



*1 – фильтр или скруббер; 2 – рекуператор пластинчато-ребристый; 3, 4 – система кондиционирования по влаге; 5, 9 – вентиляторы; 6 – calorиферы паровые или теплогенератор; 7 – башня сушильная; 8 – циклоны; 10 – воздуховод чистого горячего отработанного теплоносителя обводной; 11 – подогреватель сгущенного продукта перед распылителем сушильной башни*

Рисунок – Машинно-аппаратная схема сушильной установки

Использование указанной машинно-аппаратной системы позволяет сохранить за каждый сушильный процесс 250-700 кг сухого продукта и создает условия для экономии ТЭР.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Раицкий, Г. Е. Энергоэффективность использования распылительных сушильных установок в молочной промышленности // Г. Е. Раицкий, И. С. Леонович // Актуальные вопросы энергетики в АПК: мат. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та. – Благовещенск, 2019. – С. 29-31.

УДК 637.1.026

## ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА

**Раицкий Г. Е., Леонович И. С.**

УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
г. Гродно, Республика Беларусь

Часть теплового потока нагревающего поверхности внутри сушильной башни не могут быть в полной мере отнесены к тепловым потерям. Конструкции теплоизоляции башни рассчитываются таким

образом, чтобы температура ее наружной стенки не превышала 40°C. Остальная энергия в виде радиационной теплопередачи от стенок башни к каплям распыленного продукта определяется законом Стефана-Больцмана:

$$Q_{\text{рад}} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \varphi \cdot (T_{\text{ст}}^4 - T_{\text{ч}}^4),$$

где  $Q_{\text{рад}}$  – радиационный тепловой поток к каплям, Вт;  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);  $\varepsilon$ ,  $\varphi$  – соответственно приведенная степень черноты и коэффициент взаимного облучения капелек и стенок башни.

К нерациональному расходу первичного тепла следует отнести его затраты на нагрев продукта, если начальная температура  $t_1$  неоправданно низка после вакуум-выпарной установки, перемешивания с компонентами основы и гомогенизации. Такой продукт следует подогреть до технологически оправданных температур с использованием специальных теплообменников и вторичных тепловых источников. Главные, очевидные потери состоят в необходимости перегрева водяных паров в составе влажного воздуха, поступающего в калорифер или камеру теплогенератора [1]. Все рассмотренные потери сравнительно легко нивелировать при осуществлении специальных мероприятий по подогреву продукта и осушению воздуха.

Не менее значительны энергетические потери по причине большого уноса готового продукта в составе пыли, удаляемой из сушильной установки в виде отработанного теплоносителя. Здесь следует иметь в виду не только прямые потери (до 300-800 мг/м<sup>3</sup> пыли), но и скрытые, в виде невозможности рекуперации высокопотенциального тепла, выбрасываемого в окружающую среду, по причине его высокой загрязненности частицами сухого готового продукта, которые не позволяют организовать теплопередачу в известных в настоящее время теплообменниках для больших объемов в системе «газ-газ», например «труба в трубе» и ее модификаций, пластинчато-ребристых и др.

В то же время рекуперация тепла крайне необходима в понимании того, что в окружающую среду выбрасывается поток теплоносителя от 42 тыс. м<sup>3</sup>/ч для средних, наиболее распространенных сушильных установок (VRA, VRC, VRD) до 130 тыс. м<sup>3</sup>/час для крупных (Ниро-Атомайзер, Geo) и др. с температурой 70-80°C при сушке молока и свыше 100 °C при сушке сыворотки.

Таким образом, целесообразность рекуперации очевидна и в принципе возможна при решении в первую очередь проблемы

качественной очистки отработанного теплоносителя. Вопросы кондиционирования по влажности отработанного воздуха в целом решаемы уже при существующих способах конденсации водяных паров, например методом охлаждения горячего воздуха, даже низкопотенциальным холодом водопроводной воды, тем более что в отработанном теплоносителе вторичных водяных паров, выпаренных из продукта в процессе сушки, может быть меньше, чем в свежем воздухе, при его относительной влажности свыше 80% и положительных температурах весны-лета-осени.

Запатентованный нами способ и устройства их реализации позволяют в значительной степени повысить энергоэффективность эксплуатации современных распылительных сушильных установок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плаксин, Ю. М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. – М.: КолосС, 2006. – 760 с.
2. Штокман, Е. А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1989. – 311 с.

УДК 664.68 : 664.696.1

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХЛОПЬЕВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Русина И. М.<sup>1</sup>, Жебрак И. С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – УО «Гродненский государственный аграрный университет»;

<sup>2</sup> – УО «Гродненский государственный университет имени Янки

Купалы»

г. Гродно, Республика Беларусь

Разработка и использование многокомпонентных композитных смесей из растительного сырья при производстве мучных изделий является перспективным направлением в науке [1].

Цель данного исследования заключалась в сравнительном анализе показателей качества композитных смесей и образцов сахарного печенья, крекеров на основе пшеничной муки первого сорта и разных соотношений овсяных и гречневых хлопьев, а также овсяных и рисовых хлопьев, в общем количестве 10 и 20% от массы муки.

Использовались общепринятые и стандартизированные методики оценки органолептических, физико-химических и микробиологических