

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Солохин Д.М. (ст. гр. ОПТ-12),
Руководитель - Остапенко М.А., к.т.н., доц., проф. каф. «МАХП»
Донецкий национальный технический университет

Важнейшим звеном в технологической цепи производства химических реактивов является сушка, как наиболее энергоемкий процесс, во многом определяющий энергозатраты, качество готового продукта и эффективность производства в целом.

Одним из наиболее распространенных аппаратов для сушки пастообразных материалов является вакуум-гребковая сушилка [1].

По принципу действия вакуум-гребковая сушилка является сушилкой контактного типа, в которой передача тепла обрабатываемому материалу осуществляется от нагретой поверхности корпуса, обогреваемого паром.

Основные направления интенсификации сушилок контактного типа следующие:

- увеличение температуры нагретой поверхности;
- увеличение эффективной поверхности контакта между обрабатываемым материалом и нагретой поверхностью;
- снижение парциального давления паров над обрабатываемым материалом.

Увеличение температуры пара в рубашке сопряжено со значительным увеличением энергозатрат, имеет ограничение при сушке термонестабильных материалов и поэтому в дальнейшем не рассматривается.

Увеличение эффективной поверхности контакта может быть достигнуто за счет увеличения геометрической поверхности контакта и улучшения перемешивания материала в сушилке, что связано с разработкой новой конструкции сушилки, т.е. – с увеличением капитальных затрат и времени модернизации.

Наиболее приемлемым направлением снижения энерго- и ресурсозатрат и требующим незначительного времени на внедрение, является снижения парциального давления паров, которое достигается за счет создания вакуума в рабочей полости сушилки. В связи с этим, это направление используется во многих вариантах аппаратного оформления процесса сушки пастообразных материалов [2].

Типовая схема аппаратного оформления установки для сушки пастообразных материалов с использованием вакуум-гребковой сушилки показана на рисунке 1.

Цилиндрический корпус сушилки 1 снабжен рубашкой, в которую подается пар - теплоноситель. Вращение скребков осуществляется реверсивным электромеханическим приводом, состоящим из редуктора 2 и электродвигателя 3. Корпус сушилки снабжен штуцерами для загрузки пасты, выхода паров сушки и выгрузки сухого продукта. Рубашка корпуса снабжена штуцером для подачи пара и двумя штуцерами для удаления конденсата, образующегося при охлаждении пара. Пары, выходящие из сушилки, проходят перегреватель 4, назначение которого предотвратить конденсацию паров сушки и возврат влаги в сушилку, проходят барометрический конденсатор, где конденсируются, а воздух откачивается вакуум-насосом.

Опыт эксплуатации показывает, что схема аппаратного оформления процесса сушки паст, представленная на рисунке 1, имеет следующие недостатки:

1. Большой унос сухого продукта из рабочей полости корпуса с парами сушки, приводящий к забиванию трубопроводов и вакуумного насоса и частым остановам. При этом, во многих случаях вакуумный насос отключается и сушка осуществляется без использования вакуума, что является экономически не целесообразным, так как приводит к необходимости увеличения времени сушки и, следовательно, - к увеличению расхода пара.

2. Большая энергоемкость процесса, что связано с потерями тепла паров сушилки, которые охлаждаются в барометрическом конденсаторе водой.

3. Потери продукта, уносимого в виде пыли из рабочей полости корпуса сушилки.

4. Потери маточного раствора, пары которого конденсируются в барометрическом конденсаторе, а конденсат вместе с охлаждающей водой проходят гидравлический затвор и сбрасываются в канализацию.

5. Большая металлоемкость и громоздкость трубопроводной обвязки сушилки, что связано с наличием барометрического конденсатора, который для обеспечения удаления воды, подаваемой для охлаждения и конденсации паров сушилки, располагается относительно гидравлического затвора на значительной высоте, определяемой по формуле

$$h \geq \frac{P_{vak}}{\rho_k \cdot g} \text{ м,}$$

где P_{vak} - вакуум в полости барометрического конденсатора, ;

ρ - плотность воды, кг/м³;

g - ускорение при свободном падении, м/с².

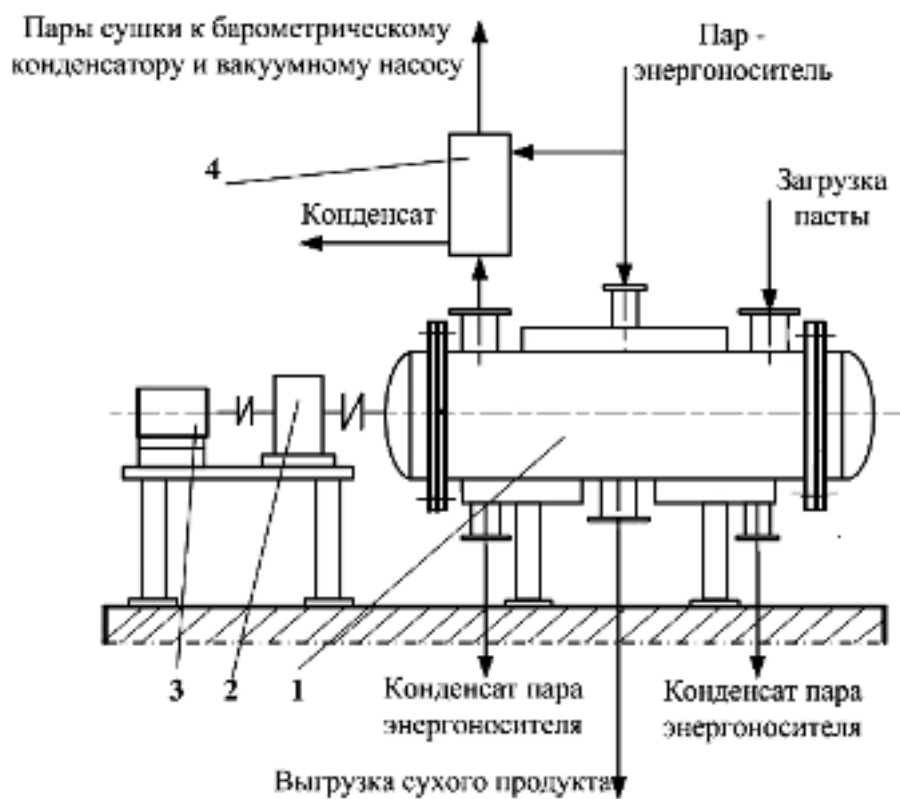


Рисунок 1 – Типовая схема аппаратурного оформления установки для сушки пастообразных материалов.

Целью представляемой работы является устранение отмеченных недостатков аппаратурного оформления сушки паст с использованием вакуум-гребковой сушилки. Для достижения этой цели нами предлагается:

1. После сушилки установить аппарат для улавливания пыли из паров сушилки.

2. Перегреватель паров сушилки 4 (рис. 1) исключить и вместо него установить испаритель теплового насоса.

3. Исключить барометрический конденсатор, установленный в типовой схеме перед вакуумным насосом.

Схема аппаратного оформления установки для сушки пастообразных материалов после модернизации показана на рисунке 2.

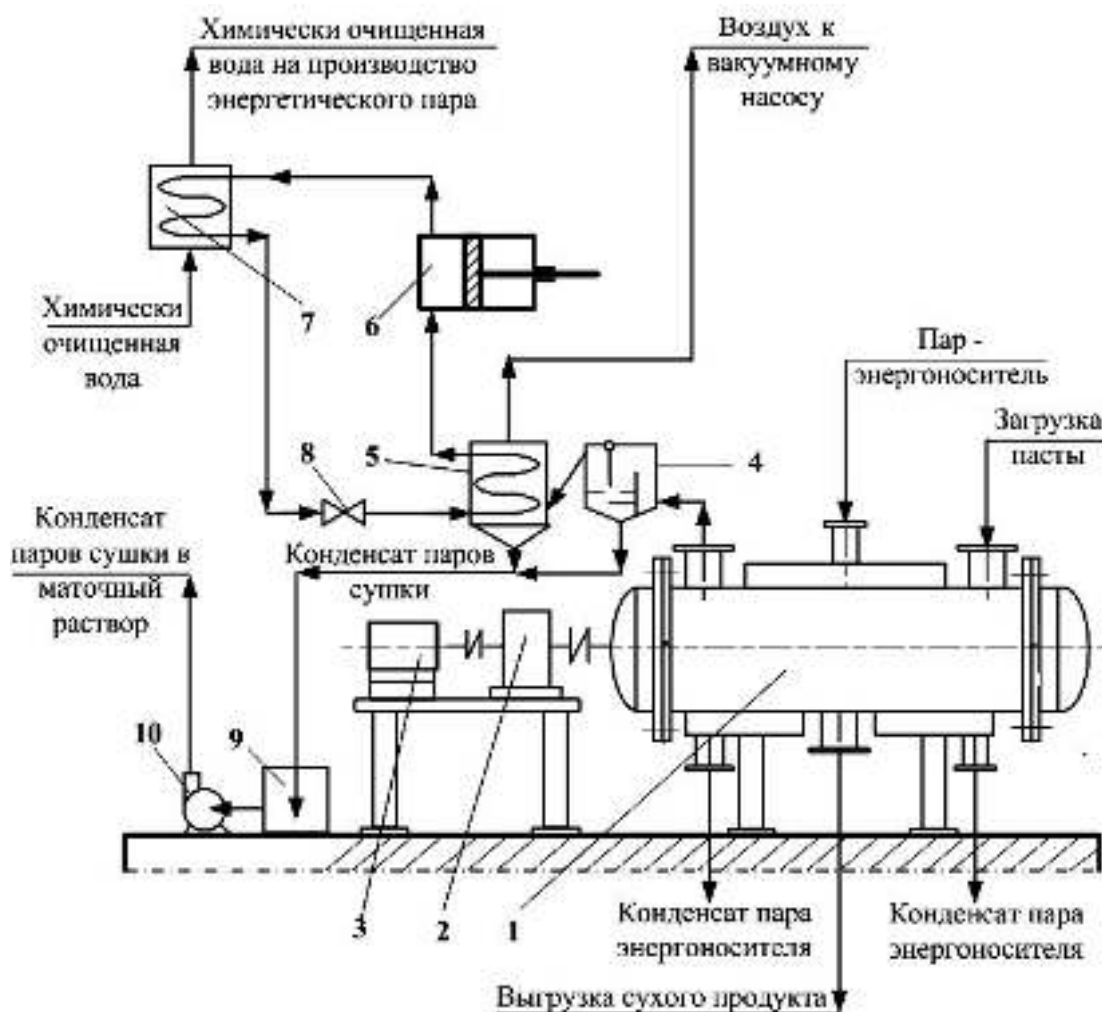


Рисунок 2 – Схема аппаратного оформления установки для сушки пастообразных материалов после модернизации.

Модернизированный процесс сушки паст осуществляется следующим образом.

Пары сушки из рабочей полости корпуса сушилки 1 поступают в центробежно-инерционный аппарат 4 мокрого типа для очистки от уносимой пыли продукта и затем - в межтрубное пространство испарителя 5 теплового насоса, в котором тепло паров сушки отбирается хладагентом (фреон или раствор гликоля в воде), кипящем в трубах испарителя. При охлаждении паров сушки влага конденсируется, а воздух откачивается вакуумным насосом.

В межтрубном пространстве испарителя 5 происходит практически полная конденсация паров сушки, что исключает необходимость установки барометрического конденсатора перед вакуумным насосом.

Шлам из аппарата 4 (вода с растворенной пылью продукта) и конденсат паров сушки, из испарителя 5 стекают в сборник 9, откуда насосом 10 направляются в сборник маточного раствора и затем - в реактор для производства продукта.

Пары кипящего хладагента отсасываются из испарителя 5 компрессором 6, сжимаются, при этом нагреваясь, и направляются в трубное пространство конденсатора 7,

где охлаждаются до температуры конденсации химически очищенной водой, проходящей в межтрубном пространстве.

Нагретая химически очищенная вода, выходящая из конденсатора 7, используется для производства энергетического пара.

Жидкий хладагент из конденсатора 7 проходит капиллярный редукционный клапан 8 и направляется в трубы испарителя 5. После клапана 8 давление жидкого хладагента резко снижается, что приводит к его закипанию в трубах испарителя за счет тепла конденсации паров сушки.

Таким образом, модернизация аппаратного оформления процесса сушки пастообразных материалов в вакуум-гребковой сушилке позволяет с помощью теплового насоса осуществлять перенос тепла от конденсирующихся в межтрубном пространстве испарителя 5 паров сушки к химически очищенной воде, проходящей через межтрубное пространство конденсатора 7.

Эффективность использования теплового насоса характеризуется коэффициентом преобразования энергии, который определяется по формуле

$$k = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1},$$

где Q_1 - количество энергии, которое приобретают пары хладагента при сжатии в компрессоре;

Q_2 - количество энергии, которое переносится от паров сушки к химически очищенной воде.

По литературным данным величина коэффициента преобразования энергии тепловых насосов составляет 2,5...6,0 [3]. Это означает, что каждый использованный 1,0 кВт·час электроэнергии, потребленный компрессором 6 (рис.2), позволяет передать 9000...21600 кДж (2150...5160 ккал) тепловой энергии к конденсатору 7 (1 кВт·час = 3600 кДж = 860 ккал), что обеспечит нагрев на 30⁰С в конденсаторе 7 (0,072...0,172) м³/час химически очищенной воды. Для сравнения отметим, что при использовании только электрического нагревателя мощностью 1 кВт можно нагреть на 30⁰С только 0,029 м³/час химически очищенной воды, т.е в 2,5...6 раз меньше.

ВЫВОДЫ

Реализация, описанных в статье предложений, по модернизации процесса сушки пастообразных материалов позволяет:

- обеспечить бесперебойную работу вакуум-гребковой сушилки за счет улавливания частиц пыли, которые уносятся с парами сушки;
- упростить схему трубопроводной обвязки сушилки за счет исключения барометрического конденсатора;
- использовать тепло паров сушки для нагрева химически очищенной воды;
- уменьшить потери маточного раствора путем практически полной конденсации паров сушки в испарителе теплового насоса.

Библиографические ссылки

1. Сажин Б.С. Основы техники сушки. - М.: Химия, 1984. – 320 с.
2. Лыков А.В. Теория сушки. - М.: Энергия, 1968. - 472 с.
3. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб.: Наука и техника, 2014. – 320 с.