

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 664.2.032.1

DOI 10.31319/2519-2884.33.2018.199

СОКОЛОВСКАЯ И.Е., к.т.н., доцент

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИТАНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА
В ВИХРЕВОМ АППАРАТЕ**

Введение. В производстве теплоизоляционных материалов находят широкое применение различные тепломассообменные аппараты, в частности вихревые, в которых осуществляются завершающие этапы технологии – сушка или обжиг мелкодисперсных частиц.

Эффективность процессов тепломассообмена во время сушки пористых материалов в вихревых аппаратах во многом определяется соотношением геометрических размеров данного устройства [1-3], поскольку от них зависят гидродинамические показатели работы аппарата.

Сушка материалов в вихревом аппарате происходит в период витания дисперсных частиц материала в аппарате при их взаимодействии с воздушными потоками. Очевидно, чем более длительный данный процесс, тем он эффективнее.

Постановка задачи. В работах [4, 5] отмечено существование зависимости между траекторией движения частицы и местом ее ввода в вихревой аппарат. Задача данной работы – в определении зависимостей между скоростью потока, местом введения частицы в аппарат и конкретной траекторией частицы. Расчет динамики газовых потоков при разных значениях скорости потока (5, 10, 15 м/с) проводился в соответствии с моделью газодинамики в вихревом аппарате [4]. Рассчитанные поля скоростей практически идентичны полученным в [4], так как при изменении скорости потока характер распространения газовых потоков в аппарате практически не изменяется. На основании полученных полей скоростей рассчитаны траектории движения частиц при различном месте ввода материала в вихревую камеру. Расчет проведен в соответствии с математической моделью витания частиц в вихревом аппарате [5].

Результаты работы. С целью рационализации технологических параметров аппарата [1], а также определения его эффективности важно знать параметры газовых потоков (компоненты скоростей, давления) во всём объеме аппарата (рис. 1).

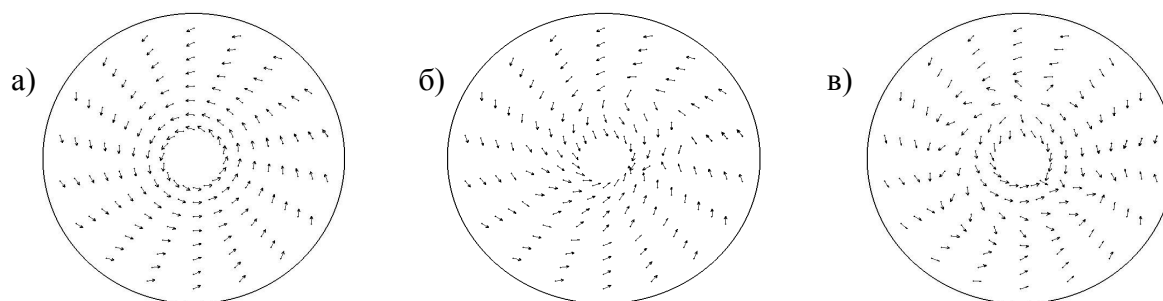


Рисунок 1 – Расчетные поля направлений скоростей газа на трёх различных горизонтальных сечениях аппарата

На основании математической модели газодинамики потока в вихревом аппарате, изложенной в работе [4], с помощью метода представления гидродинамических па-

раметров проектированием на них векторов скоростей получены графические изображения движения газового потока в различных сечениях аппарата [1].

О характере гидродинамической картины в осевом сечении аппарата позволяет судить рис.2.

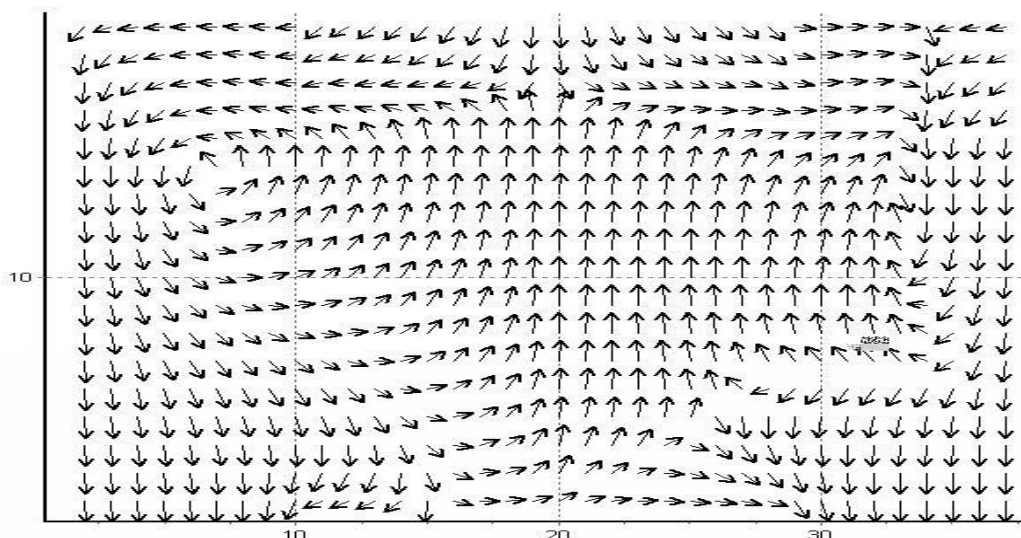


Рисунок 2 – Поля направлений проекций скоростей газа в осевом сечении аппарата

Из рис.2 следует, что в зоне верхнего отверстия вихревого аппарата вследствие существования глобального вихря создается зона пониженного давления, что приводит к втягиванию через это отверстие окружающего воздуха. В нижней же части аппарата, у питателя, воздух покидает аппарат.

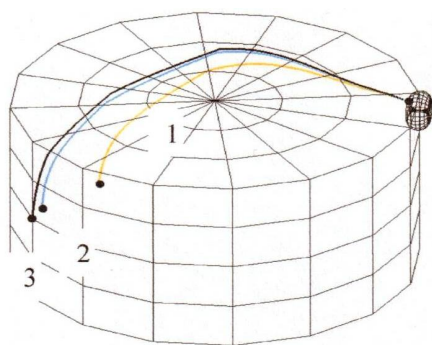
На основании полученных расчетных полей скоростей газовой фазы построена модель траектории движения частицы пористого материала, изложенная в работе [6]. Прямое экспериментальное изучение движения материалов в вихревых аппаратах осложняется нелинейностью и нестационарностью процесса.

Проведена серия тестовых расчетов по модели траектории движения частицы, свидетельствующая о её качественной адекватности рассматриваемому процессу и полученным в работе [7] экспериментальным данным.

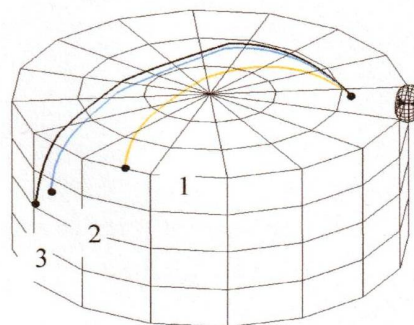
Для определения зависимостей между скоростью потока, местом введения частицы в аппарат и конкретной траекторией частицы нами проведены тестовые расчеты. Исследовались траектории частицы при скорости газового потока 5, 10, 15 м/с и различном месте ввода материала в вихревую камеру в соответствии с математическими моделями, изложенными в работах [5, 6].

Из рис.3 а), б) видно, что по мере удаления места введения частицы по оси от места подключения тангенциального патрубка к центру аппарата, время пребывания частицы в аппарате резко сокращается. Причем при одном и том же месте введения частицы, при меньшей скорости движения потока теплоносителя частицы быстрее покидают аппарат, следовательно, подвергаются меньшему термическому воздействию.

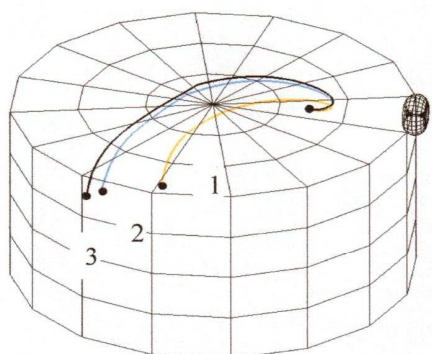
Из рис.3 в)-з) видно, что по мере удаления места попадания частицы в объем вихревой камеры по оси от центра в противоположном от тангенциального патрубка направлении траектории частиц укорачиваются, следовательно, уменьшается время пребывания частицы в аппарате. Это объясняется тем, что у стенки, противоположной месту присоединения патрубка, частицы в меньшей степени захватываются потоком теплоносителя.



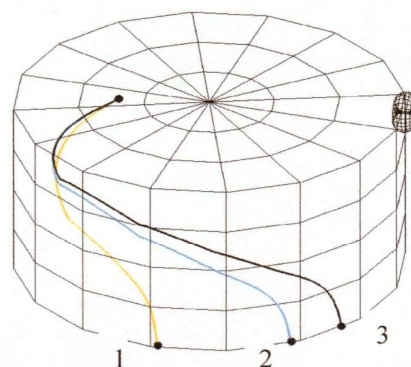
а)



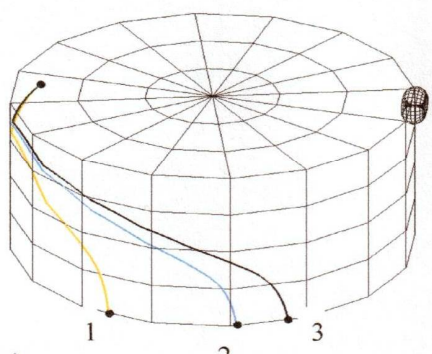
б)



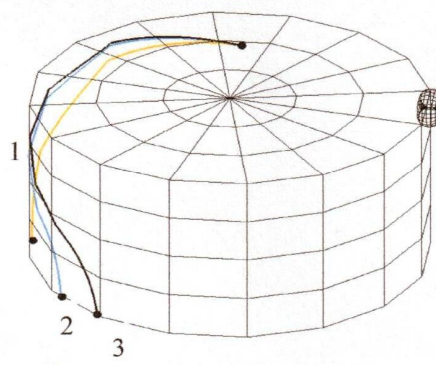
в)



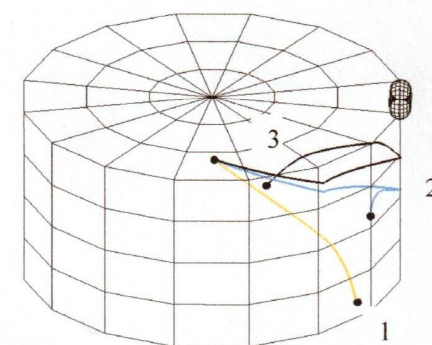
г)



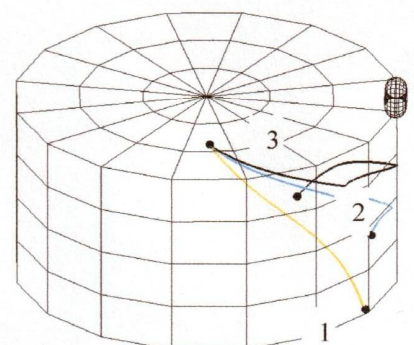
д)



е)



ж)



з)

1 – скорость потока 5 м/с, 2 – 10 м/с, 3 – 15 м/с

Рисунок 3 – Расчетные траектории движения частицы

На перпендикулярной оси (рис.3 ж), з) картина практически аналогична: чем дальше от центра частица попадает в аппарат, тем длительнее ее пребывание в объеме рабочей камеры, при этом наблюдается симметрия траекторий по мере удаления от центра аппарата.

Выводы. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что продолжительность термической обработки частиц материала до момента ее завершения может быть различной и зависит, в основном, от интенсивности омывания частицы потоком теплоносителя. В общем случае полученная расчетная информация может быть основой для проектирования и оптимизации конструкции аппарата с точки зрения сокращения энергозатрат. Форма траектории, ее протяженность определяют габаритные размеры устройства и расходные характеристики теплоносителя. В зависимости от необходимой интенсивности термообработки место ввода частиц и скорость теплоносителя могут изменяться.

Анализ результатов расчетов позволяет сделать качественный вывод о том, что в целом частицы, попадающие в вихревой аппарат ближе к боковой стенке, дольше витают в его объеме, а, следовательно, и дольше подвергаются сушке, что предпочтительнее с технологической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 26821 Україна, МПК F 26 В 17/10. Пристрій для отримання гранульованого наповнювача теплоізоляційного матеріалу / Павленко А.М., Соколовська І.Є., Кошляк Г.В., Клімов Р.А.; заявник та патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. ун-т. – № 200705035; заявл. 07.05.2007; опубл. 10.10.2007, Бюл. №16.
2. Пат. 25862 Україна, МПК С 04 В 14/00. Сировинна суміш для пористого теплоізоляційного матеріалу / Кошляк Г.В., Павленко А.М., Соколовська І.Є.; заявник та патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. ун-т. – № 200703899; заявл. 10.04.2007; опубл. 27.08.2007, Бюл. №13.
3. Пат. 85285 Україна, МПК С 04В 14/00, С 04В 14/04, С 04В 14/06, С 04В 14/10, С 04В 14/26. Сировинна суміш для пористого теплоізоляційного матеріалу і спосіб його одержання / Кошляк Г.В., Павленко А.М., Соколовська І.Є.; заявник та патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. ун-т. – № 200703901; заявл. 10.04.2007; опубл. 12.01.2009, Бюл. №1.
4. Соколовская И.Е. К определению скорости и траектории движения частицы в потоке теплоносителя / Соколовская И.Е., Павленко А.М. // Системні технології: збірник наукових праць. – Дніпропетровськ. – 2007. – №4(51). – С.65-71.
5. Соколовская И.Е. Математическая модель газодинамики в вихревом аппарате / Соколовская И.Е. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2012. – Випуск №1(18). – С.123-128.
6. Соколовская И.Е. Математическая модель движения частиц в вихревом аппарате / Соколовская И.Е. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2013. – Випуск №2(20). – С.120-124.
7. Моделирование процесса производства пористого материала с заданными свойствами / Соколовская И.Е., Кошляк А.В., Павленко А.М., Черниченко В.Е. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук. – 2007. – № 2(43). – Ч.1. – С.19-21.

Поступила в редколлегию 27.06.2018.