



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ
РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**

**3
2020**

кромки тонких пластинчатых ножей	
Бафоев Д.Х. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей	139
Холмуродов М.Б. Анализ многообразия типов колебаний в феррорезонансных цепях	144
Назарбаева Б.А., Назарбаева Ф.Ж. Система энергоменеджмента в производстве электротехнической продукции	149
Комилов О.С., Шарипов М.З., Мажитов Ж.А., Тиллоев Л.И. Моделирование теплообменных процессов в метантенке биоэнергетической установки для индивидуального пользования	153
Садуллаев Н.Н., Бозаров О.О., Мамедов Р.А., Сафаров А.Б., Нематов Ш.Н. Оценка гидроэнергетического потенциала Бухарской области	159
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННО – КОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	
Назаров М.Р., Назарова Н.М., Нуриддинов Х. Моделирование системы автоматического управления температурно-влажностных режимов в солнечных сушильных установках	166
ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Мажидова Н.К., Саттаров К.К., Мажидов К.Х., Ходжиев Ш.М. Снижение содержания транс-изомерированных жирных кислот в гидрированных жирах	171
Махмудов Р.А., Мажидов К.Х., Бозорова Ф.А. Особенности химического и биохимического состава местных сортов семян амаранта	177
ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Бабажанов С.Х., Джурабекова Н.Р. К вопросу контактного взаимодействия лапки рогульки с ровничной паковкой.	181
Ражабова Г.Ж., Турсунова З.Н. Проектирование рациональных, многоассортиментных гибких потоков в швейной промышленности	186
Нурбоев Р.Х., Рахимов Х.К., Мухторова З.Н. Повышение эффективности одноцилиндрных волокоочистителей	196
Мирзакулов Б.Т. Из истории каракулеводства (XVII-XX в.в)	202
Мусаев С.С., Самиева Г.О. Классификация термопластичных эластомеров применяемое в производстве низа обуви	206
Дўстова Ф.Х. Конструкция пластинчатого нитенатяжителя и методика ее расчета	210
Қурбонов Ф.А., Чориева М.М. Создание конструкции моделей специальной одежды для работников нефтегазовой промышленности с целью обеспечения безопасных условий труда	214
ТОЧНЫЕ И СОЦИАЛЬНО – ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Адизова Н.З., Ахмаджонов И.Л., Усмонова А.Г., Кулдашева Ш.А. Важные параметры укрепления подвижных почв и песков пустынных территорий и важность их изучения	223
Гайбуллаева Н.Т. Тема женщин в джадидской литературе (На примере творчества Абдурауфа Фитрата)	231
Хайтов Б.У. Обзорный анализ морфометрических показателей рельефа для инженерно-проектных задач	236
Закирова Д.А. Уравнения усилий скалывания и излома пласта почвы и других материалов	241
Жабборов Х.Ш., Исматуллаев П.Р., Кодирова Ш.А. Анализ численных характеристик распределения вероятности	249
Жумаева З.К. Опыт зарубежных стран по ускорению инвестиционной активности в регионе	255
Рузиева Д.С., Шарипов М.З., Жураева Л.И., Ахророва М.И. Проектирование мультимедийного комплекса для учебного процесса	263
Гаффаров Ф.Х. Проектирование учебного процесса с использованием электронных образовательных ресурсов	269
Юнусова Г.С., Истамова Г. Х. Образ Робиаи Адави в персидской и узбекской литературе (На примере творчества Фаридиддина Аттора и Алишера Навоий)	272
Холова Н.А. Использование инновационных образовательных технологий при обучении модуля методов изображения	277
Инояттов А. Порядок написания произведения “Ал-Жомеъ ас-саҳиҳ” и своеобразный порядок названия глав относящихся к интерпритации	285

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ РЕЖИМОВ В СОЛНЕЧНЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

НАЗАРОВ М.Р., НАЗАРОВА Н.М., НУРИДИНОВ Х.

Бухарский государственный университет. Бухарский филиал ТИИМСХ

В статье проанализирована задача моделирования автоматического управления температурно-влажностных режимов в солнечных сушильных установках

Ключевые слова: автоматическое управление, объект сушки, сушилка, возмещение, установившаяся температура, пропорциональный закон регулирования (П-закон), регулирующее воздействие, регулятор.

Ушбу мақолада қуёш қуритгич қурилмаларида температура-намлик режимларини автоматик бошқаришни моделлаштириши масаласи таҳлил қилинган.

Таянч иборалар: автоматик бошқарув, қуритиши мосламаси, қуритгич, галаён, барқарорлашган температура, пропорционал қонун (*P*-қонун), ростловчи таъсир, ростлагич.

The article analyzes the problem of modeling automatic control of temperature and humidity conditions in solar drying plants

Keywords: automatic control, drying object, dryer, compensation, steady-state temperature, proportional control law (*P*-law), regulatory action, regulator.

Для качественной сушки фруктов и овощей в сушилках с использованием солнечной энергии требуется правильный выбор температурно-влажностного режима в сушильной камере.

В современных условиях данную задачу можно решить путем применения различных средств автоматического регулирования при управлении температурного режима сушки в гелиосушилках [3,8]. Поэтому в настоящее время в сушильных камерах в процессе сушки плодов задача автоматического регулирования и управления температурно-влажностным режимом сушки является актуальным.

Известно, что в солнечных сушильных установках в процессах сушки продуктов если осуществить автоматическое управление температурно-влажностным режимом сушки в камере, то появляется возможность решить следующие актуальные задачи сушильной техники:

- получить высококачественный высушенный продукт сушки; это достигается путем поддержания температурно-влажностного режима сушки в сушильной камере;
- максимально использовать мощность теплоисточника (мощность сушильной установки) при предельно возможной производительности;
- обеспечить отработку режимов сушки конкретного плода путем поддержания заданной температуры в процессе сушки продуктов и освободить оператора установки от постоянного наблюдения за приборами [2,9].

Автором разработана комбинированная солнечно-тепловая сушильная установка для сушки плодов [2]. В камере данной сушилке имеется возможность автоматического управления температурой воздуха.

В солнечных сушилках обычно процесс сушки бывает нестационарным, так что температура воздуха и солнечная радиация непрерывно меняются в течение дня. Поэтому для поддержания температуры камеры на определенном уровне используется дополнительный источник тепла. В качестве дополнительного источника тепла в сушильной камере использован инфракрасный (ИК) излучатель (ИК лампы) типа КГТ-1000 с рефлектором 4 (в количестве 2 шт.). ИК-излучатель смонтирован внутри

камеры (верхней части камеры). Он в основном используется при регулировании температуры воздуха в камере, а также для поддержания непрерывной работы установки.

В сушильной камере при выборе режимов сушки плодов самой актуальной проблемой считается математическое моделирование системы автоматического управления температурно-влажностным режимом объекта сушки [1, 2, 3].

Теперь рассмотрим задачи регулировки температуры воздуха в сушильной камере в процессе сушки плодов. Для получения математической модели автоматического управления температурно-влажностного режима объекта сушки, входными координатами обычно считают возмущающее и задающее воздействия, а выходной координатой – регулируемую величину (в нашем случае температура воздуха).

В этом случае в качестве регулирующего воздействия (входной координаты) берется изменение количества теплоты передаваемого от электронагревателя (ИК лампы) в камеру. Возмущающим воздействием (второй входной координатой) является отвод тепла обрабатываемым продуктом (при сушке) и потери тепла при конвекции, инфильтрации и т. д.

В процессе сушки плодов скорость изменения температуры объекта пропорциональна разности потоков подводимого и отводимого тепла, а коэффициентом пропорциональности служит теплоемкость объекта C . Тогда уравнение объекта сушки будет иметь вид [4].

$$C \frac{d\theta}{dt} = Q_1 - Q_2 \quad (1)$$

В этом уравнении Q_1 - поток подводимого тепла; Q_2 - поток отводимого тепла, C – теплоемкость объекта сушки; θ – температура воздуха внутри объекта; t - время.

Поток подводимого тепла определяется мощностью, подаваемой в электронагреватель, а поток отводимого тепла или потери тепла складывается из двух составляющих: возмущающего воздействия и потери тепла (естественной отдачи тепла в окружающую среду) за счет конвекций. Следовательно, результирующее количество отводимой теплоты (потери тепла) выражается формулой:

$$Q_2 = Q_{\text{воз}} + \alpha F (\theta - \theta_{o,c}) \quad (2)$$

$Q_{\text{воз}}$ - возмущающее воздействие; F – площадь теплоотдачи; $\theta_{o,c}$ – температура окружающей среды [4].

Теперь уравнение объекта можно записать в следующем виде:

$$C \frac{d\theta}{dt} + \alpha F \theta = Q_1 - Q_3 + \alpha F \theta_{o,c} \quad (3)$$

Следует отметить, что член $\alpha F \theta_{o,c}$ тоже характеризует возмущающее воздействие, вызванное возможными изменениями температуры окружающей среды; это воздействие усиливается проветриванием или теплоотводом обрабатываемого материала. Если общее возмущающее воздействие обозначить через $Q_0 = Q_3 - \alpha F \theta_{o,c}$, то уравнение объекта примет следующий вид:

$$C \frac{d\theta}{dt} + \alpha F \theta = Q_1 - Q_0 \quad (4)$$

Это уравнение связывает выходную координату θ и её производную с входными координатами. Полученная формула называется дифференциальным уравнением

объекта. Если обе части этого уравнения разделить на αF , то его можно привести к нормализованному виду.

$$\frac{C}{\alpha F} \frac{d\theta}{dt} + \theta = \frac{1}{\alpha F} (Q_1 - Q_0)$$

Здесь коэффициент $C/\alpha F$ – постоянная времени и обозначается буквой T , а коэффициент $1/\alpha F$ – коэффициент передачи или коэффициент усиления звена. Наконец, уравнение объекта примет следующий вид:

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = K(Q_1 - Q_0) \quad (5)$$

Это уравнение является математической моделью объекта.

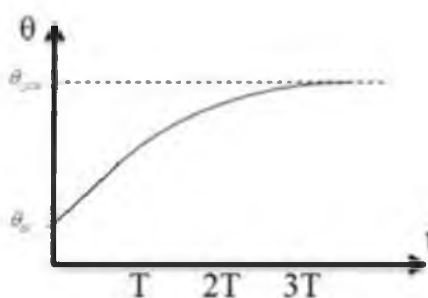


Рис. 1. Изменение температуры объекта в зависимости от времени при постоянной интенсивности нагрева

Полученная математическая модель дает возможность при любом изменении входной координаты объекта сушки определить характер изменения выходной координаты. Для этого, решая полученное уравнение, можно определить как связана температура объекта со временем протекания процесса.

Для решения последнего уравнения одного начального условия достаточно, так как в начальный момент времени ($t=0$) должна быть известна температура объекта. Если, например, считать, что $Q_{\text{возм}} = 0$, $Q_0 = \text{const}$, а начальная температура, имеет значение $\theta = \theta_{\text{о.с}}$, то после решения уравнения объекта получим:

$$\theta = KQ_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \theta_{\text{о.с}} \quad (6)$$

Здесь T – постоянная времени, которая характеризует инерционность объекта. Как видно из (6), с ростом времени процесса, температура объекта стремится к некоторому значению, называемому установившейся температурой $\theta_{\text{уст}}$, причем $\theta_{\text{уст}} = KQ_0 + \theta_{\text{о.с}}$ т.е. установившаяся температура будет тем выше, чем больше подводимая мощность Q_0 и чем больше коэффициент усиления объекта K . Время выхода на установившуюся температуру равно утроенному значению постоянной времени объекта (рис.1.).

Чтобы составить математическую модель объекта в целом, надо составить уравнение регулятора. Для простоты рассмотрим идеализированный регулятор, мгновенно реагирующий на входные воздействия. Как же будет выглядеть его уравнение? Прежде, чем ответить на данный вопрос, нужно решить, каким законом регулирования мы воспользуемся.

Законом регулирования называется уравнение, связывающее регулирующее воздействие $Q_{\text{подв}}$ с сигналом рассогласования $\theta - \theta_{\text{зд}}$. Одним из простейших является пропорциональный закон (П-закон). При нем регулирующее воздействие обычно состоит из двух частей ($Q_{\text{подв}} = Q_1 + Q_2$.) Одна часть регулирующего воздействия Q_1 пропорциональна отклонению регулируемой величины θ от ее заданного значения $\theta_{\text{зд}}$ т.е.

$$Q_1 = K_{\text{рег}} (\theta - \theta_{\text{зд}}) \quad (7)$$

где $K_{\text{рег}}$ – коэффициент усиления регулятора. Причем, если это отклонение положительно, то подводимую мощность надо уменьшить, и, наоборот, если отклонение отрицательно, то мощность следует увеличить. Значит, соответствующий член должен входить в закон регулирования со знаком минус. Эта часть регулирующего воздействия отлична от нуля только при $\theta - \theta_{\text{зд}} \neq 0$. Другая часть регулирующего воздействия Q_2 определяется следующими соображениями. Из записанного выше выражения для установившегося режима объекта ($\theta_{\text{уст}} = KQ_0 + \theta_{\text{o.c}}$ при $Q_{\text{возм}} = 0$) нетрудно заключить, что если мы хотим, чтобы установившаяся температура $\theta_{\text{уст}}$ при отсутствии возмущения была равна заданной $\theta_{\text{зд}}$ и, если при этом вспомним, что сигнал рассогласования, а значит и Q_1 равны нулю, то придется обеспечить условия:

$$Q_2 = \frac{1}{K} (\theta_{\text{зд}} - \theta_{\text{o.c}}) \quad (8)$$

Мощность, подводимая к объекту при нулевом рассогласовании, должна быть именно такой, и тогда при $Q_{\text{возм}} = 0$ мы получим $\theta_{\text{уст}} = \theta_{\text{зд}}$. Итак, в нашем случае закон пропорционального регулирования выглядит следующим образом:

$$Q_{\text{подв}} = \frac{1}{K} (\theta_{\text{зд}} - \theta_{\text{o.c}}) - K_{\text{рег}} (\theta - \theta_{\text{зд}}) \quad (9)$$

Это уравнение является математической моделью идеализированного регулятора. Теперь мы располагаем математической моделью системы в целом. Иногда бывает удобно объединить уравнения объекта и регулятора в одно уравнение, сохранив в нем входные и выходные координаты системы.

В нашем примере такое объединённое уравнение системы будет иметь следующий вид:

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = K \left[\frac{1}{K} (\theta_{\text{зд}} - \theta_{\text{o.c}}) - K_{\text{рег}} (\theta - \theta_{\text{зд}}) - Q_{\text{возм}} \right] \quad (10)$$

Если и для системы в целом рассмотреть установившийся режим (в котором $d\theta/dt = 0$, $\theta_{\text{уст}} = \theta$.) и вспомнить записанное выше выражение для $Q_{\text{возм}}$, то получим:

$$\theta_{\text{уст}} = K \left[\frac{1}{K} (\theta_{\text{зд}} - \theta_{\text{o.c}}) - K_{\text{рег}} (\theta_{\text{уст}} - \theta_{\text{зд}}) - Q_{\text{возм}} + \alpha F \theta_{\text{o.c}} \right] \quad (9)$$

Решая последнее уравнение относительно $\theta_{\text{уст}}$, получим зависимость установившейся температуры объекта от возмущающего воздействия $Q_{\text{возм}}$.

$$\theta_{\text{уст}} = \theta_{\text{зд}} - \frac{KQ_{\text{возм}}}{1 + KK_{\text{рег}}}$$

Полученное уравнение называется математической моделью системы автоматического регулирования температуры воздуха объекта сушки.

Из уравнения следует, что в системе с рассмотренным регулятором при отсутствии возмущений ($Q_{\text{возм}}=0$) температура объекта в установившемся режиме будет точно равна заданной. Если же появляются возмущения, то возникает отличие θ от $\theta_{\text{зд}}$, называемое установившейся ошибкой, причем эта ошибка будет тем меньше, чем больше коэффициент усиления регулятора. Установившаяся ошибка характеризует показатель качества САР, называемый точностью.

Следовательно, при применении пропорционального закона регулирования, точность системы будет тем выше, чем больше коэффициент усиления регулятора.

Подобные математические модели можно составить с учетом суточных изменений солнечной радиации, падающей на прозрачную поверхность солнечной сушилки.

Полученные результаты могут быть использованы при автоматизации солнечной сушильной установки.

Список литературы:

1. Каххаров С.К., Назаров М.Р., Жураев Х.О. Каххаров О.С. “Комбинированная гелиосушилка” Патент на изобретение №UZIAP 05746.
2. М.Р. Назаров, Н.М Назарова, Расчет и проектирование солнечно-тепловой сушильной установки для плодов и ягод. БухДУ илмий ахбороти, №1, 2017 й. 17-20
3. С. М. Исаев. Моделирование и управление температурно-влажностными режимами гелиотеплиц сушилок. Автореферат дисс. канд. тех. наук. Тошкент-1997. С 3
4. Д. А. Шурыгин. Автоматика завоёвывает текстиль. Москва. Лег.промбытгиздат. 1987. С 158.
5. М.Р. Назаров. Разработка и исследование эффективности опытно-производственной радиационно-конвективной солнечной сушильной установки для плодов и ягод. Дисс... канд. тех. наук. Ташкент, 1998. – 150 с.
6. М.Р. Назаров. Моделирование процессов тепломассообмена в солнечных сушильных радиационно-конвективных установках, // Гелиотехника 2006 № 1. С 43-48.
7. Искандаров З.С. «Повышение эффективности комбинированных солнечно-топливных сушильных установок для сельскохозяйственных продуктов». Автореф. дисс. ... док.тех. наук. Тошкент-2001. С 38 с.
8. В. Мальтри Э. Пётке, Б Шнайдер Сушильные установки сельскохозяйственного назначения. Из-во “Машиностроение”, Москва. 1979. С 524.

Назаров Мустақим Рашидович – доцент кафедры “Энергетическое обеспечение в сельском и водном хозяйстве” Бухарского филиала ТИИИМСХ. Тел.: +998 (91) 413-65-36

Назарова Наргиза Мустақимовна – базовый докторант БухГУ. Тел.: +998 (90) 513-85-22

Нуриддинов Хуррам – доц. кафедры “Механизация водного хозяйства и мелиоративных дел” Бухарского филиала ТИИИМСХ. Тел.: +998 (91) 405-16-05