

**ENERGY SAVING IN MILK PROCESSING****SCHOLASTICO-2021****M.R. Sattarov,**

Student of the Ural State Agrarian University

(Yekaterinburg, Karl Liebknecht st., 42)

Reviewer: **L.A. Novopashin,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Annotation**

The article shows the results of studies of energy saving methods in milk processing in hardware and technological systems of the agro-industrial complex. It was revealed that an increase in production efficiency is achieved when using spray drying in a scheme with an evaporator. The use of advanced equipment allows you to extract a high-quality product at the output with established qualities with a minimum energy consumption of finished products. It was found that the energy efficiency of the units increases due to the use of additional equipment (separators, product distribution systems, pasteurization and holding unit, installation for elimination of thermophilic bacteria, installation for condensation and evacuation, concentrators, pneumatic coolers, ultrasonic nozzles). It has been proven that a scrubber in an apparatus and technological system for milk processing makes a significant contribution to saving heat in the production of a dry product. These savings, together with product returns, reduce operating costs and capital expenditures. Methods of energy saving with the use of heat recuperators of two types are analyzed: "air-to-air" and "air-liquid-air". It has been found that the recuperator of the first type is effective for a single-stage spray dryer, where the exhaust air is at a high temperature. The ambient air is heated from 10 to 52 ° C. The outgoing air freezes from 93 to 51 ° C. The calculation showed that without a recuperator, the fuel consumption is 175 kg / h, the electricity consumption is 120 kW. With the use of a recuperator, the fuel consumption is 140 kg / h, the electricity consumption is 135 kW. It was found that since the coefficient of thermal exchange for a pair of "air-water" media is higher than for a pair of "air-air", the system of the second type is more efficient than a recuperator of the "air-air" type. Calculations have shown that without a recuperator, fuel consumption in this case is 175 kg / h, electricity consumption is 120 kW. With a recuperator, fuel consumption is 130 kg / h, electricity consumption is 142 kW. The practical output savings are 23%.

**Keywords:**

Energy saving methods, spray drying, milk processing.

Исследовательский анализ научно-технических методик второстепенной обработки молока для аграрных предприятий показал, что использование в схеме распылительной сушки с помощью испарителя увеличивает энергоэффективность производства. Распылительная сушка может работать с раствором, суспензией либо пастой. Подсушенный продукт складывается из отдельных частей или агломератов (в зависимости от физических и химических свойств сырья, установки сушилки и условий эксплуатации). Применение прогрессивного оснащения позволяет получать продукт достойного уровня с заданными качествами при невысоком энергозатратности готовой продукции [1, 2]. Увеличивается действенность конструкций за счет применения добавочного оснащения (сепараторы, система распределения продукта, установка для пастеризации и выдержки, установка для уничтожения термофильных бактерий, установка для конденсации и вакуумирования, концентраторы, пневмоохладители, установка для герметизации воды, звуковые насадки) [1, 3, 4].

Как показала практика, применение данного оснащения в инструментально-технологические схемы переработки молока дает возможность увеличить качество получаемой продукции, а контрольно-измерительные приборы обеспечивают установленные технологией режимы службы на всех стадиях производства, что сокращает утечки и увеличивает энергоэффективность предприятия [4, 5].

**Цель исследования** – обнаружение и обоснование способов энергосбережения в аппаратурно-технологической схеме переработки молока на стадии сушки.

**Материалы, технологии и объекты исследований.** Предметом предоставленного исследования являются технологии снижения энергоемкости изготовления сухого молока. Изучения проведены с помощью способов анализа и синтеза аппаратурных заключений в структурной схеме обработки продукта с параметром оптимизации – увеличение энергоэффективности процессов.

**Результаты исследований.** Тепло отработанного воздуха в аппаратурно-технологической системе обработки молока возможно утилизировать различными способами, в том числе и посредством скруббера. Если скруббер использует молоко или сыворотку в качестве абсорбента, то в одно время с промывкой выходит ход испарения. Конечно, главное предназначение скруббера — это устранение порошка из отработанного воздуха во избежание загрязнения атмосферы. При всем при этом отработанный воздух охлаждается в скруббере до температуры промоченного термометра (45°C). Его тепло применяют для подготовительного выпаривания молока до подачи его в выпаривательный аппарат. Скруббер вносит внушительный вклад в экономию тепла при изготовлении сухого молока. Эта экономия совместно с возвратом продукта оправдывает рабочие расходы и повышает окупаемость финансовложений [5]. Расчет научно-технических параметров в процессах выпаривания и сушки проводят по типовым методам на I-X диаграмме состояния воздуха (диаграмме Рамзина) [5, 6, 7]. Изначальная точка процесса отображает состояние воздуха на входе в скруббер. Данный воздух содержит влагу, частично попавшую с наружным воздухом (его нормальное влагосодержание – 7 г/кг сухого воздуха), отчасти – в итоге улетучивания при сушке (42 г/кг сухого воздуха) для примера с двухступенчатой распылительной сушилкой, функционирующей при 230°C [6]. Итоговое влагосодержание – 50 г/кг сухого воздуха (начальная точка входа в систему). Если жар на выходе сушилки и входе в скруббер равен 80°C, а на выходе из скруббера – 50°C, то влагосодержание воздуха на выходе скруббера составит 65 г/кг сухого воздуха, поскольку процесс идет по адиабате. Следовательно, улетучивание составит  $65 - 50 = 15$  г влаги / килограмм сухого воздуха. Особо многообещающими в настоящее время представлены автоматы компании Vibro-Fluidizer [7]. Как показала практика, что применение агрегатов компании VibroFluidizer позволяет уменьшить температуру на выходе на 10-15°C. Что и ведет к гораздо более мягкой сушке, исключительно на критической стадии процесса (от 30 до 10% влажности), усыхание частиц не останавливается поверхностным твердением. Условия сушки близки к подходящим признакам при переработке термолабильной продукции. Более низкая температура частиц частично определена более низкой температурой опоясывающего воздуха, однако также и более высоким содержанием влаги. Температура частиц оказывается тесной к температуре промоченного термометра [5, 8, 9]. Данный фактор положительно воздействует и на такой значительный технологичный параметр, как растворимость готового порошка. Уменьшение температуры на выходе обозначает более высокий КПД сушильной камеры вследствие роста полезной разности температуры ( $\Delta t$ ). В отдельных научно-технических схемах сушку проводят при более высокой температуре и при более высоком содержании сухих веществ в сырье, что еще более увеличивает КПД сушилки. При всем при этом увеличивается и температура на выходе, однако повышенное содержание влажности уменьшит температуру частиц, так что перегрев и поверхностное затвердевание частиц не происходит. Исследование показывает, что температура сушки сможет достигать 250°C или же 275°C при сушке обезжиренного молока, что увеличивает КПД сушки до 0,75.

Поскольку расходование воздуха, включая воздух из агрегата Vibro-Fluidizer, достигает 42000 кг/ч, так парообразование в скруббере равно 630 кг/ч, т. 3,5% от всеобщего испарения. Впрочем, экономия тепла достигается исключительно при условии, что абсорбентом служит продукт – обезжиренное молоко или сыворотка. При производстве сухого цельного молока абсорбентом

служит вода. Температура в скруббере создает подходящие условия для роста бактерий. Оттого скруббер применяют исключительно при условии, что это не мешает изготовлению первосортного молока. Когда аппарат эксплуатируется согласно инструкции, что учитывает промежуточную очистку через 10 часов работы, бактериальное осеменение будет минимальным, т. этот период заметно меньше времени формирования бактерий. В свой черед нагрев воздуха конденсатом, применение скруббера доставляет комплекс преимуществ, поскольку скруббер не только утилизирует тепло, но также очищает воздух и обладает значимой производительностью по испарению. Впрочем, часть данных превосходств теряется, поскольку каждые 10 часов необходимо проделывать чистку. Поэтому скрубберы с продуктом в качестве абсорбента не часто используются в молочной промышленности. Рассматриваемая система энергосбережения, помимо двухступенчатой сушки, требует общей работы выпарного агрегата и распылительной сушилки. Впрочем, случаются ситуации, когда функционирует лишь распылительная сушилка. Поэтому были изобретены рекуператоры тепла, функционирующие лишь с распылительной сушилкой [10, 11]. Рекуператор позволяет использовать тепло отработанного воздуха распылительной сушилки, имеющего температуру 80-95°C, например, для подогрева сушильного воздуха. Но ее возможно применять и для нагрева моющей жидкости либо для обогрева помещений. Существует две системы рекуперации тепла: «воздух-воздух», «воздух-жидкость-воздух».

Для увеличения производительности теплообмена возможно установить вдобавок двухрукавный фильтр, поскольку даже при подходящем подборе скорости воздуха сепаратор не позволяет всецело исключить отложения на теплообменной плоскости [7]. Рекуператор возможно эксплуатировать несколько суток без чистки, однако если очистка необходима, для данной цели в аппарат встраивается конструкция безразборной мойки. Если рекуператор остужает отработанный воздух ниже температуры конденсации (которая зависит от влагосодержания воздуха), то энтальпия конденсации также применяется для подогрева. В этом случае двухрукавный спецфильтр перед рекуператором нужен для предотвращения отложений на границе влажной зоны. В рекуператорах типа «воздух-воздух» (рис. 1) сушильный воздух подогревается отработанным воздухом, передвигающимся сквозь теплообменник в противотоке.



Рис. 1. Блок-схема рекуператора типа «воздух-воздух»

Теплообменник представляет собой множество труб, внутри которых протекает отработанный теплый воздух, а снаружи – приточный прохладный воздух. Встраивание подобного оснащения в уже действующую конструкцию возможно оказаться проблемным и дорогим делом, если чтобы достичь желаемого результата понадобятся длинные воздуховоды крупного диаметра, какие без теплоизоляции будут утрачивать удержанное тепло. Новые конструкции лучше оснастить подобными рекуператорами, так как их можно сконструировать с учетом минимизации длины воздуховодов. Температура, до которой возможно нагреть воздух, зависит от температуры выходящего воздуха. Поэтому подобный тип рекуператора больше всего годится для одноступенчатой распылительной сушилки, где выходной воздух обладает высокую температуру. Окружающий воздух подогревается от 10 по 52°C, выходной воздух студится от 93 до 51°C. Расчет, произведенный по методике [11], показал, что без рекуператора потребление горючего составляет

175 кг/ч, расходование электричества — 120 кВт. С рекуператором потребление горючего составляет 140 кг/ч, потребление электричества — 135 кВт.

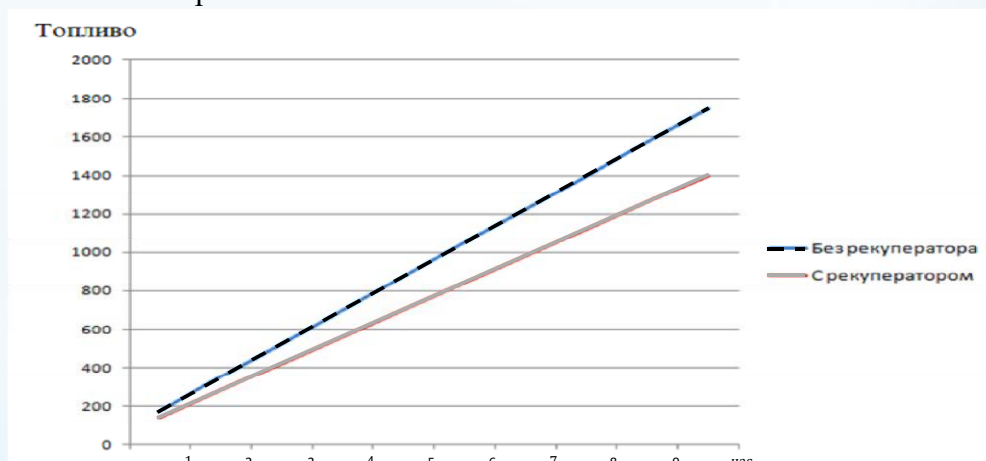


Рис. 2. Расход топлива в схемах сушки молока

Фактическая экономия составляет 18%.

Для упрощения монтажных работ целесообразно использовать рекуператор типа «воздух-жидкость-воздух» (рис. 3).

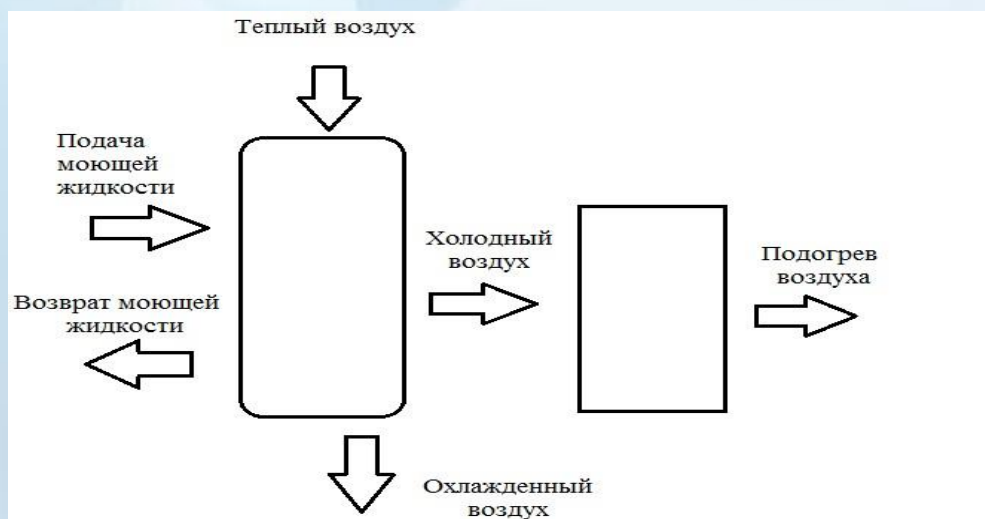


Рис. 3. Блок-схема рекуператора типа «воздух-жидкость-воздух»

Данная система претворена двумя теплообменниками, промежуток которыми циркулирует промежуточный теплоноситель, например, вода. Среди прохладных зим, когда температура теплоносителя может падать ниже нуля градусов, в воду подливают антифриз. Поскольку показатель теплообмена для пары сред «воздух-вода» больше, чем для пары «воздух-воздух», подобная система эффективнее, нежели рекуператор типа «воздух-воздух», невзирая на наличие двух теплообменников [7]. Теплообменник для выходящего воздуха представляет собой множество труб, внутри которых передвигается пропыленный воздух. По межтрубному пространству в противотоке передвигается вода. Приточный воздух разогревается в обыкновенном теплообменнике из оребренных труб. Для циркуляции воды применяется центробежный насос. Окружающий воздух подогревается от 10 по 60°C, выходной воздух студится от 93 по 44°C.

Расчеты, проведенные по методике [11], показали, что без рекуператора потребление горючего составляет 175 кг/ч, потребление электричества – 120 кВт. С рекуператором потребление горючего – 130 кг/ч, потребление электричества – 142 кВт. Практическая экономия составляет 23%.

**Вывод.** Скруббер вносит значимый вклад в экономию тепла при производстве сухого молока. Эта экономия совместно с возвратом продукта оправдывает рабочие расходы и укорачивает сроки окупаемости затрат. Выявлено, что в системах без рекуператора потребление горючего составляет 175 кг/ч, потребление электричества – 120 кВт. В системе с рекуператором потребление горючего – 130 кг/ч, потребление электричества – 142 кВт. Практическая экономия составляет 23%

## References

1. Bezzubceva M.M., Romanov A.R., Volkov V.S. Intensifikaciya processa raspylitel'noj sushki moloka s ispol'zovaniem ul'trazvuka // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2019. – № 3 (56). – S. 167-172.
2. Romanov A.R., Bezzubceva M.M. K voprosu issledovaniy processa pererabotki moloka s primeneniem effektivnykh ul'trazvukovogo vozdeystviya // *Rol' molodykh uchyonykh v reshenii aktual'nykh zadach APK: sbornik po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchyonykh /SPbGAU.* – 2018. – S. 194-196.
3. Galimov M.M. Energoberezhenie pri raspylitel'noj sushke moloka // *Molochnaya promyshlennost'.* – 2006. – № 4. – S. 48-52.
4. Byshova N.G., Tunikov G.M., Morozova N.I., Musaev F.A., Ivanova L.V. Innovacionnaya tekhnologiya proizvodstva moloka // *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya.* – 2013. – № 11-1. – S. 101-102.
5. Barysheva E.S., Suptelya V.S., Ivanova A.V., Mlikov E.M. Sravnitel'nyy analiz bioenergeticheskoy cennosti moloka i molochnykh produktov // *Nauchnoe obozrenie. Pedagogicheskie nauki.* – 2019. – №5. – S. 27-30.
6. Bezzubceva M.M., Volkov V.S. Praktikum po tekhnologicheskim raschetam processov pererabotki sel'skohozyajstvennogo syr'ya. – SPb.: SPbGAU, 2014. – 94 s.
7. Bezzubceva M.M., Volkov V.S., Zubkov V.V. Prikladnaya teoriya teplovykh i massoobmennyykh processov v sistemnom analize energoemkosti produkcii. – SPb.: SPbGAU, 2013. – 131 s.
8. Gorbatova K.K. Biohimiya moloka i molochnykh produktov. – SPb.: GIORD, 2001. – 320 s.
9. Truhachev V.I., Kapustin I.V., Zlydnev N.Z., Kapustina E.I. Moloko: sostoyanie i problemy proizvodstva: monografiya. – SPb.: Lan', 2018. – 300 s.
10. Bezzubceva M.M., Volkov V.S., Kotov A.V. Energoeffektivnyye elektrotekhnologii v agroinzhenernom servise i prirodopol'zovanii: uchebnoye posobie. – SPb.: SPbGAU, 2012. – 240 s.
11. Samoylov M.V., Panevchik V.V., Kovalev A.N. Osnovy energoberezheniya: Uchebnoye posobiye. – Mn.: BGEU, 2002. – 198 s.