

Физико-математические науки

ПРОГНОЗ ЗАРОЖДЕНИЯ ЦИКЛОНОВ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Семенчин Е.А., Пелевин В.Н.,
Ростовцева В.В., Гончаренко И.В.
Институт Океанологии РАН, Москва
Ставропольский государственный университет

Изучение тропических циклонов по данным спутниковых наблюдений позволяет наиболее полно охарактеризовать это крупномасштабное явление: данные в видимом диапазоне длин волн дают представление о динамике развития циклона и облачном покрове, радиолокационные данные позволяют судить об обстановке у поверхности океана, данные СВЧ диапазона дают информацию о влажности, силе ветра и температуре. Большинство исследований в этой области посвящено изучению процессов, происходящих в уже сформировавшемся циклоне [1-3]. В данной работе предлагается критерий, позволяющий оценить возможность возникновения тропического циклона.

Критерий был построен на основе следующих соображений.

Для реализации явления тропического циклона (ТЦ) необходим определенный запас потенциальной энергии, которая только и может перейти в кинетическую энергию экстремальных скоростей ветра. Эта потенциальная энергия накапливается в атмосфере над океаном постепенно, до начала формирования циклона. Ее источником является солнечная энергия. Поток солнечной энергии нагревает верхний слой океанской воды. От водной поверхности нагревается воздух, происходит интенсивное испарение (так называемый «поток скрытого тепла»), и в результате пограничный слой толщиной до километра заполняется теплым и влажным воздухом (по измерениям, относительная влажность на высоте 10 метров над поверхностью достигает 85% и более). Если такой приповерхностный слой воздуха начнет подниматься, то влага сыграет роль топлива, поскольку значительное тепло выделяется во время ее конденсации при подъеме. Расширяющийся от нагревания воздух, как поршень тепловой машины, будет поднимать «тяжелую» атмосферу, возникнет неустойчивое равновесие. Таким образом, первым условием возникновения ТЦ является наличие предпосылок, позволяющих тепло-

му и влажному воздуху подняться к тропопаузе, то есть наличие предпосылок возникновения сквозьтросферной конвекции.

Вторым условием является наличие «подсоса» к месту возникновения сквозьтросферной конвекции теплого и влажного приповерхностного воздуха из окружающих районов. Такой «подсос» возникает в районе, где в результате действия сил Кориолиса происходит закручивание устремляющихся в центр потоков воздуха, а, следовательно, и понижение давления в данной области. Это, в свою очередь, вызывает приток воздуха из пограничных районов.

Критерий для оценки возможности возникновения ТЦ учитывает эти три условия в качестве основных:

$$\Omega = ((T - T_c) / \Delta T_{\max} + (k_s - k_{sc}) / \Delta k_{s\max}) \cdot \sin \varphi.$$

Здесь T и k_s - температура поверхности океана и относительная влажность воздуха у его поверхности, T_c , $\Delta T_{\max}$ и k_{sc} , $\Delta k_{s\max}$ характеризуют интервал температур и соответствующие значения относительной влажности, при которых чаще всего наблюдаются ТЦ (этот интервал, что примечательно, весьма мал: от 25.5 до 29.5° С) $T_c=27,5^\circ\text{C}$, $k_{sc}=67\%$, $\Delta T_{\max}=4^\circ$, $\Delta k_{s\max}=24\%$, j - широта места.

Проверка критерия Ω осуществлялась на основе экспериментальных данных измерения геофизических параметров в северной части Атлантического океана (температура поверхности океана, скорость ветра и влажность воздуха у его поверхности), полученных средствами свч-радиометрии со спутников TRMM в период с 17.09.2002г. 20.09.2002г.

Районы со значениями критерия ($\Omega > 90$) в этот период практически полностью соответствуют районам, в которых в действительности зародились тропические циклоны ISIDORE, JOSEPHINE, KYLE.

При $\Omega < 90$ зарождение циклонов практически невозможно. Как показывают результаты спутниковых наблюдений, тропические циклоны зарождаются при $\Omega > 90$.

Работа представлена на конференцию студентов и молодых ученых с международным участием «Международный форум молодых ученых и студентов», г. Анталия, Турция, 17-24 августа 2004 г.

Технические науки

ИССЛЕДОВАНИЕ ШАХТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Андрианов Н.М.
Новгородский Государственный Университет,
В. Новгород

Моделирование и разработка систем автоматического управления основаны на информации о статических и динамических характеристиках объектов управления. С целью её получения выполнены экспе-

риментальные исследования зерносушилки СЗШ-8.

Для измерения температуры и влажности зерна сушильную камеру снабдили преобразователями температуры и пробоотборниками, которые разместили в семи зонах по её высоте. Поддержание температуры теплоносителя и экспозиции сушки на постоянном уровне осуществили автоматическими регуляторами.

Методом типовых возмущений получили реализации переходных процессов по каналам управляющих воздействий сушильной камеры, рис. 1. Приняты следующие обозначения: W_0 , W - начальная и конеч-

ная влажность зерна; $\vartheta_{\text{с0}}$ и $\vartheta_{\text{с}}$ - начальная и конечная температура зерна; ϑ_T - температура теплоносителя; ω - частота колебаний выгрузного аппарата.

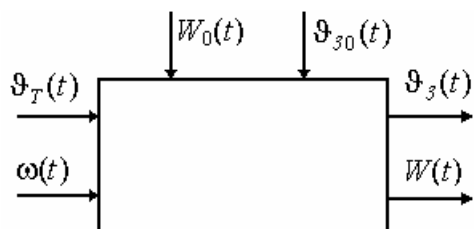


Рисунок 1. Схема сушильной камеры

На рис. 2 представлен вид переходного процесса по каналу $\vartheta_T - W$ и показан результат его аппроксимации уравнениями динамических звеньев первого и второго порядка. Погрешность аппроксимации, оценили по максимальному относительному отклонению экспериментальных данных от моделируемых. Для звена первого порядка она составила 18–22 %, для звена второго порядка – 6–9 %. Дальнейшее усложнение аппроксимирующего выражения не привело к существенному уменьшению погрешности, поэтому уравнение звена второго порядка с запаздыванием использовали как основное аппроксимирующее выражение.

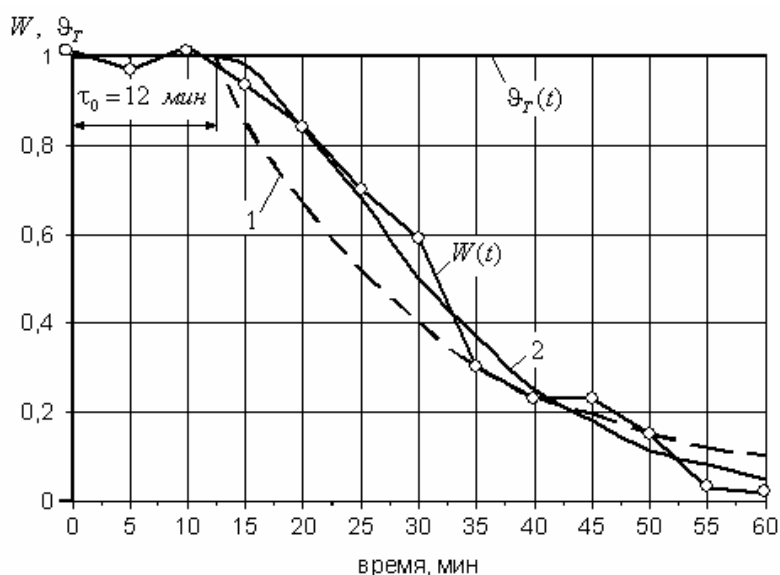


Рисунок 2. Переходный процесс по каналу $\vartheta_T - W$ для 15-го ряда коробов и его аппроксимация уравнениями динамических звеньев: 1 – первого порядка; 2 – второго порядка

Динамические свойства по каналам передачи возмущающих воздействий $W_0 - W$, $W_0 - \vartheta_{\text{с}}$ и $\vartheta_{\text{с0}} - \vartheta_{\text{с}}$ аппроксимировали уравнением усилительного динамического звена с чистым запаздыванием.

В результате исследований определили вид и значения параметров передаточных функций сушильной камеры по прямым и перекрестным каналам передачи управляющих и возмущающих воздействий, табл. 1.

Из данных таблицы следует, что динамические свойства различных по высоте сушильной камеры зон

описываются передаточными функциями различного вида. Такое различие динамической структуры объекта по высоте обусловлено качественными отличиями процессов, протекающих в указанных зонах. Приведенные данные отражают многосвязность сушильной камеры как объекта управления и наличие в ней внутренних перекрестных связей между отдельными каналами передачи сигналов.

Пределы изменения параметров передаточных функций представлены в табл. 2, а статических коэффициентов передачи в табл. 3.

Таблица 1. Передаточные функции сушиллки СЗШ-8

Канал передачи сигнала	Передаточная функция	
	2–4 ряд коробов	6–15 ряд коробов
$\vartheta_T - \vartheta_{\zeta}$	$\frac{K_{\vartheta_T \vartheta_{\zeta}} \cdot e^{-\tau_{01} \cdot p}}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$	$\frac{K_{\vartheta_T \vartheta_{\zeta}} \cdot e^{-\tau_{01} \cdot p}}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$
$\omega - W$	$\frac{K_{\omega W} \cdot e^{-\tau_{02} \cdot p}}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$	$\frac{K_{\omega W} \cdot e^{-\tau_{02} \cdot p}}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$
$\vartheta_T - W$	$\frac{K_{\vartheta_T W} \cdot e^{-\tau_{03} \cdot p}}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$	$\frac{K_{\vartheta_T W} \cdot e^{-\tau_{03} \cdot p}}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$
$\omega - \vartheta_{\zeta}$	$\frac{K_{\omega \vartheta_{\zeta}}}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$	$\frac{K_{\omega \vartheta_{\zeta}} (T'' \cdot p^2 + T' \cdot p + 1)}{T_3^3 \cdot p^3 + T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$
$W_0 - \vartheta_{\zeta}$	$K_{W_0 \vartheta_{\zeta}} \cdot e^{-\tau \cdot p}$	$K_{W_0 \vartheta_{\zeta}} \cdot e^{-\tau \cdot p}$
$W_0 - W$	$K_{W_0 W} \cdot e^{-\tau \cdot p}$	$K_{W_0 W} \cdot e^{-\tau \cdot p}$
$\vartheta_{\zeta 0} - \vartheta_{\zeta}$	$K_{\vartheta_{\zeta 0} \vartheta_{\zeta}} \cdot e^{-\tau \cdot p}$	–

Таблица 2. Постоянные времени передаточных функций

Постоянная времени	Пределы изменения по каналам передачи, мин			
	$\vartheta_T - W$	$\vartheta_T - \vartheta_{\zeta}$	$\omega - W$	$\omega - \vartheta_{\zeta}$
T_1	14,38–32,32	10,06–19,53	15,19–31,93	-25,83–(-14,24)
T_2	6,66–15,36	4,49–9,23	6,76–15,56	7,69–14,39
T_3	–	–	–	-7,98–(- 4,61)
T'	–	–	–	-2,19–68,21
T''	–	–	–	69,14–46,12
τ_0	11,3–12,9	3,7–5,1	6,7–16,7	–

Таблица 3. Статические коэффициенты передачи

Канал передачи	Единица измерения	Пределы изменения
$\vartheta_T - \vartheta_{\zeta}$	°C/°C	0,035–0,351
$\omega - W$	%/мин ⁻¹	- 0,034–0,349
$\vartheta_T - W$	%/°C	0,007–0,05
$\omega - \vartheta_{\zeta}$	°C/мин ⁻¹	- 1,13–0,785
$W_0 - \vartheta_{\zeta}$	°C/%	-1,769–1,009
$W_0 - W$	%/%	0,507–0,932

Установлено, что постоянные времени передаточных функций изменяются по высоте сушильной камеры, что характеризует её как распределенный динамический объект. На *рис. 3* представлены зависимости изменения постоянных времени для канала $\vartheta_T - \vartheta_{\zeta}$. Из протекания зависимостей видно, что в направлении увеличения ряда коробов постоянные времени возрастают. Этим подтверждается их зависимость от экспозиции сушки.

Выявлена зависимость параметров передаточных функций от характеристик обрабатываемого зернового вороха и режима сушки. На *рис. 3* показана зави-

симость постоянных времени от начальной влажности W_0 зерна, а на *рис. 4* – от частоты ω колебаний выпускного аппарата. Из них видно, что большим значениям W_0 и ω соответствуют меньшие значения постоянных времени, что указывает на то, что слой более влажного и быстро перемещающегося зерна нагревается быстрее. Это объясняется уменьшением объемной теплоемкости подвижного слоя зерна при увеличении его влажности и скорости перемещения по сушильной камере.

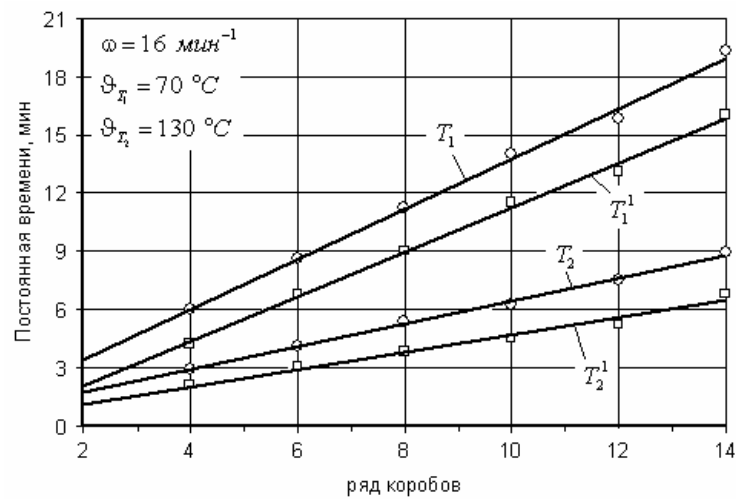


Рисунок 3. Изменение постоянных времени по высоте сушильной камеры для канала $\vartheta_T - \vartheta_C$ при различных W_0 : T_1, T_2 – при $W_0=18\%$, T_1^1, T_2^1 – при $W_0=26\%$

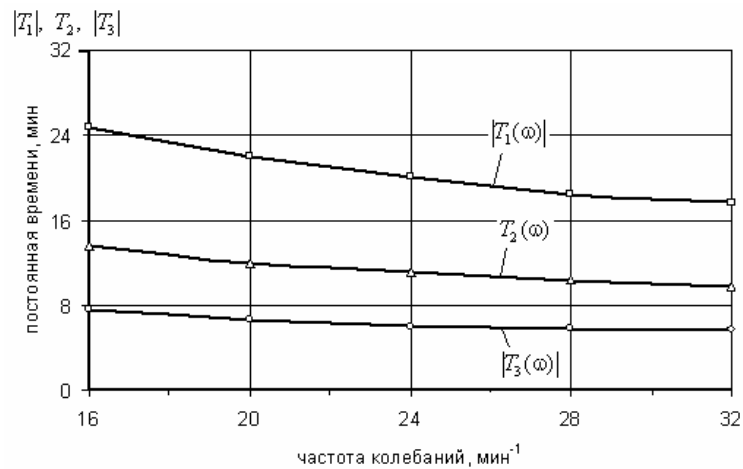


Рисунок 4. Зависимость постоянных времени по каналу $\omega - \vartheta_C$ от ω для 15-го ряда коробов: $W_0 = 26\%$, $\vartheta_T = 100^\circ\text{C}$

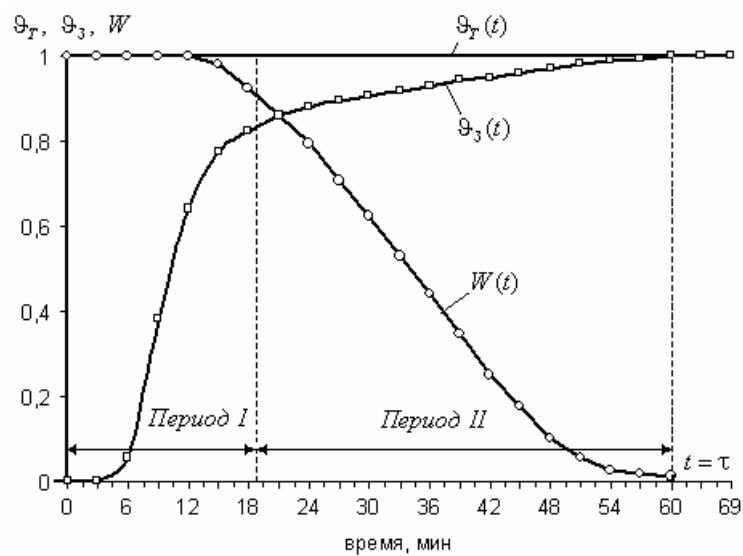


Рисунок 5. Переходные процессы по каналам $\vartheta_T - \vartheta_C$ и $\vartheta_T - W$ для 15-го ряда коробов при $W_0 = 22\%$, $\omega = 24 \text{ мин}^{-1}$, $\vartheta_{T_1} = 70^\circ\text{C}$, $\vartheta_{T_2} = 130^\circ\text{C}$

Изменение числовых значений постоянных времени под влиянием W_0 и ω в пределах их возможных изменений достигает 20 % и более.

Между процессами нагрева и изменения влажности зерна в сушильной камере заметна связь, учитывая которую переходный процесс изменения температуры ϑ_C зерна при возмущении по температуре ϑ_T теплоносителя можно интерпретировать следующим образом, *рис. 5*. После возмущения переходный процесс протекает в два периода. Первый характеризуется интенсивным повышением температуры ϑ_C зерна. Скорость изменения температуры в этом периоде определяется только теплоинерционными свойствами зернового слоя, так как изменение его влажности W из-за большой инерционности невелико и практически не влияет на приращение температуры ϑ_C . Продолжительность периода составляет 20–25 минут.

Во втором периоде начинается интенсивное изменение влажности W , что приводит к постепенному перераспределению составляющих теплового баланса процесса сушки. Доля теплоты затрачиваемой на испарение влаги из зерна возрастает, поэтому процесс его нагрева существенно замедляется. Дальнейшее изменение температуры ϑ_C зерна полностью определяется инерционностью поля его влагосодержания и характером взаимной связи процессов тепло- и массопереноса. Поэтому, время окончания переходных процессов по каналам $\vartheta_T - \vartheta_C$ и $\vartheta_T - W$ практически одинаково и определяется экспозицией сушки τ .

Для разработки систем автоматического регулирования температуры зерна важно правильно оценить инерционные свойства сушильной камеры по каналу регулирования $\vartheta_T - \vartheta_C$. Расчет регулятора по завышенным данным ведет к снижению быстродействия системы, а необоснованное занижение – к потере устойчивости. Применительно к каналу $\vartheta_T - \vartheta_C$ обоснованным, с точки зрения максимального быстродей-

ствия системы, является выбор постоянных времени передаточной функции на основе информации о времени затухания переходных процессов, обусловленных теплоинерционными свойствами зернового слоя. На основе полученных данных постоянные времени можно принять изменяющимися в диапазоне $T_1 = 4,9 - 6,1$ мин, $T_2 = 2,3 - 3,1$ мин. Причем, их меньшие значения соответствуют большим влажностям ($W_0 \geq 22\%$) и скоростям перемещения ($\omega \geq 24 \text{ ìì}^{-1}$) зерна по сушильной камере.

Анализ переходных процессов, *рис. 6*, по каналу $\omega - \vartheta_C$ также подтверждает существование связи между процессами изменения температуры и влажности зерна. При скачкообразном изменении ω изменение ϑ_C протекает в два периода. В первом причиной изменения ϑ_C является резкое изменение состояния подвижного зернового слоя. Так увеличение ω ведет к разуплотнению и снижению аэродинамического сопротивления подвижного слоя зерна. Это вызывает увеличение подачи теплоносителя в сушильную камеру и, при постоянстве его температуры, ведет к увеличению количества теплоты, подводимой к зерну. Вследствие этого увеличивается его температура. Влажность W зерна из-за большой инерционности в этом периоде практически не меняется и не влияет на процесс нагрева.

Инерционность переходного процесса по каналу $\omega - \vartheta_C$ в первом периоде определяется теплоинерционными свойствами слоя зерна. Это предположение подтверждается близостью продолжительностей первых периодов переходных процессов по каналам $\vartheta_T - \vartheta_C$, *рис. 5*, и $\omega - \vartheta_C$, *рис. 6*.

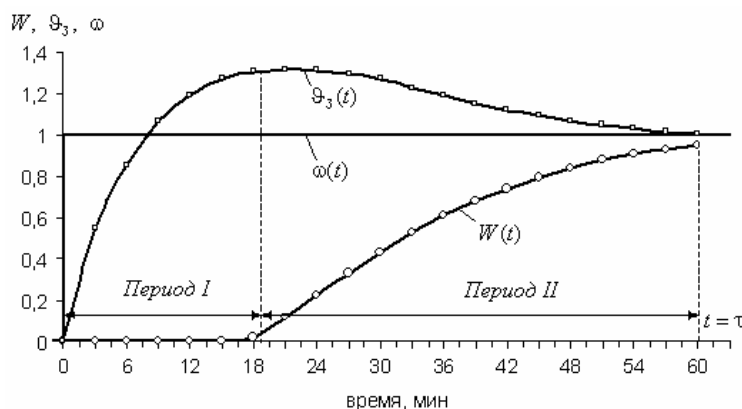


Рисунок 6. Переходные процессы по каналам $\omega - W$ и $\omega - \vartheta_C$ для 10-го ряда коробов: $W_0 = 22\%$,

$$\vartheta_T = 100^\circ\text{C}, \omega_1 = 16 \text{ ìì}^{-1}, \omega_2 = 32 \text{ ìì}^{-1}$$

Во втором периоде заметно меняется влажность W зерна, что приводит к постепенному перераспределению составляющих теплового баланса процесса сушки и изменению температуры ϑ_C зерна. С увели-

чением влажности температура зерна постепенно понижается. Продолжительность переходных процессов по каналам $\omega - \vartheta_C$ и $\omega - W$ одинакова и равна экспозиции сушки τ .

Увеличение частоты ω сопровождается кратковременным повышением температуры зерна в начальном периоде процесса. Превышение температуры ϑ_c для практически встречающихся режимов сушки может достигать 2–8 °С и – стать опасным для семенных и продовольственных качеств зерна. Причем большие значения превышений ϑ_c соответствуют большим значениям влажности W и скорости (ω) перемещения зерна по сушильной камере.

Существенное влияние на характер протекания переходных процессов по каналу $\omega - \vartheta_c$ оказывает

влажность W_0 зерна. На *рис. 7* представлены переходные процессы соответствующие различным влажностям W_0 . Из их протекания видно, что при высоких влажностях ($W_0 > 24\%$) установившаяся температура зерна в конце переходного процесса может быть выше начальной, а при меньших ($W_0 < 22\%$) – меньше. Это является следствием знакопеременности статического коэффициента передачи сушильной камеры по каналу $\omega - \vartheta_c$, *табл. 3*.

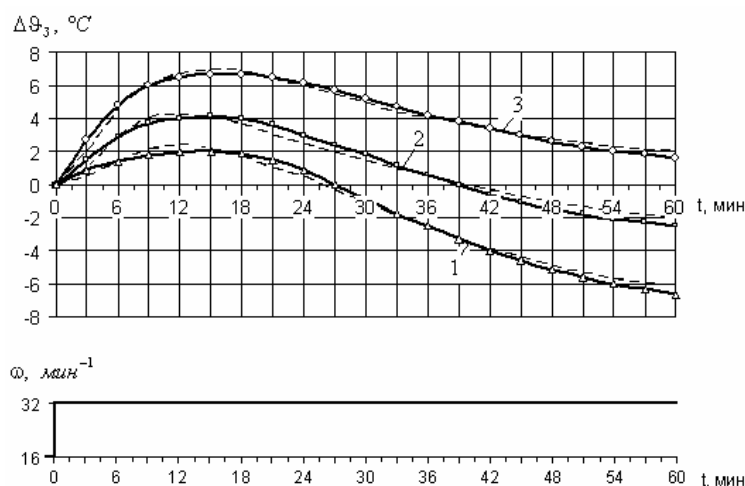


Рисунок 7. Переходные процессы по каналу $\omega - \vartheta_c$ для 15-го ряда коробов при различных W_0 и их аппроксимация уравнением динамического звена третьего порядка: $\vartheta_T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 – $W_0 = 18\%$, 2 – $W_0 = 22\%$, 3 – $W_0 = 26\%$

Неоднозначные приращения температуры $\Delta\vartheta_c$ зерна при изменениях частоты ω свидетельствуют о невозможности использования переменной ω в качестве управляющего воздействия по каналу управления температурой зерна в сушильной камере.

Динамические свойства сушильной камеры по каналу $\omega - \vartheta_c$ аппроксимированы уравнением динамического звена третьего порядка с погрешностью 8–12 %.

Таким образом, полученные данные характеризуют сушильную камеру как сложный распределенный динамический объект с переменной структурой по высоте и наличием внутренних перекрестных связей между каналами передачи сигналов. Параметры её передаточных функций зависят от характеристик зерна и режимов его обработки, а значения постоянных времени и времени запаздывания подтверждают её значительную инерционность как объекта управления.

НОВЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Красина И.Б., Мушта Л.В., Лозовой А.И.

Кубанский государственный
технологический университет,
Краснодар

Ухудшение экологической ситуации во многих регионах России и связанное с этим загрязнение окружающей среды и продуктов питания токсичными веществами обуславливают необходимость увеличения объема производства функциональных продуктов.

В производстве пищевых продуктов все шире применяют многофункциональные добавки, придающие изделиям требуемую текстуру, объем, аромат, вкус, устойчивость к действию посторонней микрофлоры, а также обеспечивающие сохранность первоначальных свойств продуктов при хранении.

Нами исследована возможность использования каррагинана при производстве мучных кондитерских изделий.

Благодаря своему составу каррагинан улучшает качество пряников и одновременно придает им профилактическую направленность.

При этом отмечено улучшение таких органолептических показателей как объем, плотность, вкус, продлевается срок сохранения свежести пряников. За