

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СУШИЛОК, ПУТИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ

Аналізуються напрями модернізації розпилювальних сушарок, шляхи зменшення енерговитратних показників при переході від одно- до дво- та тріступінчатих апаратів, а також при реалізації процесу зневоднення у випарювально-сушильних агрегатах.

Анализируются направления модернизации распылительных сушилок, пути снижения удельных энергозатратных показателей при переходе от одно- к двум- и трехступенчатым аппаратам, а также при реализации процесса обезвоживания в испарительно-сушильных агрегатах.

The ways of modernization spray dryers, lowering specific energy consumptions with using single stage, two- and triple-stage process of drying and two-stage evaporation-type spray dryers are considered in this article.

Распылительный метод благодаря чрезвычайно развитой поверхности контакта фаз является одним из наиболее эффективных и прогрессивных методов сушки. Однако для реализации данный метод требует больших расходов теплоносителя. В этой связи особую значимость приобретают методы повышения энергоэффективности распылительного способа обезвоживания, совершенствования конструкций установок с целью повышения производительности сушильного процесса, улучшения качественных показателей конечного порошкового продукта.

В работах [1,2] освещены тенденции изменений типовых конструкций распылительных сушильных установок, работающих в молочной отрасли промышленности Украины и стран СНГ, реализованные в последние десятилетия основными фирмами-производителями сушильного оборудования. Показано значительное отличие конструкций, технологических схем и показателей работы наиболее распространенных типов сушильных установок.

Настоящая статья посвящена анализу тепло-технологических показателей работы основных групп распылительных сушильных установок, тенденций изменений их конструкций и реализованных на практике путей снижения удельных энергозатратных показателей.

В Украине наиболее распространенными являются распылительные сушильные установки прямооточного типа. К ним следует отнести су-

шильные установки РС-1000, РС-1000А, ВРА-4, РСМ-500 словацкого производства; сушилки А1-ОРЧ, А1-ОР2Ч, А1-ОР3 Калиновского машиностроительного завода (Украина) и сушилки датской фирмы “Ниро Атомайзер”. Данная группа сушилок характеризуются верхней подачей теплоносителя к камере, верхним распылением продукта высокооборотным диском, нижним выводом порошка из камеры для последующего охлаждения и затаривания. Таким образом реализуется прямооточный характер движения продукта относительно сушильного агента. В большинстве прямооточных сушилок камера имеет традиционную цилиндрически-коническую конструкцию, в сушилках А1-ОРЧ, А1-ОР2Ч, А1-ОР3 камера имеет цилиндрическую форму. Прямоточные сушильные установки являются наиболее распространенными, одних лишь установок А1-ОРЧ, А1-ОР2Ч (рис.1) и А1-ОР2Ч-01 Калиновский машиностроительный завод поставил на рынок в количестве более 500 штук [3].

Вторая группа относится к сушилкам противоточно-смешанного типа. Это сушильные установки ЦТ-300, ЦТ-500, «Нема» производства Германии. Они характеризуются размещением распылителя в нижней части камеры, нижним подводом теплоносителя к камере и верхним его выводом. Порошок из дна камеры удаляется скребковым механизмом (рис.2). В Украине и Российской Федерации работают свыше 200 установок этого типа.

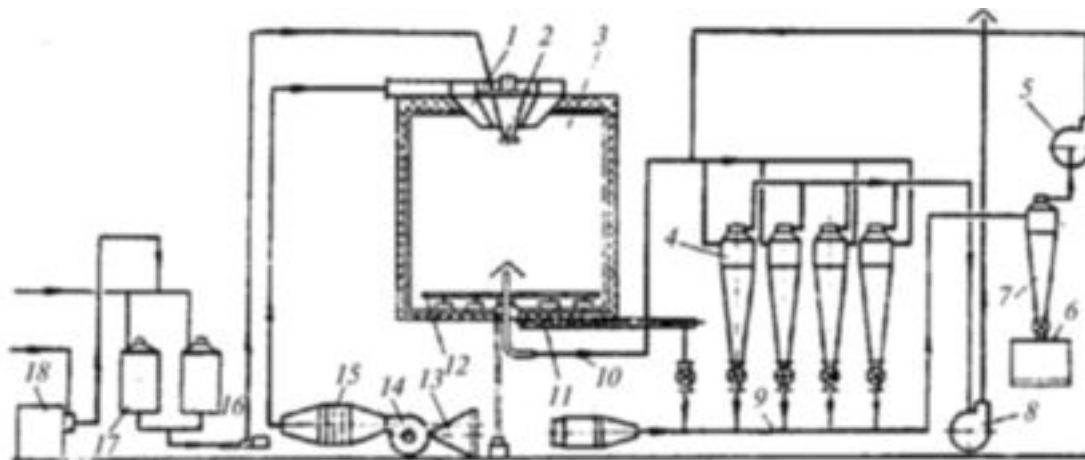


Рис. 1. Принципиальная схема прямоточной распылительной сушильной установки А1-ОРЧ:
 1 – воздухораспределитель; 2 – распылитель; 3 – сушильная камера; 4 – головной циклон;
 5 – дополнительный вентилятор; 6 – бункер; 7 – разгрузочный циклон; 8 – вытяжной вентилятор;
 9 – пневмотранспортная линия; 10 – воздухоохладитель; 11 – шнек; 12 – скребковый механизм;
 13 – фильтр; 14 – нагнетательный вентилятор; 15 – калорифер; 16 – винтовой насос; 17 – емкости;
 18 – гомогенизатор.

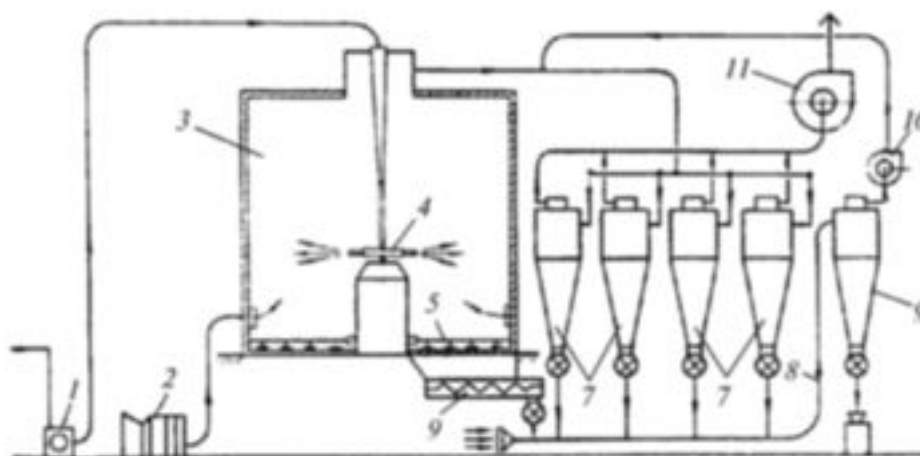


Рис. 2. Принципиальная схема сушилки ЦТ-500 противоточно-смешанного типа:
 1 – насос; 2 – калорифер; 3 – сушильная камера; 4 – распылительный диск; 5 – скребковый
 очистительный механизм; 6 – шнек; 7 – головные циклоны; 8 – пневмотранспортная линия;
 9 – разгрузочный циклон; 10 – дополнительный вентилятор; 11 – вытяжной вентилятор.

В данной конструкции сушилок создается более сложный противоточно-смешанный характер движения диспергированного продукта и теплоносителя в объеме сушильной камеры и, как следствие, более продолжительный во времени контакт капель с теплоносителем, эффективную аэродинамику процесса и более полное использование теплоты сушильного агента. Температура отработанного теплоноси-

теля в сушилках ЦТ-500 и «Нема», как правило, на 10...15 °С ниже в сравнении с сушилками прямоточного типа.

Третья группа – двух- и трехступенчатые сушилки, которые в последние годы приобретают все большее распространение в Украине. В них распылительный метод сушки дополняется виброконвективным досушиванием порошка в различных по конструкции аппаратах. В основном

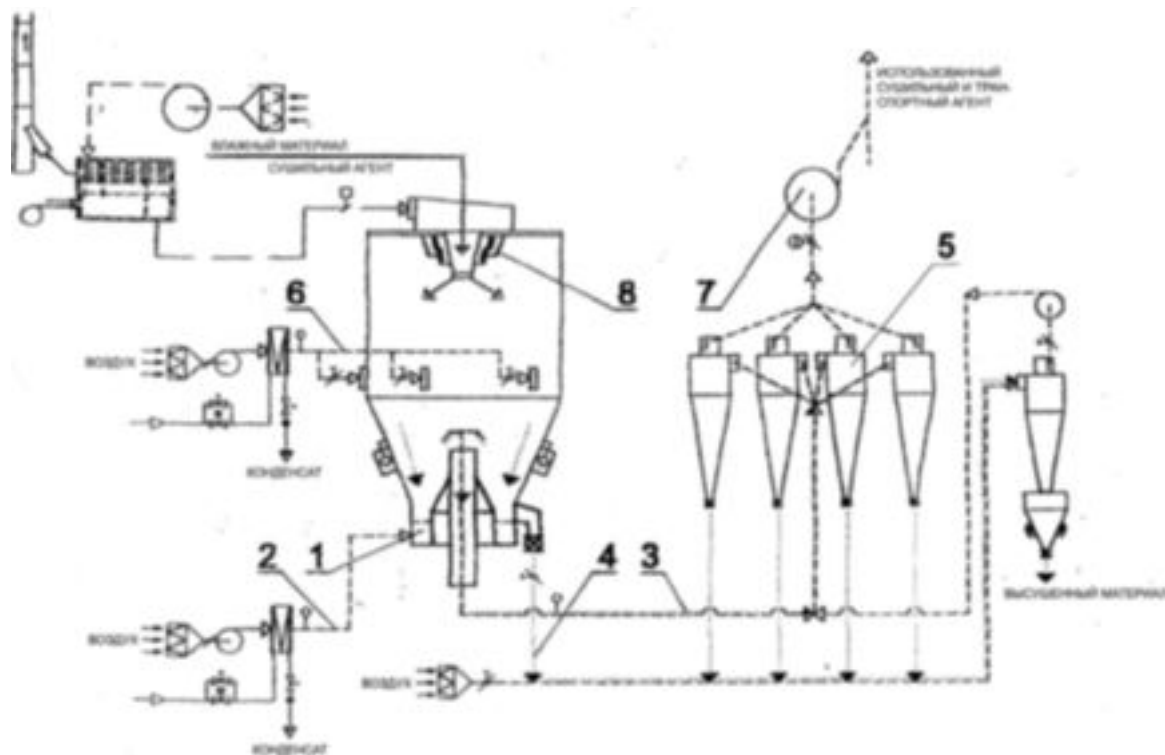


Рис. 3. Принципиальная схема трехступенчатой сушильной установки объединения «Воздухотехника»:
1 – подача теплоносителя в псевдооживленный слой порошка; 2 – нагретый воздух; 3 – отработанный теплоноситель; 4 – подача порошка в систему пневмотранспорта и охлаждения; 5 – циклоны очистки теплоносителя; 6 – системы подачи дополнительного теплоносителя; 7 – вытяжной вентилятор; 8 – газораспределительный короб; 9 – газовый теплогенератор.

это сушилки словацкого объединения «Воздухотехника» (рис.3), а также сушилки датской фирмы «Ниро Атомайзер».

Четвертая группа – двухступенчатые испарительно-сушильные агрегаты типа АИС, АРСЧ, ИСАР-700, ИСАР-7М различных модификаций и производительностей, которые разработаны в ИТТФ НАН Украины и выпускались Коростенским заводом химического машиностроения (рис.4). Испарительно-сушильные агрегаты были установлены практически на всех заводах медицинских препаратов бывшего СССР, и с их помощью страна была обеспечена высококачественными антибиотиками: стрептомицином, полиглокином, полимиксином и др.

Принцип работы испарительно-сушильного агрегата (рис.4) следующий. Два потока теплоносителя в калориферах (1,3) подогреваются до заданных температур и подаются в испарительную (8) и сушильную (14) камеры. Высушиваемый

раствор насосом высокого давления (5) и форсункой (9) распыляется в объеме испарительной камеры (8). Концентрированный продукт после выхода из камеры насосом (11) частично подается на рециркуляцию в форсунку (10), остальная часть раствора после эмульгатора (6) подается на пневматическую форсунку (15) сушильной камеры (14). В сушильной камере концентрат высушивается в потоке теплоносителя и порошок системой пневмотранспорта (12) направляется на фасовку. Отработанный в сушильной камере теплоноситель подается в испарительную камеру (8), где участвует в процессе упаривания раствора. В атмосферу таким образом выбрасывается лишь теплоноситель из испарительной камеры, имея максимально низкую температуру (близкую к температуре мокрого термометра) и являясь практически полностью обеспыленным.

Анализ энергозатратных показателей работы различных типов распылительных сушильных

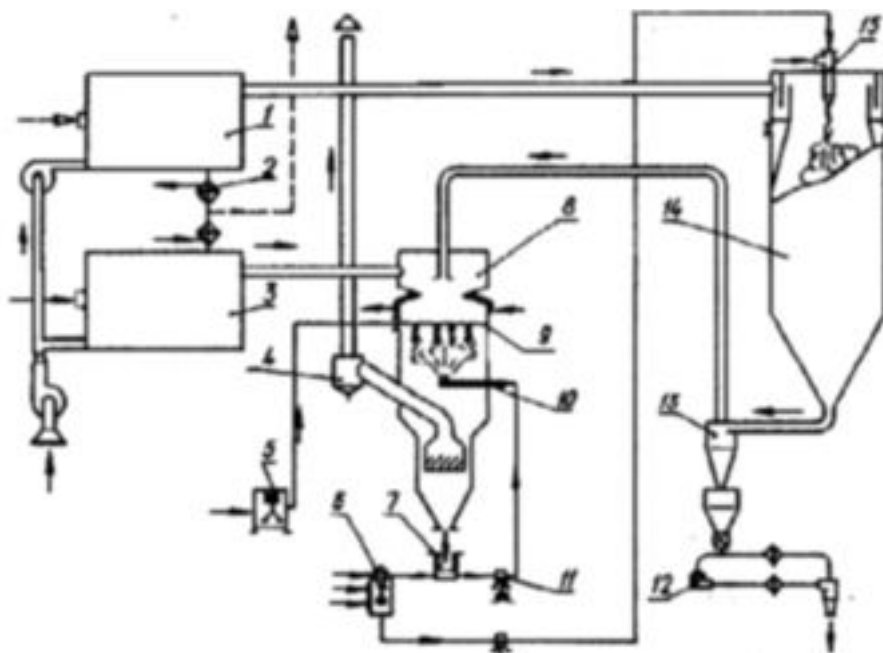


Рис. 4. Принципиальная схема испарительно-сушильного агрегата ИСАР-700.

установок, выполненный при проведении специалистами ИТТФ НАН Украины комплексных теплотехнологических исследований работы распылительных сушилок и испарительно-сушильных агрегатов [4], позволяет утверждать, что наиболее энергетически эффективными и экологически безопасными являются двухступенчатые испарительно-сушильные агрегаты, в которых затраты энергии на испарение влаги являются наименьшими, а коэффициент использования теплоты – максимально высоким (для отдельных агрегатов приближающийся к 75...80 %). Такие агрегаты позволяют достигать глубокой утилизации теплоты отработанного сушильного агента и практически полностью исключают выбросы порошка в окружающую среду, благодаря чему в атмосферу выбрасывается только паровоздушная смесь с максимально низкой температурой, близкой к температуре мокрого термометра ($\approx 45\text{ }^{\circ}\text{C}$). Удельные затраты теплоты в испарительно-сушильных агрегатах приближаются к 3000 кДж на 1 кг испаренной влаги.

Следующими по энергоэффективности, как показали проведенные исследования, являются двух- и трехступенчатые распылительные сушилки с встроенным в основание камеры «виброф-

люидным дном». Эти сушилки позволяют применять теплоноситель с более высокой температурой на входе и низкой на выходе с досушиванием, агломерацией и охлаждением порошка в виброфлюидном слое. В объеме камеры удаляется таким образом в основном свободная влага. При этом за счет испарения большего количества влаги с единицы объема существенно снижается температура теплоносителя, а с учетом возможности применения более высокой температуры на входе в камеру (до $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в некоторых случаях и выше) повышается термический и тепловой к.п.д. сушилки. Двух- и трехступенчатые сушилки позволяют на 30...40% повышать производительность работы в сравнении с традиционными одноступенчатыми и экономить до 20...30% энергоресурсов [5]. Многоступенчатые сушильные установки в зависимости от аппаратного оформления процесса позволяют также в более широких пределах варьировать характеристики конечного порошкового продукта, такие как гранулометрический состав, насыпная плотность, смачиваемость, растворимость и др.

Одноступенчатые сушилки (как прямоточного, так и противоточно-смешанного типа) характеризуются наименьшими показателями энерго-

эффективности. На 1кг испаренной влаги они расходуют 2,6...3,0 кг пара (около 7500 кДж энергии). Одноступенчатые сушилки в последних публикациях специалистов Московского института ВНИМИ уже начали называть сушильными установками первого поколения. В последнее время прослеживается тенденция по модернизации таких сушилок (особенно устаревших модификаций РС-1000, ВРА-4) с переводом их на двух- и трехступенчатые схемы. Более энергоэффективные двух- и трехступенчатые сушилки уже функционируют на молочных заводах городов Мена, Бобровица, Золотоноша, Яготин и др.

Обобщая результаты исследований энергозатратных показателей различных типов сушилок, следует отметить, что к наиболее эффективным относятся те, которые способствуют повышению температурного уровня сушки, развитию максимальной поверхности контакта фаз (в том числе за счет рециркуляции раствора), монодисперсного распыла, более глубокого использования теплоты сушильного агента для испарения из материала влаги.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шморгун В.В.* Энергосбережение при реализации процессов сушки с применением различных типов распылительных сушильных установок. Труды II Междунар. научн.-практ. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и тепловые процессы)» Москва, 2005, т.2, с.58–61.
2. *Долінський А.А., Шморгун В.В., Шморгун А.В.* Підвищення ефективності роботи розпилювальних сушарок. Аспекти енергозощадження. – К.: ВД “Академперіодика”, 2006. – 141с.
3. *Ходос А.И., Кириенко М.А.* Снижение себестоимости производства молочных продуктов. Мы вам в этом поможем// Молочная пром-сть.- 2002. – №9.– С. 49–51.
4. *Шморгун В.В., Кузьменко В.В.* Теплотехнологічний аудит як важливий засіб контролю питомих енергетичних витрат при отриманні методом розприскуючої сушки порошкових молочних продуктів // Пром. теплотехника. – 2002. – Т. 24, Прилож. к № 4. – С.119–123.
5. *Харитонов В.Д.* Двухстадийная сушка молочных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 215 с.