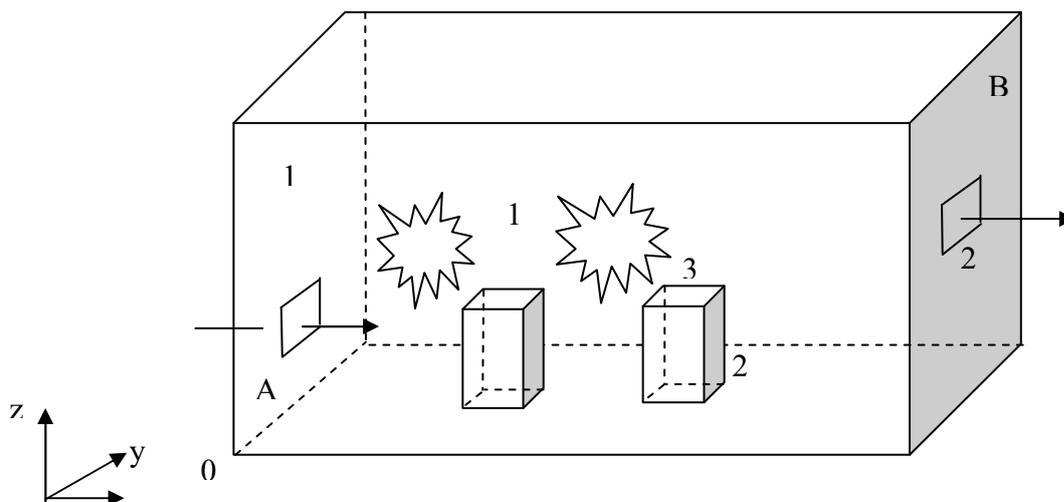
На основе разработанной трехмерной численной модели создан пакет программ “ROOM–3D” [1], (программы написаны на алгоритмическом языке FORTRAN-IV). Применение пакета программ для решения конкретной задачи рассматривается ниже: в производственном помещении (длина помещения – 24 м, ширина – 8 м, высота – 6 м) происходит аварийный выброс аммиака возле двух технологических агрегатов. В результате выброса возле технологических агрегатов появляется два облака (рис. 1), концентрация аммиака в облаке $\varphi = 1$ (в безразмерном виде). Диаметр каждого облака – 2 м. Технологическое оборудование (рис. 1) создает препятствие на пути воздушного потока при вентиляции помещения. Воздухообмен составляет 13,4 м³/сек, коэффициент диффузии – 2 м²/сек.

Рассматриваются два варианта организации воздушного потока в производственном помещении, отличающиеся положением приточно-вытяжных отверстий. В первом варианте подача воздуха осуществляется через отверстие на потолке помещения, а вытяжка – через два отверстия, расположенных на боковой стороне помещения (рис. 2). Во втором варианте приточное отверстие располагается на боковой стороне снизу, а вытяжные отверстия – одно на потолке, а второе – на боковой стороне помещения.

Распределение аммиака в помещении после аварии для первого сценария представлено на рис. 2, 3 (сечение $y=5$ м).

Результаты вычислительного эксперимента для второго сценария приведены на рис. 4, 5. Как видно из представленных рисунков, изменение положения приточно-вытяжных отверстий существенно влияет на характер распределения загрязняющего вещества в производственном помещении. Из рисунков хорошо видно, как происходит ориентация зоны загрязнения в направле-

нии вытяжных отверстий и формирование плохо проветриваемых подзон в помещении вблизи технологического оборудования и за ним.



1 – источник выброса аммиака; 2 – технологическое оборудование

Рис. 1 – Схема расчетной области

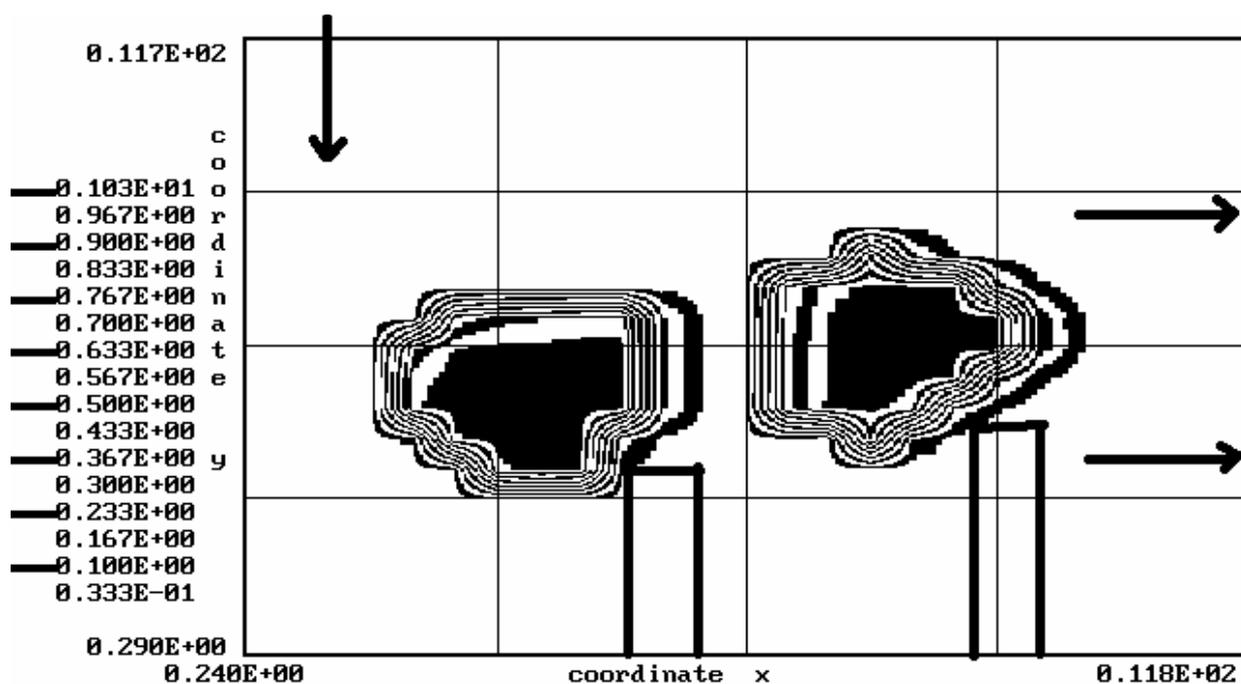


Рис. 2 – Зона загрязнения помещения для момента времени $t = 2$ сек (приточное отверстие расположено на потолке, два вытяжных отверстия – на боковой стенке)

Для анализа динамики снижения величины концентрации аммиака в помещении при работе АВ в таблице 1 представлены данные об изменении максимальной концентрации в помещении с течением времени. Значение концентрации в данной таблице приведено в безразмерном, нормированном виде для рассматриваемых сценариев организации движения воздушного потока в производственном помещении.

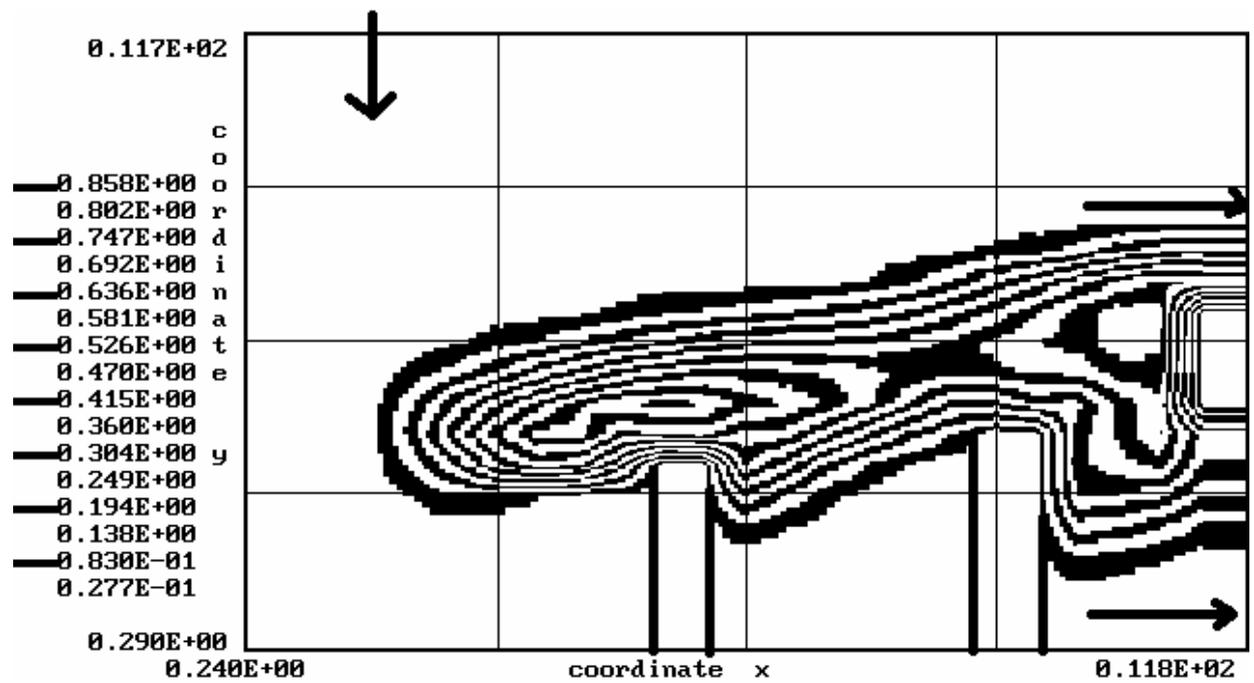


Рис. 3 – Зона загрязнения помещения для момента времени $t = 54$ сек (приточное отверстие расположено на потолке, два вытяжных отверстия – на боковой стенке)

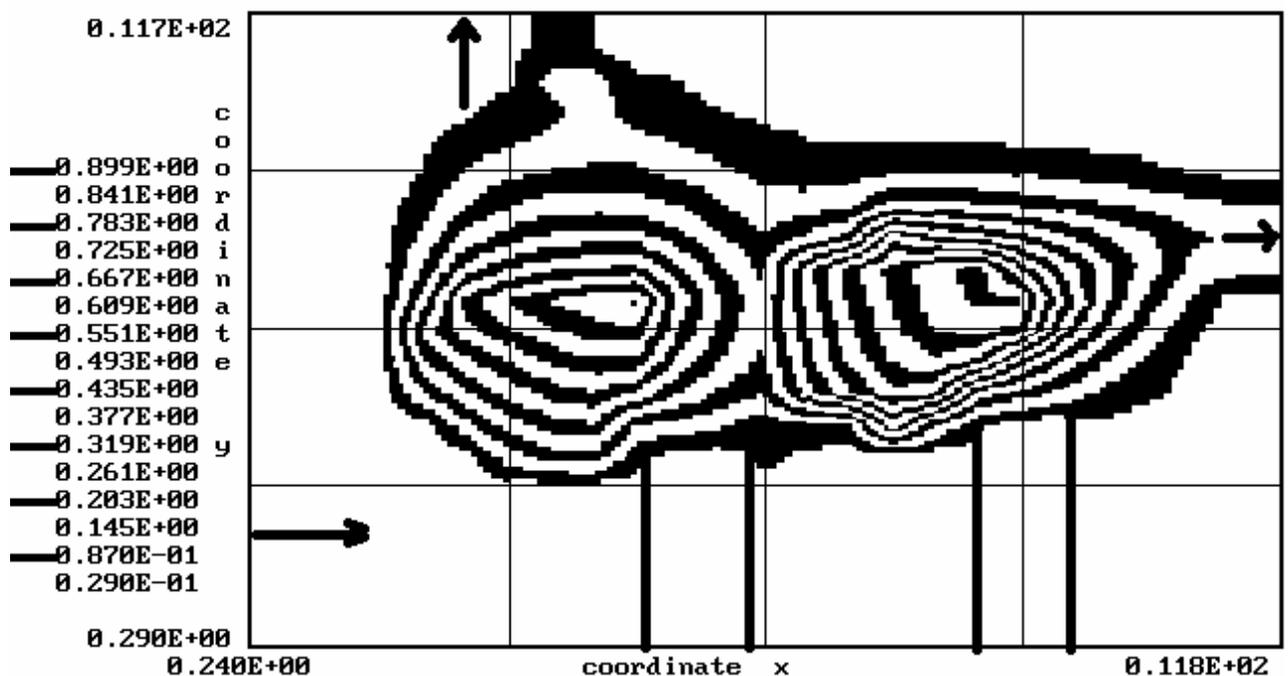


Рис. 4 – Зона загрязнения помещения для момента времени $t = 10$ сек (приточное отверстие расположено на боковой стенке снизу, одно вытяжное отверстие – на боковой стенке, другое вытяжное отверстие – на потолке)

Как видно из таблицы 1, при втором варианте схемы аварийной вентиляции происходит более быстрое снижение максимального значения концентрации аммиака в производственном помещении. Таким образом, организовав направление движения воздушного потока в производственном помещении

относительно зоны выброса загрязняющего вещества, можно обеспечить эффективное снижение загазованности помещения без увеличения энергетических затрат.

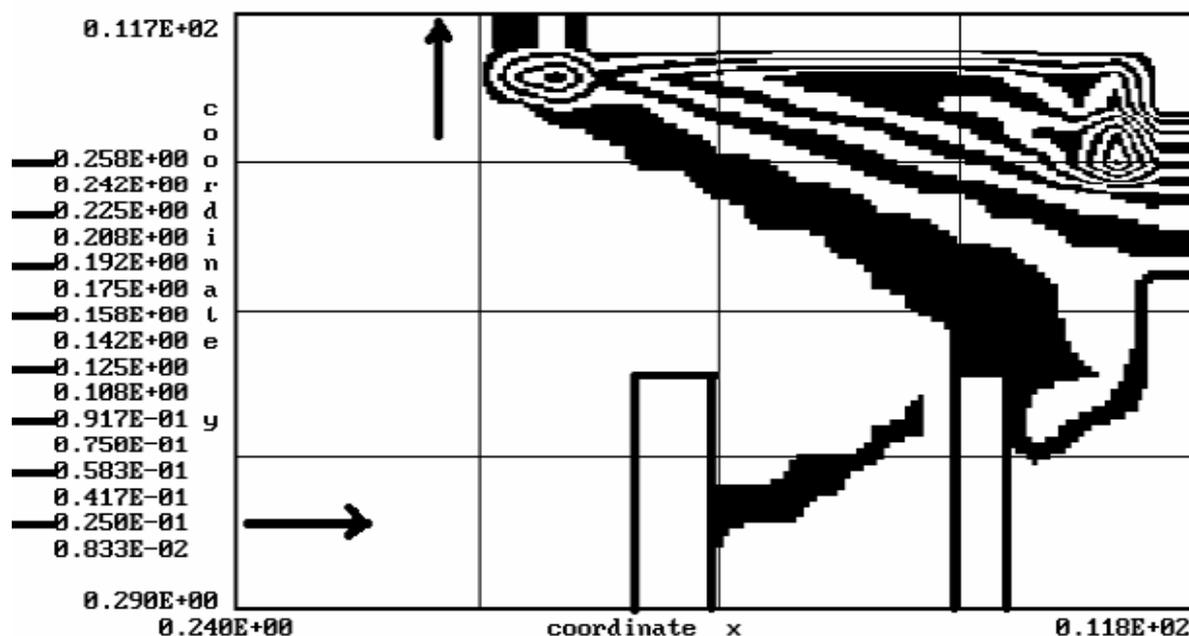


Рис. 5 – Зона загрязнения помещения для момента времени $t = 100$ сек (приточное отверстие расположено на боковой стенке снизу, одно вытяжное отверстие – на боковой стенке, другое вытяжное отверстие – на потолке)

Таблица 1 – Изменение величины максимальной концентрации аммиака в помещении при работе аварийной вентиляции

| $t, \text{сек}$ | 10 | 20 | 30 | 50 | 80 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Вариант 1 | 1 | 1 | 0,96 | 0,82 | 0,71 |
| Вариант 2 | 0,88 | 0,69 | 0,55 | 0,34 | 0,29 |

Выводы.

В статье предложен новый метод расчета вентиляции помещения после аварийного выброса токсичного газа. Метод основан на создании трехмерной численной модели процесса движения воздушного потока и миграции примеси в помещении. Разработанный метод позволяет осуществить расчет пространственного движения загрязняющего вещества в помещении при работе аварийной вентиляции с учетом влияния основных физических факторов на данный процесс. Затраты машинного времени на расчет одного варианта задачи составляют около одной минуты на ПК типа Pentium-II. Дальнейшее развитие метода следует осуществлять в направлении применения его к процессам вентиляции помещений в случае пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляева В.В. Прогнозирование качества воздушной среды в производственных помещениях химически опасных предприятий. VI Научно-практическая конференция «Стратегия выживания. Адаптация населения Украины в условиях техногенных перегрузок». Материалы конференции. Днепропетровск, 2005. – С. 30-34

2. Згуровский М.З., Скопецкий В.В., Хрущ В.К., Беляев Н.Н. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде. – Киев: Наукова думка. – 1997. – 368 с.
3. Самарский А.А. Теория разностных схем / 2-е изд., испр. – М.: Наука. – 1983. – 616 с.
4. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств / 3-е изд., перераб. – М.: Химия. – 1980. – 288 с.

УДК 622.755.01

Инж. Б.Ф. Бевзенко (ВАО "Керамет")

ДВИЖЕНИЕ ВОСХОДЯЩЕГО ЗАКРУЧЕННОГО КОЛЬЦЕВОГО ПОТОКА ВНУТРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Досліджена гідродинаміка закрученого кільцевого потоку з осевою симетрією всередині циліндричної ситової поверхні. Для опису руху закрученого потоку прийнято наближення ідеальної рідини, а для витікання крізь щілини сита – наближення в'язкої повзучої течії. Отримано розв'язок для внутрішньої вільної поверхні закрученого потоку, який має осьову складову.

THE MOTION OF SWIRL ANNULAR UPFLOW WITHIN THE CYLINDRICAL CLOTHING

The hydrodynamics of swirl annular upflow with axial symmetry within the cylindrical surface is investigated. The perfect liquid approximation for description of swirl flow motion and the viscous creeping flow approximation for outflow through sieve slits were accepted. The problem solution for interior free surface of swirl flow with axial component is found.

В работе [1] обоснована актуальность ситовой классификации питания флотации и рассмотрена технология обработки угольных шламов в циклонно-ситовом классификаторе, подситный продукт которого направляется в флотомашину. Отличием циклонно-ситового классификатора от конечного гидроциклона является наличие в сливной камере цилиндрического сита, сопряженного со сливным патрубком.

Целью настоящей работы является исследование закрученного восходящего потока суспензии, набегающего на ситовую поверхность, с целью обоснования параметров циклонно-ситового классификатора. Расчетная схема движения жидкости приведена на рис. 1.

В работе рассматривается стационарное движение жидкости в восходящем кольцевом вращающемся потоке, ограниченном непроницаемой цилиндрической поверхностью радиусом R_1 при $z < 0$ и проницаемой (ситовой) поверхностью радиусом R_1 при $z \geq 0$. В области $z < 0$ внутренний радиус потока равен R_2 и соответствует радиусу воздушного столба в сливном патрубке гидроциклона.

В наклонном сечении потока при $z = 0$ на внутренней поверхности угловая скорость равна ω , а осевая составляющая скорости составляет U .

В цилиндрической системе координат $\tilde{r}, \Phi, \tilde{z}$ уравнения стационарного движения Навье-Стокса и уравнения неразрывности для закрученного потока, имеющего осевую составляющую, будут иметь вид [2]