

УДК 621.926

В. С. Францкевич, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**А. С. Дорогокупец**, аспирант (БГТУ)**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО МАТЕРИАЛА**

Использование компьютерных приложений при проектировании и исследовании машин и аппаратов позволяет не только интенсифицировать, удешевить и получить промежуточные и конечные результаты, но и определить, какие управляющие воздействия приведут к наиболее благоприятному развитию событий.

Use of computer appendices at designing and research of machines and devices allow not only intensify, reduce the price and receive intermediate and the end results, but also op-redelit, what operating influences will lead to optimum succession of events.

Введение. При проектирование машин и агрегатов, а также сопутствующих им различных процессов (аэро- и гидродинамики, тепловых процессов, исследование режимов движения измельченного материала), в мировой практике наблюдается тенденция перехода от лабораторных исследований с применением, как правило, сложных и дорогостоящих контрольно-измерительных приборов, зафиксированные величины которыми требуют скрупулезной обработки с использованием математического описания изучаемого процесса, объекта, т.е. к созданию компьютерной модели, наложению необходимых физических ограничений, заданию параметров и получению готового результата.

Чтобы рассчитать физический процесс, т.е. изменение физических параметров в пространстве и времени, его надо, как было сказано выше, сначала математически смоделировать. Поскольку физические процессы – результат действия законов физики, то наиболее адекватные физическим процессам математические модели представляют собой систему отражающих законы физики дифференциальных и/или интегральных уравнений (с привлечением, при необходимости, полуэмпирических и эмпирических констант и зависимостей) с граничными и начальными условиями, привязывающими данную математическую модель к поставленной конкретной физической (инженерной) задаче, т.е. определяющими данные физические процессы в этой задаче.

Поскольку используемые в математической модели системы дифференциальных и/или интегральных уравнений обычно не имеют аналитического решения, они приводятся к дискретному виду и решаются на некоторой расчетной сетке. Естественно, решение математической задачи существенно зависит как от способа дискретизации уравнений, так и от способа решения полученных в результате уравнений. Очевидно, решение математической задачи будет тем точнее, чем лучше расчетная сетка раз-

решает области нелинейного поведения решения уравнений, что, как правило, достигается использованием более мелкой расчетной сетки в этих областях [1, 2, 3].

Рассмотрим возможность моделирования процессов аэродинамики на примере компьютерного приложения COSMOSFloWorks, которое базируется на последних достижениях вычислительной газо- и гидродинамики и позволяет рассчитывать широкий круг различных течений: двумерные и трехмерные, ламинарные, турбулентные и переходные, несжимаемые, сжимаемые, с до-, транс- и сверхзвуковыми областями, стационарные и нестационарные течения многокомпонентных текучих сред в каналах и/или вокруг тел, с учетом гравитации, пограничного слоя, в том числе с учетом шероховатости стенок, с теплообменом между текучей средой и твердым телом, которое, в свою очередь, может состоять из нескольких материалов; с расчетом теплопередачи в твердых телах, т.е. с решением задачи сопряженного теплообмена, в том числе с учетом радиационного теплообмена между поверхностями; течения через пористые среды как через рассредоточенные сопротивления; ламинарные течения неньютоновских жидкостей; течения сжимаемых жидкостей; двухфазные течения как движение жидких или твердых частиц в потоке текучей среды.

В качестве граничных условий, помимо обычной стенки, входных и выходных отверстий, могут быть заданы приточные или вытяжные вентиляторы, температура, тепловые потоки. Возможно, задание объемных источников тепла в текучей среде и/или в теле (если рассчитывается теплопередача в твердых телах), поверхностных источников тепла на поверхности твердого тела, а также радиационных потоков тепла.

Чтобы яснее очертить круг решаемых задач, отметим, что в настоящее время в COSMOSFloWorks не рассчитываются и не учитываются: изменение геометрии проточного

тракта в процессе расчета (однако не изменяющее эту геометрию движение поверхности твердого тела может быть учтено); течение жидкости и газа одновременно; свободные поверхности жидкости; химические реакции; влияние частиц двухфазной среды на движение газовой фазы.

Основная часть. В качестве объекта исследования на предмет возможности применения универсальных компьютерных приложений для исследования процесса аэродинамики закрученного пространственного воздушного потока выбрана вертикальная мельница с коническими валками и гравитационным воздушным классификатором (рис. 1), состоящим из внутреннего усеченного конуса с возвратным патрубком 1, корпусом классификатора 2 и регулировочными поворотными лопатками 3.

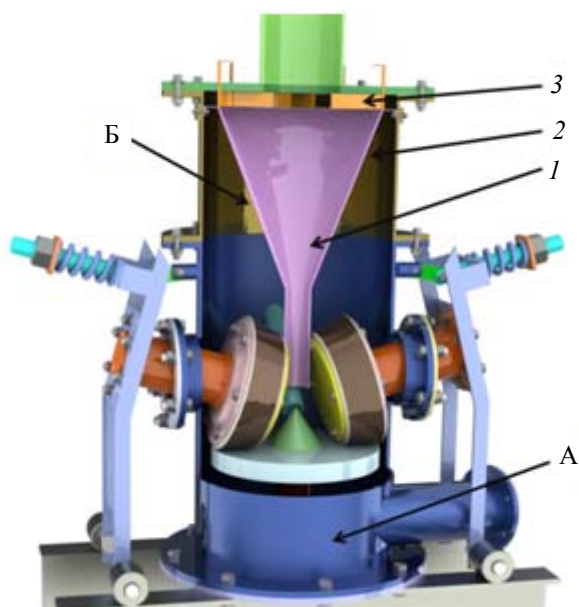


Рис. 1. Валковая среднеходная мельница с воздушным классификатором:

- А – мельница валковая среднеходная;
- Б – воздушный классификатор;
- 1 – внутренний усеченный конус с возвратным патрубком;
- 2 – корпус классификатора;
- 3 – регулировочные лопатки

Целью данной работы является демонстрация возможности использования компьютерных приложений для исследования различных процессов на примере изучения распределения воздушного потока в сечении помольного комплекса и представления траектории движения измельченных частиц некоего условного материала (который подвергается измельчению в данных типах мельниц).

Для начала, как было отмечено выше, смоделируем помольно-классификационный комплекс (рис. 1), используя компьютерное прило-

жение SolidWorks (возможно использование любых CAD программ, поддерживающих трехмерное моделирование).

Проведем исследования на предмет аэродинамики воздушного пространственного потока. Для этого зададим следующие условия работы комплекса: температура воздушного потока на входе в мельницу – 18–20°C, рабочая среда – атмосферный воздух, расход несущей среды – 1000 м³/ч, работа мельницы под разрежением, создаваемым газодувкой.

Выполнив перечень заданий начальных условий и произведя расчет, система позволяет далее в стандартном режиме извлекать всю необходимую для исследователя информацию (скорости движения – полная, тангенциальная, радиальная, осевая и др., давление, температура, аэродинамическое сопротивление и т.д.) в любом удобном для анализа виде (поверхности, графики и т.д.) и в любом изучаемом сечении.

Так, на рис. 2 представлены поверхности распределения полной скорости движения закрученного пространственного потока у основания корпуса воздушного классификатора и в сечении установки регулировочных лопаток.

Анализируя поверхности распределения полной скорости воздушного потока в сечениях воздушного классификатора можно отметить, что у основания корпуса классификатора (рис. 2) наблюдается вполне равномерное распределение скорости с ее повышением при увеличении значения текущего радиуса. При этом в центре, т.е. в сечении внутреннего конуса, скорость воздушного потока не равна нулю, а имеет значение в пределах 0,5–2,0 м/с, что связано с образованием разрежения выходящим потоком воздуха через выходной патрубок, однако учитывая незначительную силу аэродинамического воздействия на возвращаемый на доизмельчение исходный материал, данное обстоятельство никоим образом не повлияет на процесс сепарации.

Сечение установки регулировочных лопаток (рис. 2) характеризуется резким увеличением полной скорости воздушного потока, что связано с уменьшением проходного сечения. Из рисунка видно, что воздушный поток полностью повторяет геометрию лопаток, т.е. отсюда можно сделать вывод о плавности и достаточно высокой точности возможности регулировки скорости воздушного потока в указанном сечении классификатора, что позволит соответственно изменять тонину помола, получая размерный продукт, необходимый для протекания дальнейших технологических процессов.

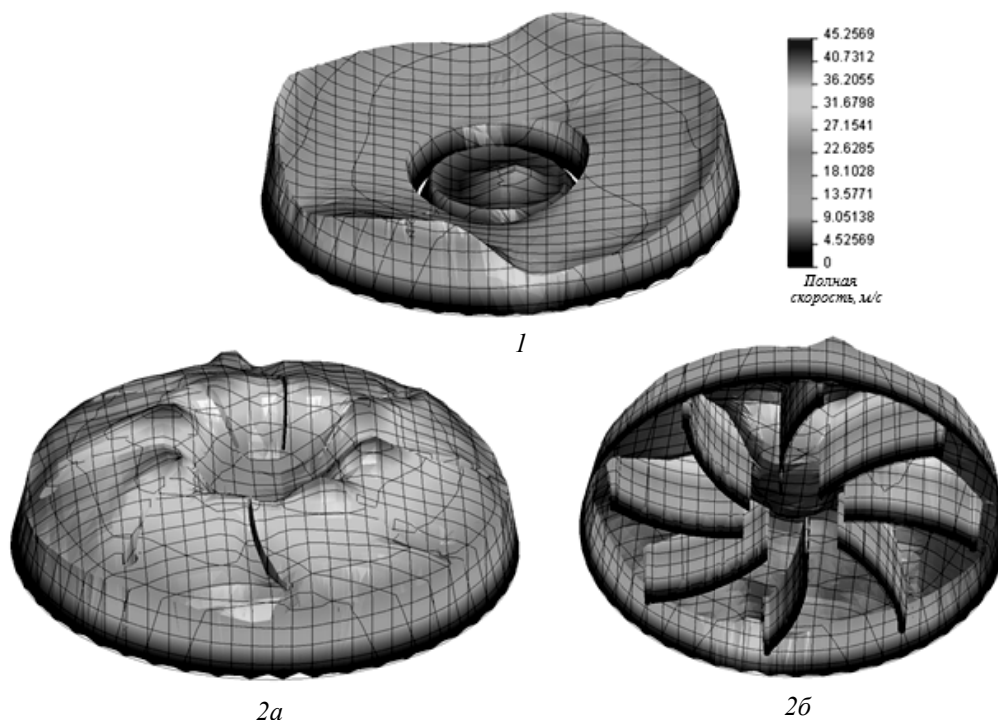


Рис. 2. Поверхности распределения полной скорости в сечениях воздушного классификатора:
 1 – у основания корпуса классификатора;
 2 – в сечении положения регулировочных лопаток:
 а – вид сверху; б – вид снизу

На рис. 3 представлен профиль полной скорости в вертикальном сечении, проходящем через центр классификационно-помольной установки.

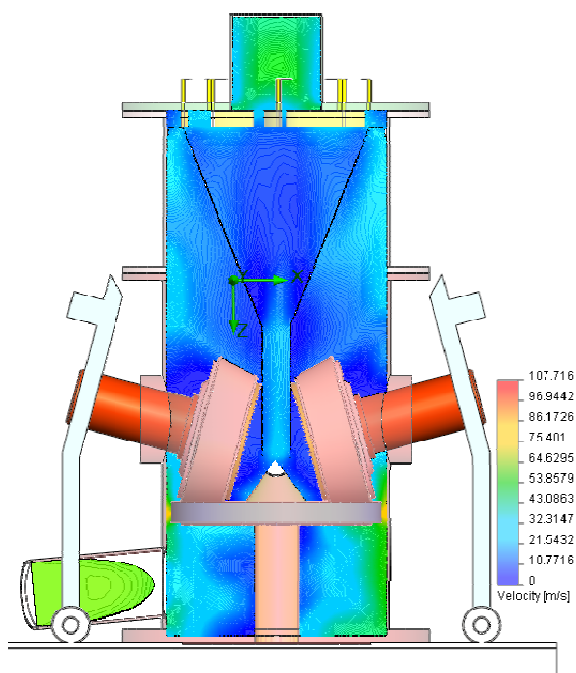


Рис. 3. Профиль полной скорости в вертикальном сечении классификационно-помольной установки

Анализируя полученный вертикальный профиль можно отметить, что воздушный поток равномерно распределен и структурирован по сечению помольной установки, что в свою очередь связано с вводом несущей среды через тангенциальный патрубок. Таким образом, не будет возникать зон перепада скоростей в одном горизонтальном сечении, что позволит частицам полидисперсного материала также распределяться равномерно по сечению установки.

Подтверждением вышесказанного является представленное на рис. 4 распределение полной скорости движения воздушного потока по сечению мельницы в виде траектории.

Таким образом, использование компьютерных приложений позволяет не только ускорить процесс получения конечного результата, но и получать куда более полную и при задании всех необходимых величин более точную информацию, необходимую для дальнейшего проведения исследований над объектом.

Проанализируем траекторию движения частиц условно измельченного материала (доломит) до размера 10 мкм в смоделированном ранее пространственном воздушном потоке. Результаты исследования при различном угловом начальном положении частиц материала, лежащих в плоскости размольной тарелки, при начальных условиях представлены на рис. 5.

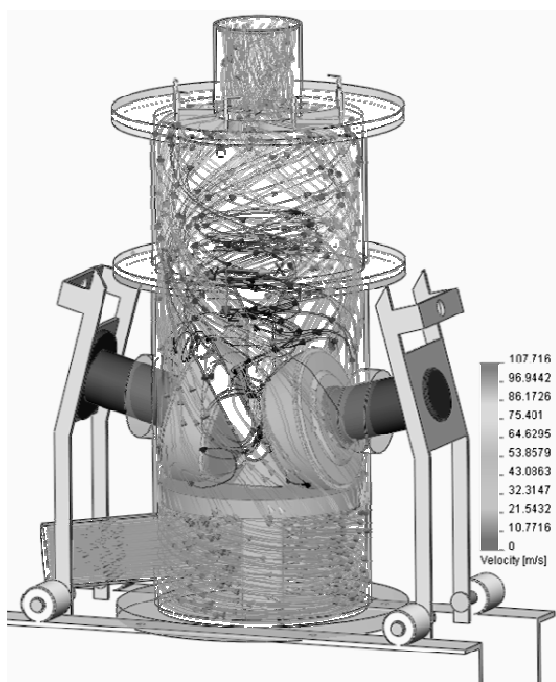


Рис. 4. Траектория движения воздушного потока и его полная скорость

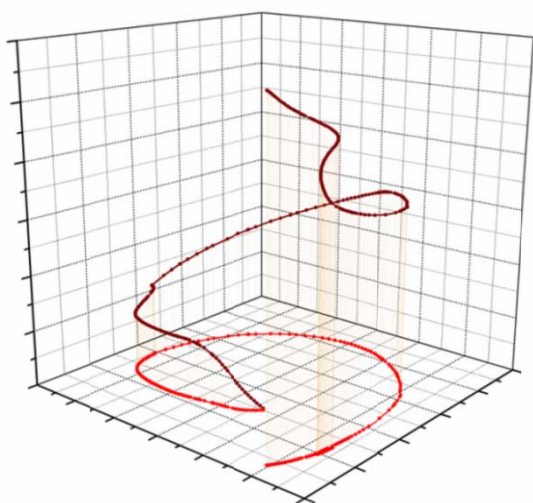
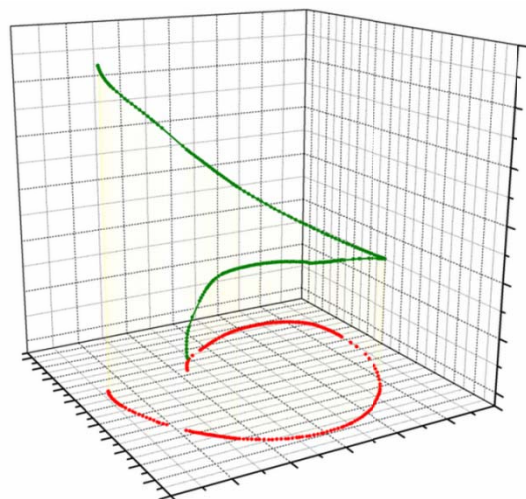


Рис. 5. Траектория движения частиц при их различном начальном положении

Как видно из графиков, частицы движутся по спирали, хотя их движение немного и от- лично друг от друга, что связано с внутрен- ними устройствами (размольные тарелка и конические валки). Однако при проектирова- нии и изготовлении промышленного помольно- классификационного комплекса траектории движения отдельных частиц измельченного материала будут идентичны ввиду несоизме- римости частиц с геометрическими размера- ми размольных элементов.

Заключение. Как уже отмечалось, целью данной работы было не предоставить кон- кретные результаты исследования аэродина- мики воздушного потока в помольном ком- плексе, а показать возможность применения автоматизированного проектирования, как моделей установок, так и самих процессов.

Таким образом, необходимо еще раз от- метить преимущество использования ком- пьютерных приложений для проектирования и создания машин, агрегатов, любого обо- рудования, как промышленного назначения, так и товаров народного потребления, свя- занное с интенсификацией процесса прое- ктирования, для полного анализа промежу- точных данных с целью получения необхо- димых результатов и как следствие создания готового конечного изделия, обладающего необходимыми качественными характе- ристиками.

Процесс создания трехмерной компью- терной модели будущего изделия позволяет более детально ее представить на стадии проектирования, что дает конструктору воз- можность предотвратить некие нестыковки, которые при обычном двухмерном прое- ктировании могли быть не учтены и в после- дующем обнаружены только при сборке го- тового изделия. Данное обстоятельство при- вело бы к сосредоточению усилий на кор- ректировку и/или доработку изделия, что в свою очередь негативно сказалось бы на за- тратах на производство изделия и как след- ствие на стоимости.

Литература

1. Алямовский, А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский [и др]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
2. Ушаков, С. Г. Инерционная сепарация пыли / С. Г. Ушаков, Н. И. Зверев. – М.: Энергия, 1974. – 168 с.
3. Барский, М. Д. Фракционирование порошков / М. Д. Барский. – М.: Недра, 1980. – 327 с.

Поступила 28.02.2011