

теплоносителя. Поскольку при постоянном расходе воздуха температура теплоносителя определяется только расходом топлива, то этот способ сводится к регулированию расхода топлива в зависимости от температуры слоя.

Выбор способа регулирования температуры зависит от конкретных условий сушки и работы предыдущих ей производственных отделений.

Кроме управления температурой слоя, для нормальной работы аппарата КС необходимо также поддерживать на определенном заданном уровне сопротивление слоя, от которого зависит аэродинамический режим сушки. Сопротивление слоя может быть измерено по разности давлений среды до и после него. При этом стабилизация сопротивления слоя может быть достигнута путем изменения количества выгружаемого из слоя сухого материала при помощи изменения производительности разгрузочного устройства.

Для нормальной работы аппарата КС также необходимо обеспечить определенную скорость газа в слое, т.е. подачу определенного количества воздуха в систему путем стабилизации величины разрежения в верхней части аппарата КС.

Проведенный анализ динамических свойств установки КС показал, что по каналам связи «загрузка – температура в слое», «влажность материала – температура в слое» установка КС может быть описана аperiodическими звеньями 1-го порядка. Эти динамические характеристики могут быть использованы для синтеза системы управления процессом сушки, инвариантной к указанным возмущениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьміцкі, І.Ф. Аўтаматызацыя хімічна-тэхналагічных працэсаў і вытворчасцяў. І.Ф. Кузьміцкі, В.П. Кобрынец. – Мн.: БДТУ, 2004. – 232 с.
2. Головков, Б.Ю. Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. Б.Ю. Головков, Л.А. Рейбман, Г.Т. Колмаков. – М.: Наука, 1990. – 232 с.

УДК 621.317.08

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ковалев В.А.¹, к.т.н., доцент, **Скочек И.И.¹**, **Кулаков А.Т.²**, к.т.н., доцент
¹БГАТУ, ²БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Величинами, характеризующими климатические условия в закрытых производственных помещениях (микроклимат), являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха. Сюда также можно отнести химический состав воздуха и концентрацию пыли и микроорганизмов. Микроклимат в производственных помещениях сельскохозяйственных предприятий существенным образом влияет на эффективность производства конечной продукции животноводства и птицеводства, тепличного растениеводства, оптимальность параметров среды хранения повышает сохранность выращенных плодов и овощей.

Оптимальные параметры микроклимата в том или ином животноводческом (птицеводческом) помещении определяются видом животных или птицы, их возрастом, технологией выращивания или содержания. Аналогичные технологические требования к оптимальности параметров микроклимата существуют в тепличном производстве и при хранении сельскохозяйственной продукции. Системы обеспечения микроклимата являются весьма энергоемкими – например в отрасли животноводства и птицеводства затраты энергии на микроклимат составляют до 30 % от общих затрат. Поэтому в общем комплексе задач по повышению эффективности сельскохозяйственного производства одним из важных направлений является разработка и внедрение энергоэффективного оборудования для создания микроклимата. При этом для достижения наилучшего результата необходимо обеспечить автоматическое управ-

ление этим оборудованием, что возможно только в том случае, если будет должное метрологическое обеспечение измерения и контроля параметров микроклимата.

С метрологическим обеспечением контроля таких параметров как температура и скорость движения воздуха значительных проблем нет – на рынке и в государственном реестре средств измерений Республики Беларусь имеется достаточно широкая номенклатура соответствующих измерительных преобразователей и приборов с хорошими метрологическими характеристиками [1]. Присутствуют на рынке и нормирующие преобразователи этих величин, что позволяет без проблем применять в системах автоматического контроля и управления логические контролеры.

Иная ситуация имеет место с измерением относительной влажности воздуха. За всю историю развития измерительной техники было разработано достаточно большое количество методов измерения этой величины и измерительных преобразователей на их основе [2]. Далеко не все из них широко используются в настоящее время. Преобладающее большинство всех современных измерителей относительной влажности воздуха изготавливаются с использованием емкостных чувствительных элементов (ЧЭ). Технология производства таких ЧЭ на сегодняшний день достаточно хорошо отлажена и они предлагаются многими крупными электронными компаниями по сравнительно невысокой цене. Измерительные преобразователи и приборы на их основе широко представлены на нашем рынке, многие из них включены в реестр средств измерений, и могут с успехом использоваться, в том числе на многих объектах АПК, но далеко не всех. Производители емкостных ЧЭ стараются не упоминать о таком их существенном недостатке, как дрейф выходного сигнала при длительном нахождении в среде с влажностью выше 90 %. Величина дрейфа увеличивается с ростом влажности, температуры и длительности пребывания при высокой влажности и может достигать 10 % [3]. Эта особенность емкостных сенсоров не позволяет использовать измерительные преобразователи и приборы на их основе для постоянного контроля в процессах с влажностью более 90 %. А это достаточно широкий круг задач, включающий, в том числе, контроль влажности в таких производственных помещениях сельскохозяйственного производства как плодоовощехранилища, грибные фермы, теплицы и др., где оптимальная влажность по технологическим требованиям лежит в пределах 90-98 %.

Не так давно на рынке появились специальные модели гигрометров с емкостным ЧЭ, предназначенные для длительной работы в условиях высокой влажности. В этих приборах сенсор перегревается относительно окружающей среды, в результате чего относительная влажность воздуха в точке измерения не превышает (70-85) %. Преобразователь на основе значений температуры сенсора и измеренной относительной влажности рассчитывает парциальное давление водяного пара. Отдельный измерительный преобразователь контролирует температуру воздуха. Затем на основе известных значений парциального давления и температуры рассчитывается относительная влажность воздуха. Такие гигрометры могут быть с успехом использованы на выше упомянутых объектах с высоким уровнем оптимального значения влажности, но следует учитывать, что они существенно дороже «обычных».

Более привлекательной по стоимости альтернативой при этом могли бы служить измерители на основе психрометрического метода, основанного на разнице показаний "сухого" и "увлажненного" термометров. Проведенные нами исследования показали, что они имеют вполне приемлемые метрологические характеристики [4]. К сожалению, серийно они в настоящее время не производятся.

Еще одним решением задачи длительного контроля относительной влажности воздуха, при высоких их значениях, можно рассматривать применение измерительных преобразователей на основе элемента «Polyga™» [5]. ЧЭ такого преобразователя состоит из нескольких синтетических нитей, каждая из которых в свою очередь состоит из множества отдельных волокон диаметром 3 мкм каждое. Если влага впитывается нитью, цепочки молекул изменяют свою структуру, видимый результат этого – изменение длины нитей. Потеря влаги нитями вызывает обратный эффект. Процесс расширения нитей улавливается электронной системой и конвертируется в интегрированный сигнал, преобразующийся в стандартный уни-

фицированный аналоговый сигнал 0-20 мА или 4-20 мА или 0-10 В. В качестве недостатка таких преобразователей можно отметить большую инерционность, зато они могут длительно сохранять свои нормированные метрологические характеристики при высоких уровнях влажности.

Литература

1. Государственный реестр средств измерений [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.oei.by/section/index?id=41&page1>. - Дата доступа: 12.09.2019.
2. Фарзани, Н.Г. Технологические измерения и приборы [Текст] : учеб. для студ. вузов / Н.Г. Фарзани, Л.В. Илясов, А.Ю. Азим-заде. – М.: Высш. шк., 1989. – 456 с.
3. Измерение влажности в климатических термокамерах [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.microfor.ru/htm/application/termokamers.php>. - Дата доступа: 16.09.2019.
4. Контроль параметров среды хранения плодоовощной продукции / Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 23-24 октября 2014 г. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 195-197.
5. Каталог продукции GALLTEC+MELA [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://galltec.nt-rt.ru/images/showcase/catalogr.pdf>. - Дата доступа: 17.09.2019.

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, **Гаркуша К.В.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Для увеличения энергетической эффективности систем теплоснабжения в сельскохозяйственных производственных помещениях большое значение имеет правильный выбор оборудования.

Нами разработана структурная схема современного энергетического оборудования (рис.1), которое потенциально может быть использовано для проектирования инновационных систем отопления и горячего водоснабжения производственных помещений агропромышленного комплекса.

При выборе того или иного варианта теплоснабжения необходим критический анализ затрат на выработку единицы теплоты с учетом КПД и стоимости теплового оборудования, стоимости топлива, эксплуатационных затрат и экологичности проекта.

Рассмотрим пример использования твердотопливных котлов мощностью 20 кВт, выпускаемых в Республике Беларусь и России для указанных целей. В качестве топлива для твердотопливных котлов используют уголь, торф, дрова, пеллеты, опилки, щепу и другие отходы производства (биомассы) [1-4]. Сжигание отходов деревообработки и сельскохозяйственного производства позволяет заодно решить проблему их утилизации.

Основные расчетные технико-экономические характеристики котлов приведены в табл.1, стоимостные характеристики котлов взяты по источнику [5].

Современные котлы снабжаются электронными системами управления, что делает их энергонезависимыми и надежными, хотя более дешевые конструкции котлов управляются «вручную».

Исходя из проведенных исследований, лучшими к эксплуатации в механических мастерских аграрного сектора можно принять отечественные твердотопливные котлы (RIZON M20) с видом топлива – каменный уголь. Эти котлы имеют наименьшие капитальные и эксплуатационные затраты (стоимость топлива) в течение отопительного сезона. Основные расчеты и технико-экономические характеристики выбранных твердотопливных котлов (мощностью 20 кВт) представлены в табл.2.