

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ НЕОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТЕЧЕНИЙ В КАМЕРАХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ КАНАТОВ**

Зиновьев С.Н., канд. техн. наук, доц., Украинская инженерно-педагогическая академия, Зиновьева Я.В., ассистент, Донецкий национальный технический университет

*Построены и исследованы модели трехмерных неосесимметричных течений смеси в камере устройства для обезвоживания канатов подъемных машин, выполненные в пакете COSMOSFloWorks.*

В первом приближении решение задачи течения струи воздуха вдоль каната покрытого пленкой воды было проведено опирались на гипотезу об осесимметричности течений [1]. Неосесимметричность расположения каната в камере устройства, расположения отводящих патрубков и, особенно, поверхности подъемных канатов приведут к значительным отличиям от осесимметричной модели. Поэтому актуальность работы мотивируется потребностью развития модели трехмерных неосесимметричных течений в камерах устройств для обезвоживания канатов, которые невозможно решить в осесимметричном приближении.

Ранее были опубликованы результаты исследований [2, 3], где изложен новый метод удаления пленки воды, суть которого в сдуве (распылении и уносе от поверхности подъемного каната (ПК)) пленки воды кольцевой струей воздуха, специально сформированной вокруг поверхности каната уплотнительными кольцами посредством создания разряжения в камере устройства

С помощью метода конечных элементов в пакете ANSYS решена задача определения скорости воздушного потока в зависимости от параметров камеры устройства и давления в отводящем патрубке [4]. Существенным недостатком этого исследования является предположение об осесимметричности процессов в рабочей камере устройства.

Исследовать влияние неосесимметричности на решение задачи при создании математической модели рабочих процессов удаления воды с поверхности подъемного каната.

Для решения задачи определения потоков в камере устройства для удаления воды с поверхности подъемного каната в пакете SolidWorks была создана серия моделей подъемного каната с учетом прядевой структуры (рис. 1а), корпусов камеры устройства

обезвоживания каната (УОК) (рис. 1б и 1в) и моделей для задания граничных условий – куполов (рис. 1г) и заглушек для задания давления в трубопроводах.

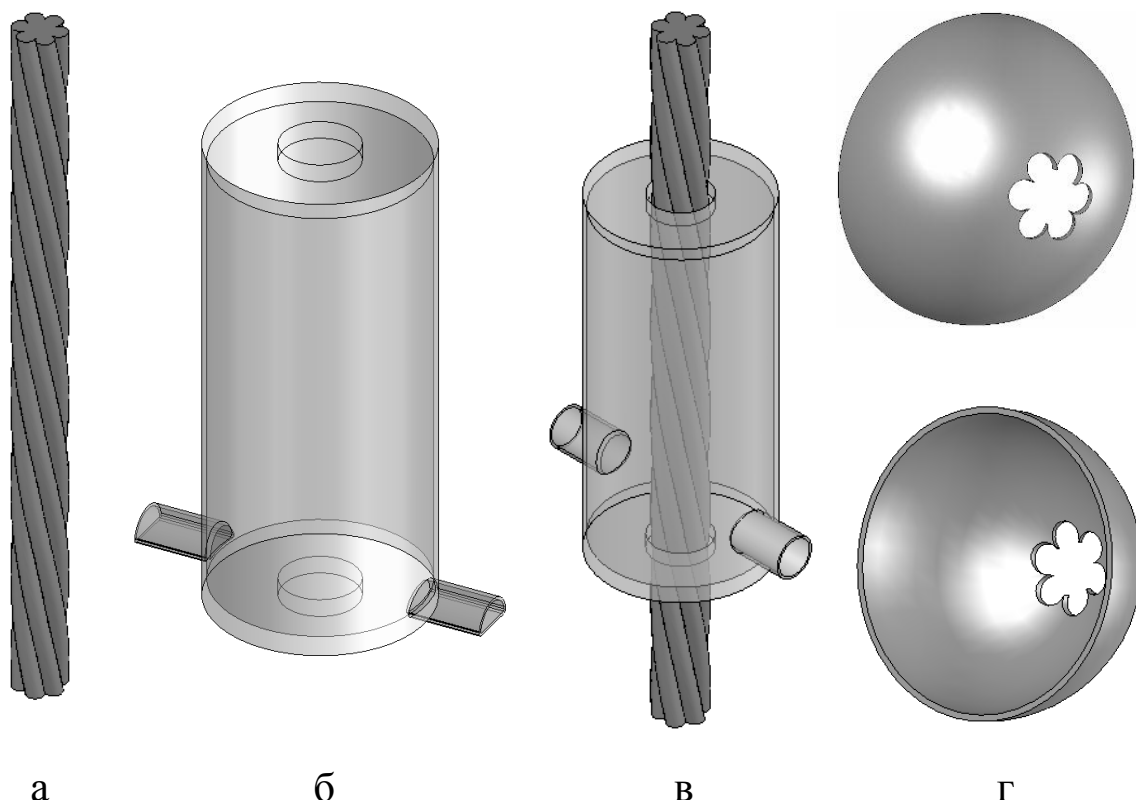


Рисунок 1 – Модели устройства обезвоживания каната:  
а - модель каната; б,в - модели камеры, г - модель для задания граничных условий

Подготовленная модель использовалась для расчетов пакетом COSMOSFloWorks. При построении сетки в камере (рис. 2) использовано автоматическое изменение размера конечных элементов на поверхности каната, в местах переходов, утонений и пр. На верхнем и нижнем куполах задавалось атмосферное давление, а на отводных патрубках – депрессия вентилятора (рис. 3). Доказано, что несмотря на существенно неосесимметричный характер движения водовоздушных потоков в камере УОК (рис. 4а) за счет разряжения, в зазорах между канатом и уплотнительными кольцами формируются две кольцевые струи воздуха (рис. 4б), и движутся вдоль поверхности каната навстречу друг другу (рис. 4в). На рисунке 4г изображено сечение поля скоростей в плоскости, проходящей через оси выходных патрубков, а на рисунке 4е – только компоненты скорости, направленной вдоль оси ПК. Видно, что в окрестности патрубков нарушается кольцевой характер потоков и возникают струи, формирующиеся выходными патрубками (рис. 5).

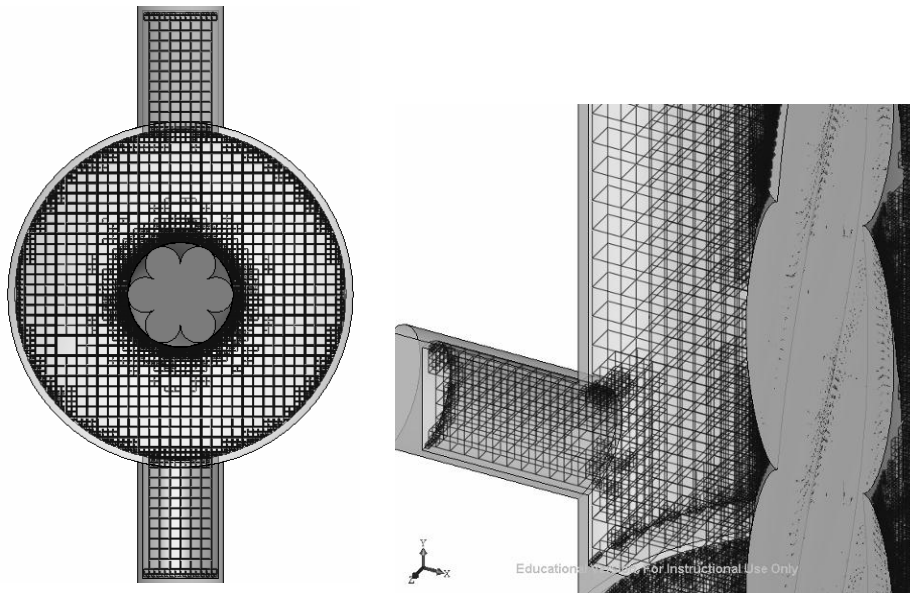


Рисунок 2 – Конечно-элементная сетка

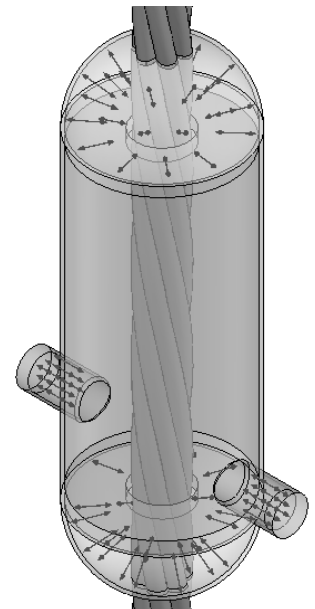


Рисунок 3 –  
Граничные условия

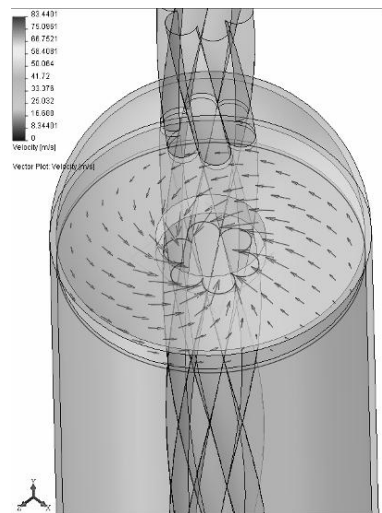
По результатам работы принята оптимальная конструкция УОК. Для этого исследовано влияние на значение функции  $J$  длины и зазора щели, разряжения в камере устройства и длины самой камеры (четырёхфакторный эксперимент). По результатам численного эксперимента в COSMOSFloWorks для широкого диапазона форм канатов и отношений диаметра камеры ( $D_U$ ) к диаметру патрубков ( $d_{II}$ ) вычислялись значения интегральной функции скорости воздушного потока. В результате получено уравнение регрессии

$$J = \Lambda \cdot v_B \cdot K_S \left( \frac{D_U}{d_{II}} \right), \quad (1)$$

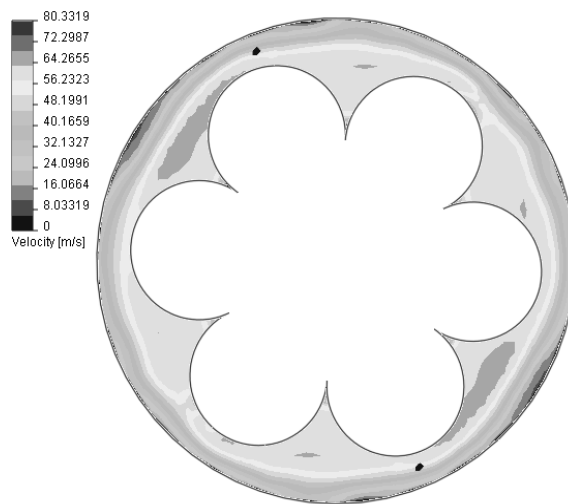
где  $\Lambda = 0,175$  м – эффективная длина взаимодействия потоков,  $v_B$  – скорость воздушного потока, определяемая из уравнения Бернулли.

По результатам вычислительного эксперимента определено изменение величины эффективной длиной взаимодействия  $\Lambda$  при изменении места расположения и количества отводящих патрубков.

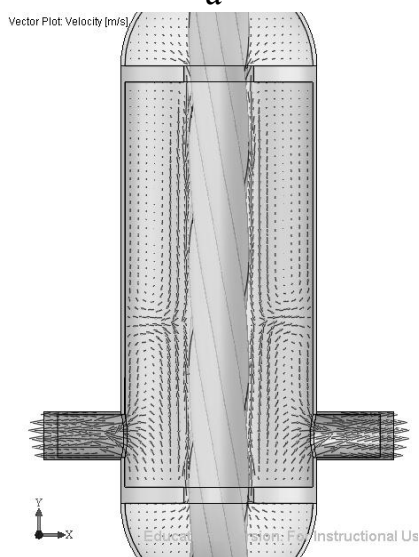
Патрубки перемещались симметрично и несимметрично с небольшим шагом от середины камеры. Показано, что место расположения и число отводящих патрубков изменяют значение  $\Lambda$  не более чем на 2 %.



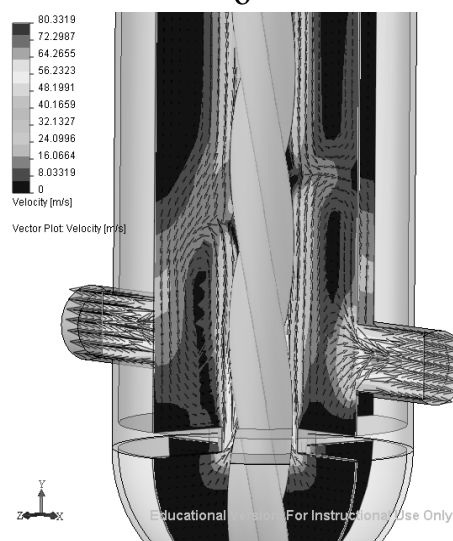
а



б



в



г

Рисунок 4 – Результаты расчета:  
 а – характер течения; б – формирование струи; в – поле скоростей;  
 г – кольцевые потоки

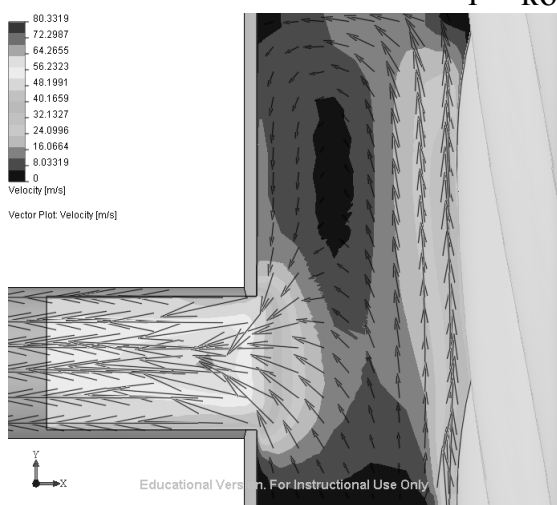


Рисунок 5

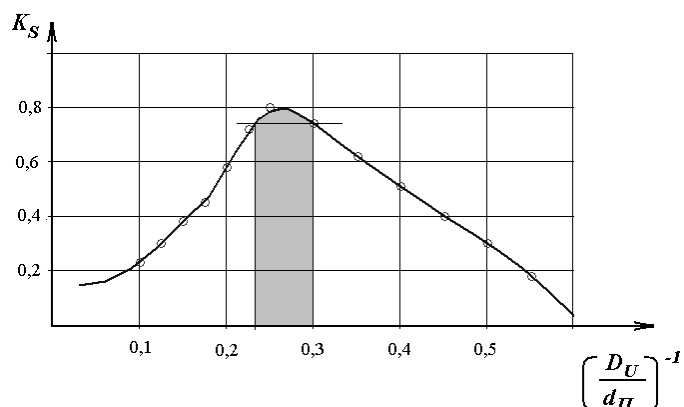


Рисунок 6

Погрешность функции  $J$  не превышает 2% для диапазона перепада давления от 1,0 до 15,0 кПа и длины камеры 300...600 мм. Влияние неосесимметричности геометрии камеры на значение

интегральной функции скорости воздушного потока  $J$  можно учесть введением в формулу (1) дополнительного множителя – коэффициента неосесимметричности  $K_s$ . Полученная зависимость влияния отношения диаметров на значение коэффициента  $K_s$  приведено на рисунке 6. Приведенная зависимость указывает на наличие рационального соотношения диаметров, за пределами которого развитие воздушной струи в камере УОК является менее эффективным с точки зрения интенсивности удаления воды с поверхности ПК.

*Выводы.* Исследовано влияние несимметричности потоков в устройстве обезвоживания каната. Его можно учесть коэффициентом, введенным в осесимметричную модель.

На примере решения пакетом COSMOSFloWorks двух сложных гидроаэродинамических задач, связанных с проектированием оборудования для обезвоживания канатов шахтных подъемных установок, проиллюстрирована возможность применения этого пакета в непосредственной инженерной практике, что позволяет достаточно быстро определять рациональные параметры разрабатываемого горно-шахтного оборудования.

#### Список источников

1. Зиновьев С.Н., Жупиев А.Л. Критерии моделирования отрыва капель с поверхности подъемного каната // Вибрации в технике и технологиях. – 2002. – № 5 (26). – С. 37-38.
2. Заболотный К.С. Зиновьев С.Н. Анализ конструктивных решений по удалению влаги с головных канатов многоканатных подъемных машин со шкивами трения // Вибрации в технике и технологиях. – 2000. – № 4 (16). – С. 70-73.
3. Заболотный К.С., Жупиев А.Л., Зиновьев С.Н. Анализ технических решений по повышению производительности шахтных подъемных установок в сильно обводненных стволах // Вибрации в технике и технологиях. – 2007. – № 1 (33). – С. 19-20.
4. Жупиев А.Л., Зиновьев С.Н. Теория рабочих процессов горно-шахтного оборудования для удаления воды с поверхности подъемного каната // Науковий вісник НГУ. – 2003. – № 7. – С. 40-42.
5. Интенсификация шахтного подъема / Под. ред. П.П.Нестерова. – К.: Наукова думка, 1977. – 192 с.
6. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Авторы: Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.Б., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.