

**СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГО- И МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ АППАРАТУРНОГО
ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ENERGY AND RESOURCE DEMAND REDUCTION AT HARD WARE DESIGN OF
PASTE DRYING PROCESS**

Михаил Андреевич Остапенко*, Дмитрий Михайлович Солохин*
Michael Andreevich Ostapenko*, Dmitrii Mihailovich Solohin*

* Донецкий национальный технический университет, Украина, Донецк
* Donetsk state technical university, Ukraine, Donetsk
(e-mail: ost@dgtu.donetsk.ua)

Аннотация: Рассматривается предложение по снижению энерго- и материалоемкости аппаратного оформления процесса сушки паст за счет утилизации паров сушки в испарителе теплового насоса. При этом исключается барометрический конденсатор, тепло паров сушки используется для нагрева химически очищенной воды, уменьшаются потери маточного раствора путем практически полной конденсации паров сушки в испарителе теплового насоса.

Abstract Suggestion is examined on the decline energo- and resource-demanding of apparatus registration of process of drying of pastes due to utilization of steams of drying in the vaporizer of heat-pump. A barometric condenser is thus eliminated, warmly steams of drying is used for heating of the chemically cleared water, the losses of uterine solution by a way diminish practically complete devaporation drying in the vaporizer of heat-pump.

Ключевые слова: ПАСТА; СУШКА; МОДЕРНИЗАЦИЯ; ТЕПЛОВОЙ НАСОС; СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГО- И МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ.

Keywords: PASTE; DRYING; MODERNIZATION; HEAT-PUMP; DECLINE OF POWER-HUNGRYNESS.

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 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 8, где конденсируются, а воздух через каплеотбойник 9 откачивается водокольцевым вакуум-насосом 6. Вода, подаваемая на орошение барометрического конденсатора стекает в сборник 5. Вода, подаваемая в водокольцевой вакуум-насос направляется в сборник 7.

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 остановкам. 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 сушки, 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 сбрасывается 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 сушки, располагается на значительной высоте.

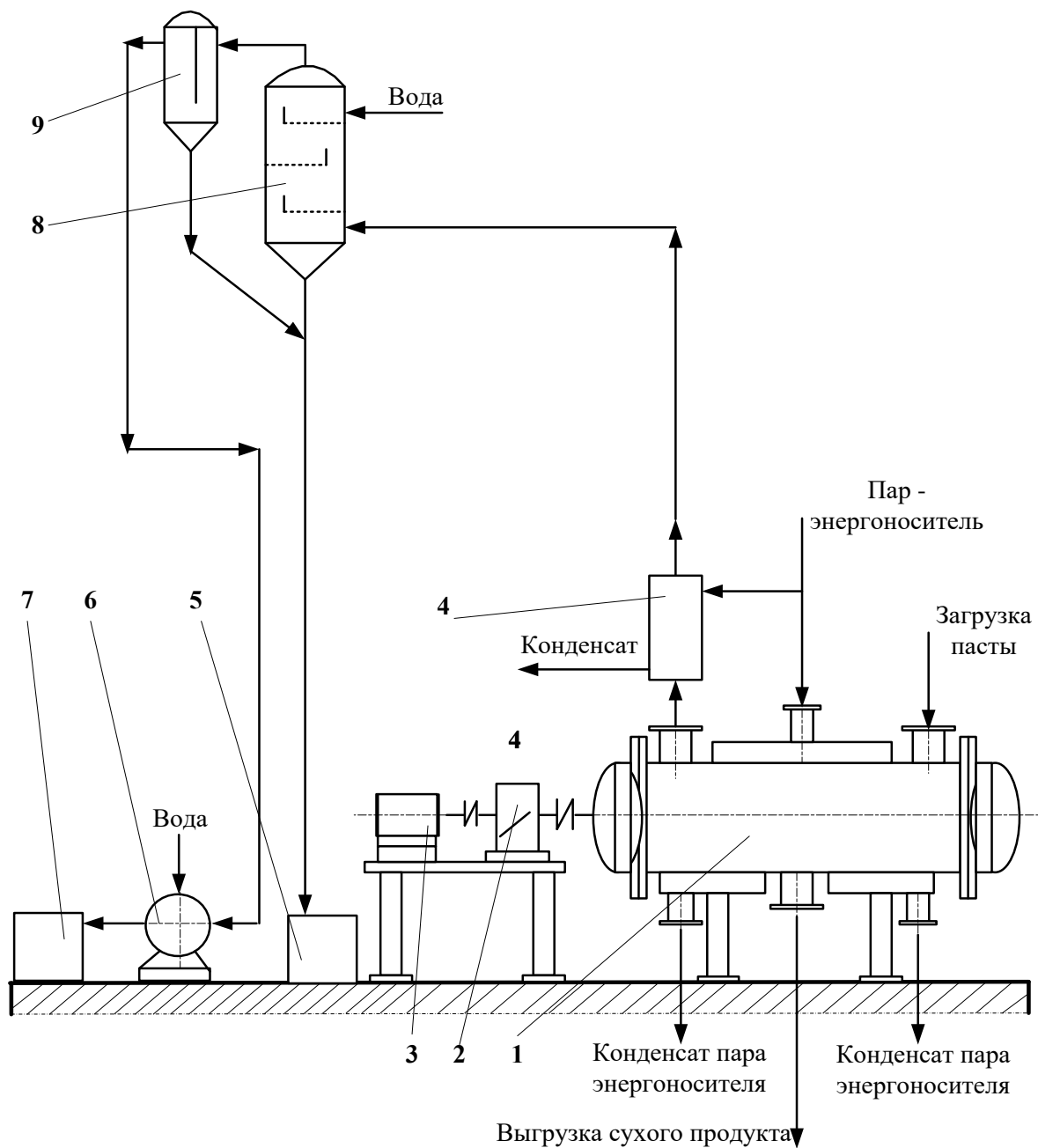


Рисунок 1 – Типовая схема аппаратного оформления установки для сушки пастообразных материалов в вакуум-гребковой сушилке

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

1. После сушилки установить аппарат для улавливания пыли из паров сушки.
2. Перегреватель паров сушки 4 (рис. 1) исключить и вместо него установить испаритель теплового насоса.
3. Исключить барометрический конденсатор, установленный в типовой схеме перед вакуум-насосом.

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

Процесс сушки паст после модернизации аппаратного оформления 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, 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 паров сушки.

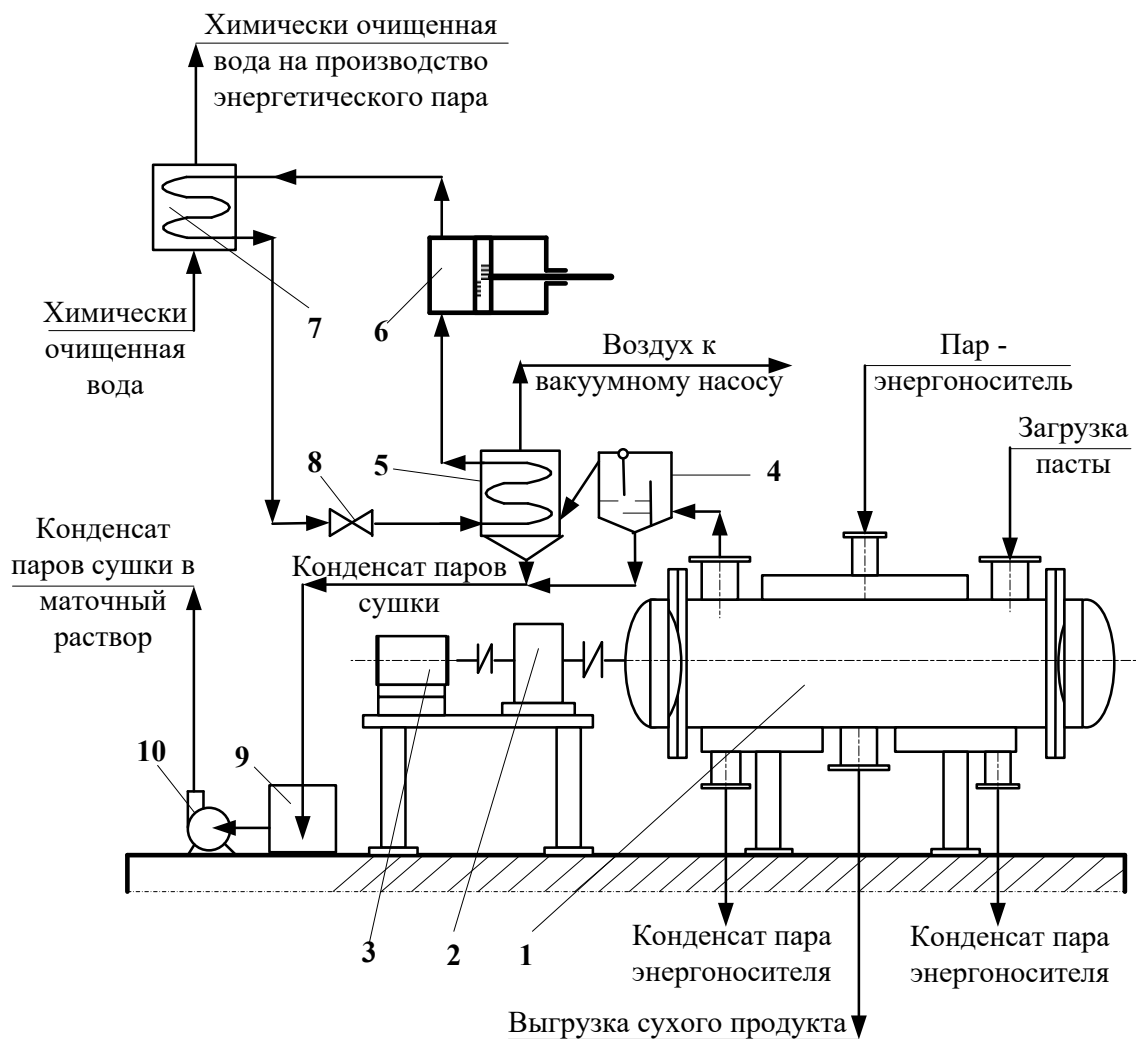


Рисунок 2 – Схема аппаратного оформления установки для сушки пастообразных материалов после модернизации

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 от паров сушки к химически очищенной воде в конденсаторе теплового насоса 5400...18000 кДж (1290...4300 ккал) тепловой энергии.

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.

Список литературы:

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.