

УДК 621.867.8

О выборе оптимальных параметров систем пневматической транспортировки сыпучих материалов в химической промышленности

Демихов Константин Евгеньевич

ked@bmstu.ru

SPIN-код: 8411-3458

Очков Андрей Андреевич

aochkov@bmstu.ru

SPIN-код: 5889-9286

Скорняков Владимир Михайлович^(*)

skornyakov@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В настоящее время системы пневматической транспортировки сыпучих материалов широко применяются во многих отраслях промышленности в силу целого ряда преимуществ. Однако, остается открытым вопрос оптимизации параметров подобных систем, особенно по нескольким критериям оптимальности. Представлен метод расчета оптимальных параметров, таких как диаметр трубопровода, скорость транспортирующего газа и массовая концентрация твердой фазы в системах пневматической транспортировки сыпучих материалов. В качестве критерия оптимальности выбирается минимальная мощность компрессора, затрачиваемая на сжатие, при этом должна обеспечиваться требуемая массовая производительность по материалу. Сделаны выводы.

Ключевые слова: пневматическая транспортировка, потери давления, массовая производительность, оптимизация, энергоэффективность

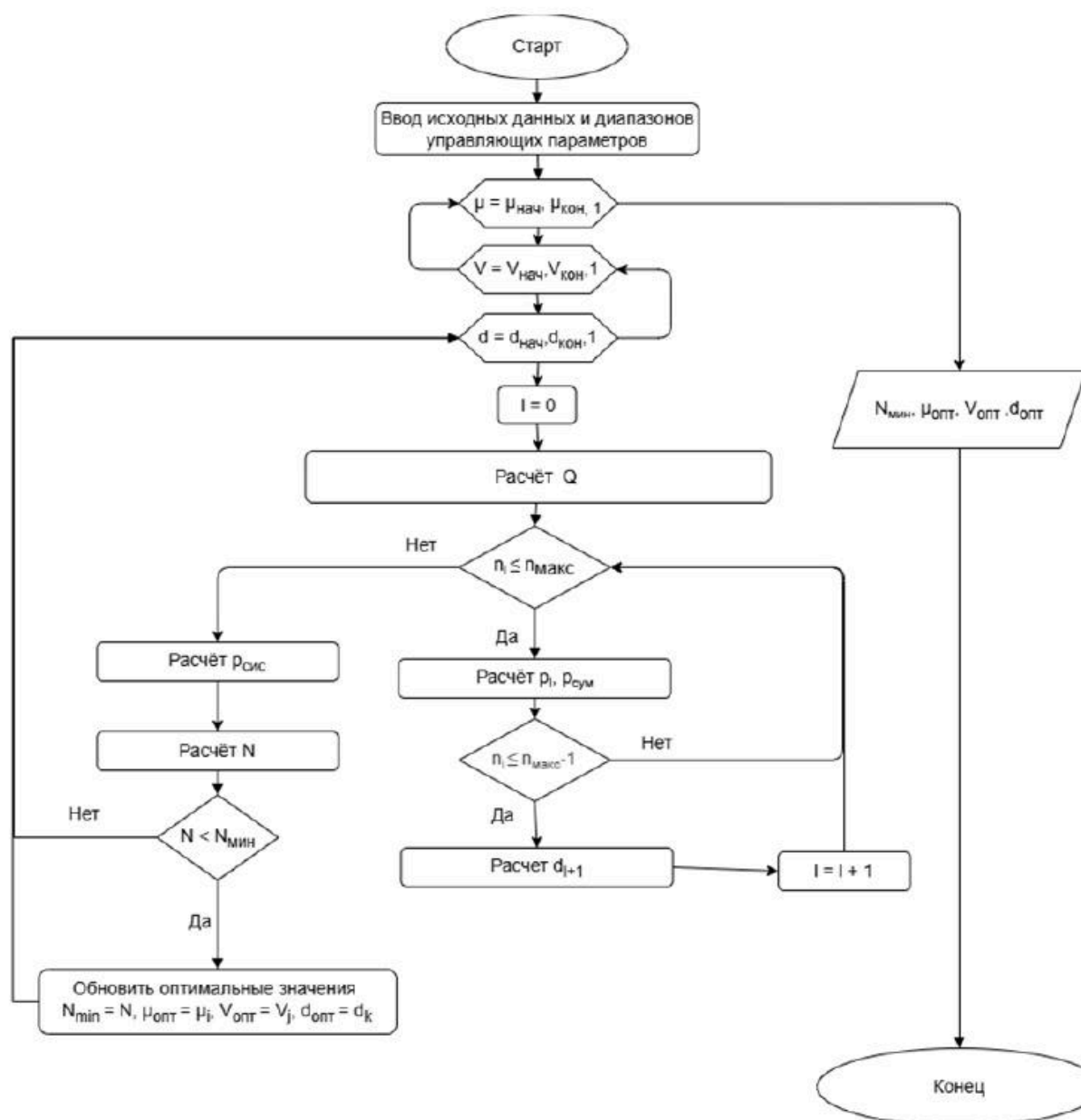
Введение. В настоящее время пневматическая транспортировка широко применяется в химической, пищевой, горнорудной и энергетической отраслях промышленности для перемещения порошков и гранулированных материалов. Некорректный расчет параметров таких систем при их проектировании приводит к износу и забивке участков линии, внеплановым остановкам оборудования, а также к избыточной потребляемой мощности питающих систему компрессоров [1, 2]. При эксплуатации действующих установок часто требуется корректировка режимов работы, связанная с изменением требуемой массовой производительности по материалу [3]. Нередко происходит замена транспортируемого материала в системе в силу, так называемого, марочного перехода компании. В таких условиях необходим метод предварительной оценки, позволяющий за относительно короткое время произвести расчет оптимальных параметров системы по одному или нескольким критериям оптимальности [4].

Постановка задачи. В качестве исходных данных выбиралась требуемая массовая производительность по материалу G , геометрические параметры линии (длина L , суммарная высота вертикальных участков h , количество поворотных участков n_b , количество участков n_s), плотность газа ρ_g и материала

ρ_m . Необходимо было определить оптимальные значения следующих параметров: диаметр трубопровода d , скорость газа v и массовая концентрация твердой фазы μ . В качестве критерия оптимальности выбирается минимальная мощность компрессора, затрачиваемая на сжатие. Решение должно обеспечивать требуемую массовую производительность по материалу и непрерывную транспортировку частиц без осаждения.

Основные физические величины. Массовая концентрация твердой фазы определяется отношением массовых расходов твердой и газовой фаз. При увеличении массовой концентрации твердой фазы увеличивается массовая производительность по материалу, однако увеличивается и требуемая мощность компрессора на сжатие [1].

Суммарная потеря давления в системе определяется как сумма потерь при движении на горизонтальных, вертикальных, поворотных участках, а также дополнительных потерь, учитывающих наличие твердой фазы [5].



Блок-схема программы расчета оптимальных параметров

Алгоритм расчета. Алгоритм расчета включает следующие шаги.

Ввод исходных данных. Задаются значения массовой производительности, геометрических параметров линии транспортировки, свойств газа и материала.

Инициализация управляющих параметров: массовая концентрация, скорость потока газа и диаметр трубопровода, определение диапазона изменения рассматриваемых параметров [1, 2].

Расчет основных параметров системы пневматической транспортировки сыпучих материалов. Для каждого набора управляющих параметров из заданного диапазона рассчитываются основные характеристики системы пневматической транспортировки сыпучих материалов, такие как суммарная потеря давлений в системе, производительность и мощность, затрачиваемая на сжатие, компрессора. При расчете учитывается пошаговое увеличение диаметра трубопровода на каждом условном участке с целью обеспечения постоянной скорости транспортировки.

Оптимизация. С применением метода глобальной оптимизации определяются оптимальные параметры, при которых значение мощности компрессора, затрачиваемой на сжатие, минимальное.

Алгоритм расчета оптимальных параметров представлен на рисунке.

Заключение. Разработан метод расчета оптимальных параметров пневматических систем транспортировки сыпучих материалов, в качестве критерия оптимальности была выбрана минимальная мощность, затрачиваемая компрессором на сжатие. Оптимизация параметров подобных систем станет незаменимым инструментом для предприятия при частых марочных переходах транспортируемого сыпучего материала, позволит сократить операционные расходы.

Список источников

- [1] Mills D. *Pneumatic Conveying Design Guide*. Oxford, Elsevier, 2004, 648 p.
- [2] Klinzing G.E., Rizk F., Marcus R., Leung L.S. *Pneumatic Conveying of Solids*. Dordrecht, Springer, 2010, 540 p.
- [3] Очков А.А. *Создание методологии расчета оптимальных параметров пневматических систем транспортировки гранул полиэтилена для повышения эффективности работы предприятий химической промышленности*. Дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2025, 227 с.
- [4] Очков А.А., Скорняков В.М. Оптимизация геометрических параметров колена трубопровода в системах пневмотранспорта полиэтилена. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2024, № 4 (151), с. 82–95. EDN: WFXKYM.
- [5] Rhodes M. *Introduction to Particle Technology*. Chichester, Wiley, 2008, 472 p.