

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ADSD2201>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/EYQG65229>

***Р. А. Умирзаков, А. К. Мерғалимова,
А. М. Жақсылық, А. М. Омаров**

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СУШИЛКИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ ДЛЯ СУШКИ ХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННОГО МЕЛА

В данной статье рассматривается классификация сушильных аппаратов, применяемых в современной химической промышленности для сушки сыпучих материалов, таких как химически осажденный мел. Приведены примеры методов подбора различных типов сушильных аппаратов, используемых в производстве химически осажденного мела. При этом учитываются такие показатели, как скорость процесса сушки, производительности и характеристик, которые предъявляют конечному продукту (влажность и температура). В частности, изучены сушилки, работающие по принципу псевдоожиженного слоя. В статье перечислены основные преимущества и особенности данной технологии, рассмотрены режимы работы сушильных аппаратов на кипящем слое. В основной части статьи представлен тепловой расчет сушилки, который включает в себя составление материального и теплового баланса сушильной установки. Данные расчеты необходимы для обоснования способа сушки и выбора конструкции основных узлов аппарата. Так же определены и рассчитаны расход тепла, основные виды потерь, количество теплоносителя, габариты сушилки, угол конусности и нижний диаметр сечения аппарата. В заключении приводится схема установки для сушки химически осажденного мела в аппаратах аэрофонтанирующего слоя с описанием принципа работы.

Ключевые слова: Сушильные аппараты, сушилки, пастообразные материалы, химический осажденный мел, тепловой расчёт сушилки.

Введение

Сушилки, применяемые в химической промышленности, обычно классифицируют по способу подвода теплоты к высушиваемому материалу следующим образом: конвективные (для сушки материала в слое, барабанные вращающиеся, для сушки материала в режиме псевдоожиженного и фонтанирующего слоя, для сушки материала в режиме пневмотранспорта, распылительные); кондуктивные (полочные, барабанные вращающиеся, вальцовые); специальные (терморadiационные, высокочастотные, сублимационные).

Материалы и методы

Критериями выбора основных типов сушилок для обработки являются их исходные свойства (консистенция, влажность, гранулометрический состав, токсичность, пожаровзрывоопасность и т.д.), требования, предъявляемые к конечному продукту (физико-химические и механические свойства), вопросы технологии, стоимостные показатели. К сушилкам конвективного типа относятся сушилки кипящего или псевдоожиженного слоя. Их широко применяют в химической промышленности для сушки зернистых, сыпучих, а в ряде случаев и пастообразных материалов. Продолжительность сушки материала в кипящем слое резко сокращается. Преимущества этого способа сушки заключаются в интенсивном перемешивании твердых частиц и теплоносителя, в большей площади поверхности контакта фаз, а также в простоте конструкции сушилки.

В качестве сушильного агента используют горячий воздух, дымовые и инертные газы. При сушке распылением материал не перегревается и температура на поверхности обычно в пределах 60–70 °С. Это объясняется тем, что при малых размерах частиц (до 4–5 мкм) испарение идет очень быстро. Несмотря на то, что время сушки составляет 15–30 с, поверхность материала не пересыхает.

Оптимальный режим сушки должен обеспечить получение продукта стандартного качества при высоких технико-экономических показателях. При обосновании и выборе режима сушки необходимо исходить из технологических свойств материала, которые изменяются в процессе сушки, т.е. нужно выбрать такие режимные параметры (температуру, влажность, скорость воздуха и др.), воздействие которых на те или иные характеристики материала обеспечило бы его наилучшие технологические свойства.

Большое значение, как мы знаем, имеет предварительная обработка материалов перед сушкой. При выборе методов предварительной обработки и режима сушки необходимо учитывать показатели термо и влаго устойчивости продукта, структурно-механические свойства, от которых зависит коробление образцов и образование трещин, а также его биологическую природу. Для

каждого продукта экспериментально определяется максимально допустимое значение конечной влажности. Для выбора сушильного аппарата нами проведен тепловой расчет.

Тепловой расчёт сушилки включает: составление материального и теплового баланса установки. В результате теплового расчёта определяют необходимое количество сушильного агента, объём сушильного аппарата, их размеров, расход тепловой энергии и т.д. Исходя из результатов расчёта обосновывают рациональный способ сушки и конструкции сушильного аппарата.

1 Материальный баланс сушильного аппарата. Производительность сушильного аппарата по готовому продукту с влажностью 14 % (начальная влажность материала 60–65%) составляет 60 кг/час. Часовую производительность рассчитываем с учётом поправки на потери:

$$G_2' = \frac{G_1}{K} = \frac{60}{0,95} \approx 63 \frac{\text{кг}}{\text{час}};$$

где: K – коэффициент, учитывающий выход продукта. Он должен составлять 0,95~0,99.

Количество свободной влаги испаряемой в процессе сушки, будет равно:

$$W = \frac{G_2'(w_1 - w_2)}{100 - w_2} = \frac{63 \cdot (65 - 14)}{100 - 14} \approx 37 \frac{\text{кг}}{\text{час}};$$

Тогда производительность сушилки по исходному материалу составит:

$$G_1 = G_2' + W = 63 + 37 = 100 \frac{\text{кг}}{\text{час}};$$

Количество теплоносителя (воздуха) в процессе сушки не изменяется, если нет утечек или подсоса. Поэтому расчёт сушильных установок приводим на 1 кг сухого газа.

Таким образом, материальный баланс сушильного аппарата можем определить как:

$$\frac{G_1 \cdot w_1}{100} + Ld_1 = \frac{G_2 \cdot w_2}{100} + Ld_2;$$

или

$$L = \frac{W}{d_2 - d_1} = \frac{\ddot{e}37}{0,0582 - 0,0052} = 698 \frac{\text{кг}}{\text{час}}.$$

где: L – количество сушильного агента (воздух);

d_1, d_2 – соответствует начальному и конечному влагосодержанию газа.

Расход газа (воздуха) на 1 кг испаряемой влаги равен:

$$l = \frac{L}{W} = \frac{I}{S_2 - S_1} = \frac{698}{37} = 18,9 \frac{\text{кг}}{\text{кг}};$$

2 Тепловой баланс сушильного аппарата. Если на основе опытных данных известен режим процесса, то из теплового баланса можно определить расход тепла на сушку и расход соответственно тепловых ресурсов.

Суммарный расход тепла для сушки влажного материала на сушильном аппарате равен:

$$\sum Q = Q_u + Q_m + Q_s + Q_2;$$

где: Q_u и Q_m – расход тепла на испарение влаги и расход тепла нагрева материала. Q_s и Q_2 – потери тепла в окружающую среду и потери тепла с уходящими газами.

Для непрерывно действующей сушилки рассчитываем часовой расход тепла. Для сушилки периодического действия – расход тепла на один цикл сушки.

Расход тепла на испарение влаги:

$$Q_u = W(q_u + 0,47 \cdot t_2 - \Theta_1) = 37 \cdot (2525 + 0,47 \cdot 45 - 23) = 93356,55 \text{ кДж/кг.}$$

где: t_2 – температура уходящих газов °С; Θ_1 – начальная температура материала °С; Соответственно $q_u = 2525$ кДж/кг.

Расход тепла для нагрева материала:

$$Q_m = G_m C_m (\Theta_2 - \Theta_1) = 60 \cdot 1,05239 \cdot (55 - 18) = 2336,3 \text{ кДж/час;}$$

где: Θ_2 – температура материала после сушки °С; C_m – теплоёмкость высушенного материала, кДж/кг °С.

Потери тепла сушилкой в окружающую среду:

Для определения габаритов сушилки можно приближённо принять удельную потерю тепла в окружающую среду 30–100 ккал/кг влаги в зависимости от начальной влажности материала. Меньшую величину принимают для высоко влажных материалов, тогда:

$$Q_s = q_s W = 30 \cdot 37 = 1110 \text{ ккал/час} = 4650,9 \text{ кДж/час;}$$

Потеря тепла с уходящими газами, определяется следующим образом:

$$Q_2 = L(I_2 - I_0) = 698 \cdot (195,673 - 33,101) = 113475,3 \text{ кДж/час.}$$

Суммарный расход тепла в сушилке равен:

$$\Sigma Q = Q_{и} + Q_{м} + Q_5 + Q_2 = 93356,55 + 2336,3 + 4650,9 + 113475,3 = 213819,05 \text{ кДж/час.}$$

3. Расчет количества агента сушки и ресурсов. При однократном использовании агента сушки (воздуха) расход газов определяем из теплового баланса сушилки, если известен температурный режим сушки:

$$L J_1 = \sum Q;$$

или

$$L = \frac{Q_{и} + Q_{м} + Q_5}{J_1 - J_2};$$

где: J_1, J_2 – энтальпия газов при начальной и конечной температуре t_1, t_2 и при начальном и конечном влагосодержании S_1, S_2 .

С достаточной степенью точности это соотношение можно представить в виде:

$$\begin{aligned} L &= \frac{Q_{и} + Q_{м} + Q_5}{C_1 t_1 - C_2 t_2} = \frac{93356,55 + 2336,3 + 4650,9 + 113475,3}{1,022 \cdot 120 - 45 \cdot 1,005} = \\ &= 2761,9 \frac{\text{кг}}{\text{час}} \approx 0,626 \text{ м}^3 / \text{сек.} \end{aligned}$$

где: C_1 и C_2 – теплоёмкость газов, соответствующая значениям температуры t_1, t_2 .

Часовой расход тепла на сушку равен:

$$Q = \frac{L(J_1 - J_2)}{\eta} = \frac{3545,4 \cdot (195,673 - 33,101)}{0,98} = 588134,8 \frac{\text{кДж}}{\text{час}}.$$

где: η – КПД генератора тепла, в расчетах можно принимать для паровых и электрических калориферов $0,98 \div 0,99$.

4 Определение габаритов сушилки. Из статического расчёта известно количество тепла, которое необходимо передать материалу, чтобы уменьшить влажность продукта до заданной, а также известны количество агента сушки (воздух) и его параметры. На основании опытных работ определены оптимальные температурные и гидродинамические режимы сушки, обеспечивающие получение продукта высокого качества. Для определения габаритов сушилки по имеющимся данным необходимо рассчитать поверхность материала, через которую происходит перенос тепла и испарение влаги или соответственно длительность сушки материала. Для любой сушилки справедливо следующее соотношение:

$$\tau = \frac{F}{F_2} = \frac{G_3}{0,5(G_1 + G_2)} = \frac{15}{0,5(100 - 63)} = 0,81 \text{ часа} \approx 46 \text{ мин.}$$

где: τ – среднее интегральное время пребывания материала в зоне сушки, час; F – поверхность материала, находящегося в зоне сушки, через которую проходит тепло- и массообмен, м²; F_2 – часовая поверхность материала; G_3 – количество материала, одновременно находящегося в зоне сушки, кг; G_1 и G_2 – производительность сушилки соответствует влажному и сухому материалу, кг/час.

Определяем оптимальное значение угла конусности по формуле:

$$\alpha = 180^\circ - 2(\varphi + \gamma) = 180 - 2(35 + 40) = 30^\circ.$$

где: φ – угол естественного откоса материала, 38⁰; γ – угол равный 30–40⁰.

Угол конусности нашего аппарата лежит в пределах общепринятых значений 30⁰-70⁰.

Исходя из скорости газов в широком сечении, находим диаметр камеры.

$$v_0 = 24,6 \text{ м/с}, L = 2253,6 \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \approx 0,46 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}.$$

Определяем диаметра нижнего сечения аппарата:

$$d_0 = 2 \sqrt{\frac{L}{\pi \cdot v_y}} = 0,171 \text{ м.}$$

Конусность аппарата составляет – 30⁰ (угол раскрытия конуса).

Результаты и обсуждение

В результате проделанных изысканий и расчетов были определены основные параметры для разработки конструкции сушилки. Также были рассчитаны конструктивные размеры для сушильной камеры.

На рисунке 1 приведена схема установки для сушки химически осажденного мела в аппаратах аэрофонтанирующего слоя.

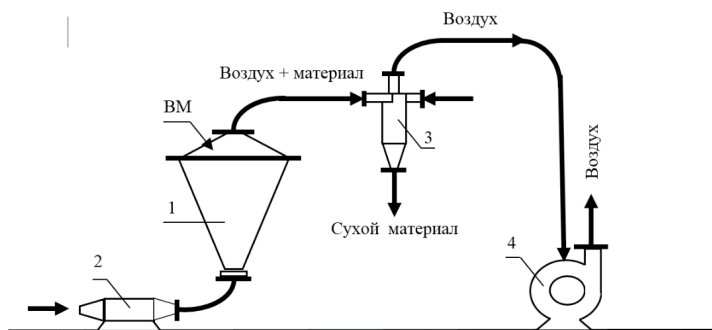


Рисунок 1 – Схема установки для сушки химически осажденного мела

Установка состоит из сушильной камеры – 1, теплогенератора – 2, уловителя готового продукта (аппарат ВЗП) – 3 и вентилятора – 4. Принцип действия установки следующий: Исходный влажный материал подается в сушильную камеру, где подвергается воздействию горячего теплоносителя. Высушенные частицы материала уносятся потоком теплоносителя в улавливающий аппарат, представляющий собой высокоэффективный аппарат ВЗП и собираются в бункере готового продукта. Очищенный и отработанный воздух отсасывается вентилятором и выбрасывается в атмосферу.

Выводы

Таким образом для сушки химически осажденного мела предлагается сушильная установка аэрофонтанного типа, с параметрами, полученными на основе теплового и конструктивного расчетов, изложенных выше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Паус, К. Ф., Евтушенко, И. С. Химия и технология мела, – М., 1977.
- 2 Поникаров, И. И., Гайнуллин, М. Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. – Альфа. – М., 2006.
- 3 Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М. : Химия, 1981.
- 4 Гельперин, Н. И., Айнштейн, В. Г., Кваша, В. Б. Основы техники псевдооживления. – М., 1967. – 664 с.
- 5 Лыков, М. В. Сушка в химической промышленности. – М. : Химия, 1970. – 432 с.

REFERENCES

- 1 **Paus, K. F., Yevtushenko, I. S.** Khimiya i tekhnologiya mela [Chemistry and technology of chalk]. –Moscow, 1977. [in Russian].
- 2 **Ponikarov, I. I., Gainullin, M. G.** Mashiny i apparaty khimicheskiki proizvodstv i neftegazopererabotki [Machines and apparatus for chemical production and oil and gas processing] – Moscow : Alpha, 2006. [in Russian].
- 3 **Gelperin, N. I.** Osnovnyye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [Basic processes and apparatuses of chemical technology] – Moskow: Chemistry, 1981 [in Russian].
- 4 **Gelperin, N. I., Ainstein, V. G., Kvasha, V. B.** Osnovy tekhniki psevdoozhizheniya [Fluidization Basics] – Moscow, 1967. – 664 p. [in Russian].
- 5 **Lykov, M. V.** Sushka v khimicheskoy promyshlennosti [Drying in the chemical industry]. – Moscow : Chemistry, 1970. – 432 p. [in Russian].

Материал поступил в редакцию 28.08.21.

**Р. А. Умирзаков, А. К. Мерғалимова, А. М. Жақсылық, А. М. Омаров*
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 28.08.21 баспаға түсті.

ХИМИЯЛЫҚ ШӨГІНДІ БОР КЕПТІРУГЕ АРНАЛҒАН КЕПТІРГІШТІҢ ЖОБАЛАУЫ

Бұл мақалада заманауи химиялық өнеркәсіпте химиялық тұндырылған әк секілді сусымалы материалдарды кептіруде қолданылатын кептіргіш аппараттардың классификациясы қарастырылған. Химиялық тұндырылған әк өндірісінде қолданылатын кептіргіш аппараттарын таңдау тәсілдерінің мысалдары келтірілген. Бұл ретте кептіру процессінің жылдамдығы, өнімділігі мен ақырғы өнімге қойылатын (ылғалдылық пен температура) сипаттамалары есепке алынған. Атап айтқанда жсалған сұйықталған қабат қағидасы бойынша жұмыс жасайтын кептіргіштер зерттелді. Мақалада осы технологияның негізгі артықшылықтары мен ерекшеліктері, қайнау қабатындағы кептіргіш аппараттардың жұмыс тәртібі атап өтілген. Мақаланың негізгі бөлімінде кептіргіш құрылғының жылу және материалдық балансын қосатын кептіргіштің жылу есебі ұсынылған. Аталмыш есептеулер аппараттардың негізгі түйіндерінің конструкциясын таңдау мен кептіру тәсілдерін негіздеу үшін қажет. Сонымен қатар жылу

шығымы, шығындардың негізгі түрлері, жылу тасымалдағыштың саны, кептіргіштің өлшемдері, қонулықтың бұрышы мен аппарат қимасының астыңғы диаметрі анықталды. Қорытындыда жұмыс әдісі сипатталған аэрофонтандалған қабат аппараттарындағы химиялық түндырылған әкті кептіруге арналған құрылғының сызбасы келтірілген.

Кілтті сөздер: Кептіргіш аппараттар, кептіргіштер, паста тәрізді материалдар, химиялық тұнған бор, кептіргіштің жылулық есебі.

*R. A. Umirzakov, A. K. Mergalimova, A. M. Zhaqsylyq, A. M. Omarov
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 28.08.21.

DESIGNING OF A FLUIDIZED BED DRYER FOR DRYING CHEMICALLY PRECIPITATED CHALK

This article examines the classification of drying devices used in the modern chemical industry for drying bulk materials, such as chemically precipitated chalk. There are examples of methods for selecting various types of drying devices used in the production of chemically precipitated chalk. At the same time, indicators such as drying speed, productivity, and final product characteristics (humidity and temperature) are taken into account. In particular, dryers operating on the principle of a fluidized bed are studied. The article reviews the main benefits and features of this technology, as well as the modes of operation of fluidized bed dryers. The main part of the article discusses the dryer's thermal calculation, which includes the compilation of the material and thermal balance of the drying unit. These calculations are required to justify the drying method and the design of the device's main components. The heat consumption, the major types of losses, the amount of coolant, the dimensions of the dryer, the taper angle, and the device's lower cross-section diameter are all determined and calculated. In conclusion, the installation scheme for drying chemically deposited chalk in the apparatus of the aerofontane layer is presented, along with a description of the operating principle.

Keywords: dryers, pasty materials, chemical precipitated chalk, thermal design of the dryer.

Теруге 28.08.2021 ж. жіберілді. Басуға 11.09.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

2,69 Mb RAM

Шартты баспа табағы 8,11. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3847

Сдано в набор 28.08.2021 г. Подписано в печать 11.09.2021 г.

Электронное издание

2,69 Mb RAM

Усл. печ. л. 8,11. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3847

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz