

турными, что также снижает энергозатраты и позволяет использовать транспортное оборудование меньшей производительности (и, соответственно, с меньшей стоимостью). Особенностью гранулирования и сушки удобрений в БГС является периодическое колебание гранулометрического состава и связанное с этим изменение массовых расходов ретур и готового продукта. Эти процессы оказывают негативное влияние и на свойства удобрений. Для стабилизации процессов гранулирования и сушки, а также для получения качественных показателей продукта необходимо поддерживать определенный расход и качество внешнего ретура.

В большинстве случаев при гранулировании сложных и сложно-смешанных удобрений ретур вводится в грануляционный аппарат для поддержания оптимальной влажности и обеспечения максимального выхода товарной фракции. В отдельных случаях, при гранулировании удобрений методом прессования либо гранулирования суперфосфата методом окатывания в присутствии влаги, ретур не требуется, однако он образуется в процессе гранулирования. В этих случаях стремятся вести процесс с минимальным выходом ретура - мелкой фракции.

Заключение. Развитие техники гранулирования обычно тесно связано с общим развитием технологии производства того или иного продукта. Выбор метода гранулирования зависит от конкретного производства. Так, методы гранулирования полимерных материалов оказываются непригодными для гранулирования минеральных удобрений и наоборот. Тем не менее, существуют общие принципы подхода к выбору наиболее целесообразных методов гранулирования в зависимости от агрегатного состояния и физических свойств исходных веществ.

Большинство из выпускаемых на данный момент сложных фосфоросодержащих минеральных удобрений производится методом окатывания с использованием связующего компонента на частицах ретура в барабанных агрегатах.

УДК 66.063.8

О. А. Петров, доц., канд. техн. наук;
В. Н. Павлечко, доц., канд. техн. наук;
В. С. Францкевич, зав. каф., доц., канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ С МАЛОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ОДНОГО ИЗ КОМПОНЕНТОВ В ВЫСОКИХ ЕМКОСТЯХ

Перемешивание в жидких средах широко распространено в промышленности, этот процесс лучше разработан теоретически, и для его осуществления разработано и создано наиболее совершенное оборудование. Перемешивание жидкостей можно осуществить непосредственно в трубопроводе за счет турбулентности потока протекающей жидкости, либо в специальных аппаратах периодического или непрерывного действия, в которых создается турбулентное движение и циркуляция жидкости. Циркуляция может создаваться перекачиванием жидкости по замкнутому контуру, продуванием сжатого воздуха или применением механических мешалок [1].

Однако в некоторых технологических процессах возникают особенности, не позволяющие эффективно воспользоваться традиционными средствами, то есть требующие специфического подхода. Такой спецификой отличается перемешивание жидкостей с малой концентрацией одного из компонентов в емкостях большого объема (50 м^3 и более) с отношением высоты к диаметру $H/D = 3$ и более. Это в частности характерно для многотоннажных производств технических жидкостей (масла, смазки, смазочно-охлаждающие технические средства (СОТС) и др.).

Производственная задача, решаемая нами, заключалась в необходимости интенсификации процесса перемешивания нефтяного пластификатора (масла) с небольшим количеством концентрата (около 6%) в обогреваемой цилиндрической емкости (сборнике) объемом более 50 м^3 и высотой более 10 м, имеющей циркуляционный контур в нижней части. Причем задача усложнялась неприемлемостью сколь-нибудь значительного изменения существующей конструкции оборудования на первом этапе.

В ходе проведенных исследований было выяснено, что находящийся в сборнике продукт нагрет неравномерно. Возле стенок за счет электрообогрева смесь имеет температуру $t_{\text{ст}} = 90^\circ\text{C}$ и среднюю плотность $\rho_{\text{ст}} = 916,43 \text{ кг/м}^3$, по центру аппарата – температуру $t_{\text{ср}} = 85^\circ\text{C}$ и среднюю плотность $921,43 \text{ кг/м}^3$. То есть имеет место термогравитационная конвекция в неравномерно нагретой жидкости. Вследствие разности плотностей возникает разность гравитационных сил, представляющая собой подъемную (опускную) силу. В периферийной области возле цилиндрической стенки продукт, имеющий меньшую плотность, поднимается снизу вверх, а в центральной части с большей плотностью опускается вниз. Была рассчитана характерная скорость свободной конвекции продукта, которая составила $w_0 = 0,584 \text{ м/с}$.

Продукт вводится в сборник насосом, снизу имеется циркуляционный контур. Скорость ввода продукта $w_{\text{п}} = 0,51 \text{ м/с}$ сопоставима со скоростью свободной циркуляции $w_0 = 0,584 \text{ м/с}$. Кроме того, при

вводе продукта из-за трения о близлежащие слои продукта, имеющего сравнительно высокую вязкость, скорость продукта в результате принудительной циркуляции будет еще меньше. При вводе продукта через штуцер создается вынужденная циркуляция в объеме смеси.

Таким образом, направление принудительной и свободной циркуляции отличается, и первая нарушает структуру второй. В связи с этим было предложено осуществить направление ввода продукта от насоса вверх с помощью коллектора. В верхней части кольцевого коллектора имеются отверстия, через которые продукт вытекает в виде вертикально направленных струй, которые способствуют повышению скорости свободной циркуляции и более интенсивному перемешиванию содержимого сборника. Коллектор целесообразно изготовить разъемным для его перемещения внутрь сборника через имеющийся люк-лаз диаметром 600 мм. Забор более холодного продукта осуществляется по центру сборника в существующий обогреваемый циркуляционный трубопровод.

Кроме того, для интенсификации процесса перемешивания в прямолинейный участок циркуляционного трубопровода предлагается установить статический кавитационный аппарат (кавитатор), предварительный расчет которого также был произведен [2]. Кавитатор может быть изготовлен и смонтирован в циркуляционный контур без больших капитальных затрат и, вместе с тем, обладает достаточной эффективностью при минимальных эксплуатационных расходах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и методы расчета / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
2. Петров О.А., Вайтехович П.Е. Исследование и моделирование гидродинамических кавитаторов // Химическая промышленность сегодня. – 2003. – № 12 – С. 52–56.