

Усовершенствование системы подачи теплоносителя в распылительных сушильных установках

Святослав Лементарь, Цветан Димитров, Виталий Пономаренко,
Дмитрий Люлька

Improvement of the coolant supply system in the spray dryers

It was investigated the effect of geometrical and kinematic parameters of the coolant supply system to the field of the velocity and turbulence in the drying tower. Found rational parameters of supply system that provide the necessary quality of the drying process

Keywords: *drying, supply system, adhesion, turbulence.*

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на широкое распространение в разных отраслях промышленности распылительных сушильных установок, часто усовершенствование их конструкции осуществляется исключительно на базе производственного опыта и пилотных испытаний. Одной из наибольших проблем, которая стоит перед разработчиками этого оборудования является сложность процессов распределения теплоносителя и продукта, а также их взаимодействие [1]. Схемы распределения воздушных потоков внутри распылительной сушилки считаются одним из основных факторов, которые влияют на время пребывания частиц в разных температурных областях башни, что в свою очередь определяет качество продукта (содержимое влаги, гранулометрический состав, химические изменения в компонентах, и тому подобное). Время пребывания частиц и температура окружающего воздуха является особенно важными при сушке таких продуктов как, например, молоко, где существенное снижение качества происходит, если частицы остаются в потоке воздуха слишком долго или температура потока воздуха слишком высока [2]. Также очень важным является избегание осаждения и закрепление частиц продукта на стенках сушильной башни, поскольку одновременно со снижением его качества существует угроза взрыва [3].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Для предоставления рекомендаций относительно усовершенствования конструкции сушильной установки с целью избегания налипания продукта на стенках сушильной башни, нами было решено провести моделирование потоков внутри башни с помощью методов вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD).

В работе для CFD- моделирования авторами избран модуль инженерного анализа Autodesk Simulation Multiphysics. В нем движение и теплообмен среды моделируется с использованием уравнений Навье-Стокса, которые описывают в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии этой среды. Для замыкания системы уравнений используются уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и ее диссипации в рамках $K - \epsilon$ модели.

В двухпараметрической $K - \epsilon$ модели K - кинетическая энергия турбулентных пульсаций, а ϵ - скорость диссипации кинетической энергии в этих пульсациях [4].

Применение вычислительной техники при моделировании подобных задач методами CFD были успешно проведены Fletcher D. F. [5], Kota K. [6], Kiviet F.G. и др. Некоторые из первых исследователей моделировали потоки в сушилках двумерными и симметричными к вертикальной оси для того, чтобы уменьшить нагрузку на вычислительные ресурсы. Но постепенно пришли к выводу, что для большей точности моделей необходимо оперировать трехмерными потоками [7].

Следовательно, как показано в вышеприведенных источниках, применение методов вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD) к

задачам подобного типа позволяет получить результаты, которые хорошо коррелируют с экспериментальными данными.

Для проверки правильности построения модели геометрические параметры сушильной установки и входные параметры теплоносителя мы взяли идентичными Saleh S. N. [8].

Модель, созданная для исследований в среде Autodesk Simulation Multiphysics представлена на рис.1. Цилиндрическая часть башни условно разделена по высоте на несколько зон. Неравномерность зон обусловлена необходимостью более детально исследовать верхнюю часть башни, где, в основном, и происходит процесс налипания продукта на стенке. Узел распыления продукта находится в 2 зоне сверху.

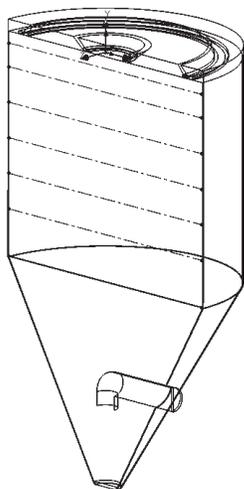


Рис.1. Модель сушильной башни

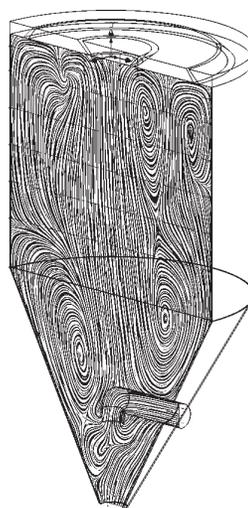
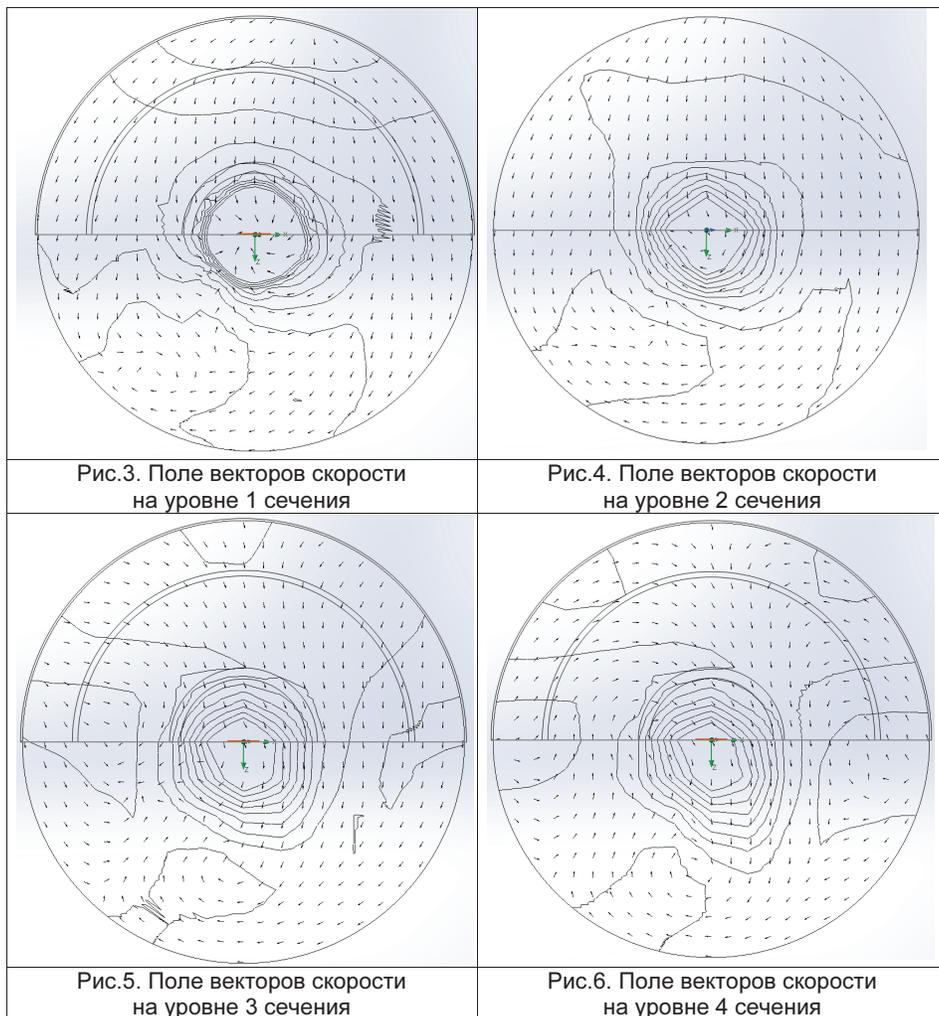


Рис.2. Поле потоков теплоносителя при вертикальном разрезе башни

Как видно из результатов моделирования, показанных на рис. 3 - 6, на уровне всех сечений наблюдается значительная турбулентность потоков. Равномерная окружная составляющая скорости почти отсутствует, теплоноситель с частицами продукта движется в определенный период снизу вверх и возвращается в зону высоких температур, что может привести к снижению качества продукта в результате его перегревания.

Численно результаты моделирования следующие. Результирующая скорость теплоносителя в пристенной зоне составляет 0,2-0,5 м/с для сечений 1-3 и 0,05-0,2 м/с для сечений 4-7, что является явно недостаточным для обеспечения условий по очистке стенок башни потоками воздуха. Окружная составляющая скорости около стенок башни также незначительна и составляет 0,15-0,25 м/с для сечений 1-3 и 0,03-0,1 м/с для сечений 4-7.



Для устранения этих недостатков нами предложено установить дополнительный контур подачи воздуха и определить его рациональные характеристики. После проведения серии исследований установили, что оптимальными с точки зрения энергосбережения и достаточными для решения проблемы будут такие параметры:

- массовый поток входного теплоносителя - 0,045-0,05 м³/с;
- осевая составляющая скорости теплоносителя - 0,2-0,3 м/с;
- радиальная составляющая скорости теплоносителя - 3-3,5 м/с;
- окружная составная скорости теплоносителя - 5,6-6рад/с;
- расстояние канала от стенки башни - 0,14-0,16м.

При введение таких параметров в модель, мы получили результаты, представленные на рис. 7-10, из которых видно, что турбулизация потоков в верхних сечениях (зона распыления продукта и наивысшей температуры теплоносителя)

отсутствует, а в нижних имеет весьма умеренный характер. Четкое окружное движение наблюдается во всех сечениях и, что особенно важно, около стенок башни.

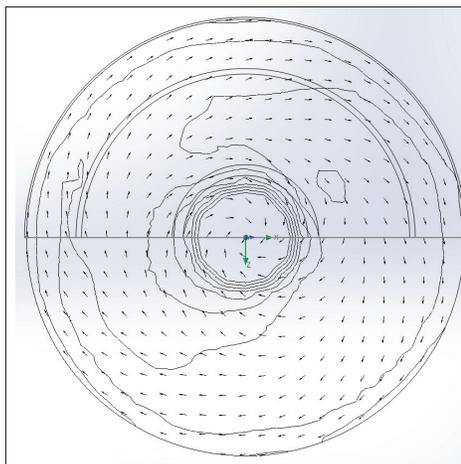


Рис.7. Поле векторов скорости на уровне 1 сечения

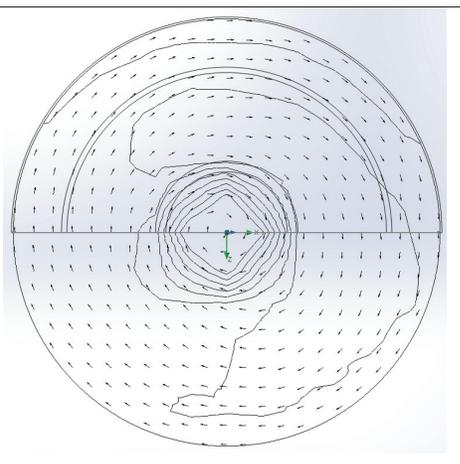


Рис.8. Поле векторов скорости на уровне 2 сечения

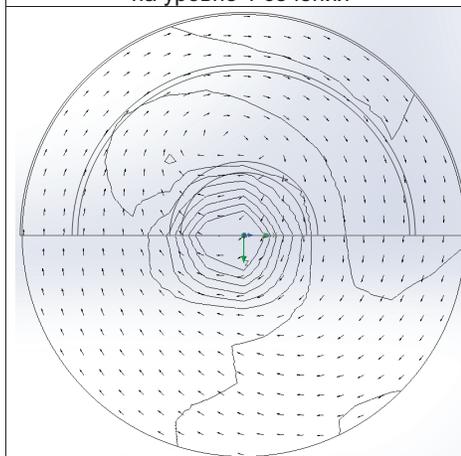


Рис.9. Поле векторов скорости на уровне 3 сечения

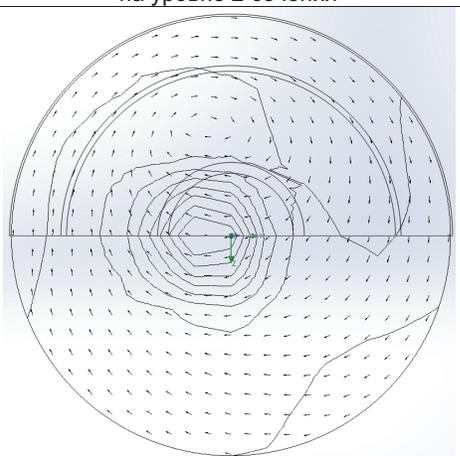


Рис.10. Поле векторов скорости на уровне 4 сечения

Результирующая скорость теплоносителя в пристенной зоне достигает 0,8-1,2 м/с для сечений 1-3 и 0,3-0,4 м/с для сечений 4-6, что обеспечивает упорядоченное движение высушенных частиц без попадания их в зону факела распыления. Окружная составляющая скорости достигает 0,5-0,7 м/с для сечений 1-2 (зона распыления продукта и вероятности его налипания на стенках башни), что должно обеспечить недопущение достижения частицами продукта стенок башни, а при необходимости и очистку стенок в этой зоне.

Результаты моделирования также показывают уменьшения турбулентной энергии в 4-5 раз сравнительно с начальным вариантом, причем ее концентрация

сосредотачивается лишь в зоне подачи теплоносителя, что вполне естественно. В то же время распределение турбулентной энергии в других зонах башни незначительно и несущественно влияет на характер движения теплоносителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установка дополнительного контура подачи теплоносителя с рациональными параметрами в распылительную сушильную установку обеспечивает существенное снижение турбулентности потоков, особенно в верхних сечениях сушильной башни, что в конечном итоге приводит к повышению качества продукта, а также помогает избежать налипания продукта на стенках башни и в случае необходимости обеспечивает их очистку.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Guo B., Langrish T. , Fletcher D. F. (2003), Simulation of gas flow instability in a spray dryer, Trans IChemE, Part A, Chem Eng Res Des, 81, pp. 631-638.

[2] Harvie D.J.E., Langrish T.A.G, Fletcher D.F. (2002), A computational fluid dynamics study of a tall-form spray dryer, Trans. IChemE, Part C, Chem Eng Res Des, 80(3), pp. 163-175.

[3] Harvie D. J. E., Langrish T. A. G., Fletcher D. F. (2001), Numerical simulations of gas flow patterns within a tall-form spray dryer, Trans IChemE, Part A, Chem Eng Res Des, 79, pp. 235-248.

[4] Mohammadi B., O. Pironneau. (1994), Analysis of the K-Epsilon turbulence model, New York : Wiley.

[5] Fletcher D. F., Guo B., Harvie D. J. E., Langrish T. A. G., Nijdam J. J., Williams J. (2003), What is important in the simulation of spray dryer performance and how do current CFD models perform. Third International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries, Melbourne, pp. 81-92.

[6] Kota K., Langrish T. (2007), Prediction of Deposition Patterns in a Pilot-Scale Spray Dryer Using CFD Simulations, Chem. Prod. and Proc. Modeling, 2(3), pp.26-35.

[7] Southwell, D.B.; Langrish, T.A.G. (2000), Observations of flow patterns in a spray dryer, Drying Technology, 18 (3), pp. 661–685.

[8] Saleh S. N. (2010), Prediction of Air Flow, Temperature and Humidity Patterns in a Pilot Plant Spray Dryer, Nahrain University, College of Engineering Journal (NUCEJ), 13, pp. 55–65.

Для контактов: К.т.н. доцент Виталий Пономаренко, кафедра технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования, Государственное высшее учебное заведение “Национальный университет пищевых технологий”, г. Киев, Украина, тел: (097) 948–47–20, e-mail: vponomarenkov@ukr.net.

Доклад был рецензирован