

УДК 621.979

© Е.В. Штефан, Б.Л. Ивашенко

43

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО - ПРЕССУЮЩИХ ШНЕКОВЫХ
УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

У роботі запропонована методика проектування шнекових пристроїв, призначених для роботи з дисперсними матеріалами. Методика дозволяє визначити вплив фізико-механічних властивостей дисперсних матеріалів, геометричних параметрів і режиму роботи

на його продуктивність, а також оцінити експлуатаційні навантаження на конструктивні елементи.

В работе предложена методика проектирования шнековых устройств, предназначенных для работы с дисперсными материалами. Методика позволяет определить влияние физико-механических свойств дисперсных материалов, геометрических параметров и режима работы шнека на его производительность, а также оценить эксплуатационные нагрузки на конструктивные элементы.

In work the technique of designing auger the devices intended for work with disperse materials offered. The technique allows to define (determine) influence of physicomechanical properties of disperse materials, geometrical parameters and an operating mode auger on its productivity, also to estimate operational loadings on constructive elements.

Для многих типов технологического оборудования междурудной, энергетической, химической, перерабатывающей отраслей промышленности характерно использование шнековых устройств для транспортировки или прессования дисперсных материалов в зависимости от назначения их переработки. При проектировании таких устройств необходимо определение зависимостей между конструктивными (размеры межвиткового пространства, частота вращения вала и т.п.) и технологическими (производительность, физико-механические характеристики обрабатываемого материала, давление в объеме прессуемого материала и т.п.) параметрами шнека. Получение таких зависимостей, с учетом иррегулярного характера движения дисперсной среды и одновременным протеканием в ней массообменных процессов, связано со значительными математическими трудностями.

Использование современных компьютерных технологий позволяет получить решение нелинейной краевой задачи математической физики о нестационарном движении дисперсных материалов в условиях силового нагружения. При этом основным принципом проведения вычислительного эксперимента является рассмотрение в едином комплексе постановки задачи метода ее решения и реализации вычислительного алгоритма в виде программной системы. Этот принцип положен в основу при создании информационных технологий проектирования (ИТП) процессов и аппаратов различных технических систем [1]. Теоретические исследования подобных процессов в рамках основных положений физико-химической механики [2] базируются на формулировке соответствующих нелинейных пространственно – нестационарных краевых задач математической физики. Использование проекционно-сеточных методов решения этих задач дает возможность получения соответствующих решений. Однако существующие хорошо апробированные алгоритмы построения решений с использованием методов конечных элементов и конечных разностей ориентированы на исследование деформирования, как правило, однородных упругопластических материалов [3]. Для использования данных алгоритмов и соответствующих им числовых моделей в анализе деформирования гетерогенных дисперсных материалов необходимо построение аналитических моделей в форме, отвечающей используемым стандартным процедурам (типа методов переменных параметров упругости, дополнительных нагрузок и т.п. [3]).

В данной работе рассматривается шнековое устройство, схематично представленное на рис.1. Основные геометрические параметры шнека (шаг витка h_x , диаметр вала d_x , диаметр корпуса D_x) могут меняться по длине шнека. Для определения закономерностей поведения дисперсного материала в межвитковом пространстве шнека предложена аналитическая модель деформирования гетерогенных дисперсных материалов [4], которую можно использовать в алгоритмических моделях деформирования однородных упруго-вязко-пластических материалов дополненных некоторыми специальными процедурами. Аналитическая модель как составная часть математической модели [1] основана на концепции представления дисперсного материала в виде двухфазной смеси: твердых частиц (твердой дисперсной фазы) и газо-жидкой дисперсионной среды. Для модельного описания поведения таких материалов необходимо использовать следующие традиционные понятия: напряжение, деформация, плотность, а также скорости изменения этих параметров. Указанные тензорные и скалярные характеристики имеют локальную природу и определяются с помощью операций предельного перехода, когда элементы пространства (объемы и поверхности) стягиваются к точкам.

Классическое представление о частице в механике дисперсных систем [5] состоит в отождествлении ее с твердыми зёрнами различной дисперсности. Возникает следующий парадокс: каждая частица дисперсного материала, по сути, представляет собой деформируемое твердое тело.

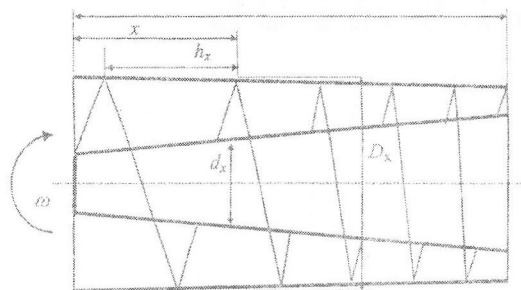


Рис. 1. Схема шнекового устройства

Поскольку каждая дискретная частица взаимодействует с соседними частицами, распределение напряжений в ней неоднородно. Поэтому, для упрощения математического описания механического поведения дисперсных материалов, будем использовать для соответствующих параметров пространственное осреднение по твердой и газо-жидкой фазам [5]. Полное математическое описание поведения таких дисперсных материалов изложено в [1,6].

Для упрощения формулировки граничных условий принимаем отождествление движения материала в межвитковом пространстве шнека с движением материала в прямолинейном канале переменного сечения, соответствующего форме межвиткового канала (рис.2, а). В силу невысоких скоростей движения

и пренебрежение силами инерции при таком подходе не приводит к большим погрешностям.

Распределение давления, плотности, кинетики выхода жидкой фазы, распределения напряжений в каждом сечении канала основано на решении плоской задачи (рис.2, б). Для решения данной задачи используется программное обеспечение PLAST-002 [1], предназначенное для моделирования неравновесных процессов деформирования дисперсных двухфазных систем при известном заданном нагружении в режиме упруго - вязко - пластического поведения жидкой фазы. При этом учет кинематических характеристик движения среды в канале переменного сечения (рис.2.) основан на преобразовании относительных движений частиц материала.

Предполагается, что относительно корпуса шнека частицы перемещаются вдоль оси вала шнека. Один оборот шнека осуществляется за время

За это время частица среды смещается на расстояние шага витка h .

Средняя скорость частицы материала вдоль оси вала шнека равна $V = \frac{h}{T} = \frac{h\omega}{2\pi}$.

Для определения скорости движения частиц материала относительно стенок винтового канала находим длину винтовой линии L , соответствующую шагу витка шнека по поверхности его корпуса диаметра D : $L = \sqrt{h^2 + (\pi D)^2}$.

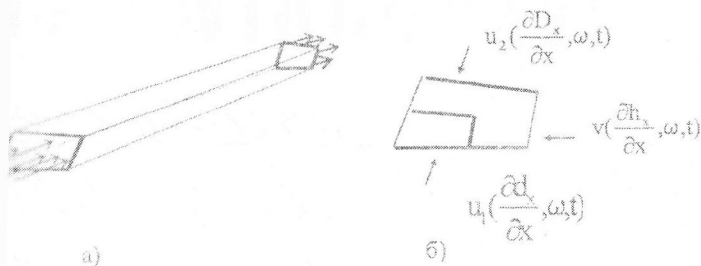


рис.2 Канал межвиткового пространства (а) и закон изменения его сечения (б)

Поскольку длины винтовых линий по валу и корпусу шнека различны, то в расчетах принимаем длину винтовой линии одного витка шнека в усредненном виде:

$$L = \frac{\sqrt{h^2 + (\pi D)^2} + \sqrt{h^2 + (\pi d)^2}}{2}$$

Тогда скорость частицы вдоль межвиткового канала шнека составляет

Массовый расход материала при движении его по каналу равен

$Q = \rho US$, где S – площадь сечения канала. Следует отметить, что приведенные формулы для определения кинематических характеристик материала в межвитковом канале справедливы для любого сечения канала. При этом такие геометрические характеристики, как h, L, S являются постоянными для транспортных шнеков, а для прессующих – меняются по длине канала. Между точками винтового межвиткового пространства шнека (рис. 1) и точками прямого канала (рис. 2). Установлено следующее соответствие – каждому i -му полному витку шнека соответствует участок канала длиной L_i . Для шнека, состоящего из n полных витков, длина соответствующего канала составляет $L = \sum_{i=1}^n L_i$.

Таким образом, методика расчета эксплуатационных показателей шнековых устройства состоит из двух этапов. На первом – рассматривается двумерная задача о поведении дисперсного материала в межвитковом пространстве (определяются распределение напряжений и плотности дисперсного материала, объемное содержание фаз). На втором – определяются кинематические характеристики и массовый расход в межвитковом канале шнека.

Литература

1. Штефан С.В. Моделирование поведения дисперсных систем у неравновесных процессах шаровых выработок // Наукові праці УДУХТ, 2000. – №8. – С. 63-66.
2. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика – новая пограничная область науки. – М.: Знание, 1958. – 64 с.
3. Батз Н., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982. – 447 с.
4. Штефан Е.В. Информационные технологии проектирования технологического оборудования для механической обработки дисперсных материалов // Междунар. период. сб. научн. тр. Обработка дисперсных материалов и сред. Теория, исследования, технология, оборудование. – Одесса: НПО "ВОТУМ", 2002. – Вып. 12. – 338 с.
5. Механика насыщенных пористых сред. / В.Н Николаевский, К.С Басинев, А.Т Горбунов, Г.А Зотов. – М.: Недра, 1970. – 339 с.
6. Штефан Е.В., Блаженко С.И. Построение аналитической модели процессов деформирования дисперсных материалов // Междунар. период. сб. научн. тр. Обработка дисперсных материалов и сред. – Одесса: НПО "ВОТУМ", 2003. – Вып. 13. – с. 26-33.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Г.А. Сімановичем
Поступила в редакцію 19.01.05