

**РАЗРАБОТКА ЗАКОНА И ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ
ДЛЯ ОВОЩЕХРАНИЛИЩА С РГС ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
ПРОДУКЦИИ**

Клочков Д.Е.

магистр 2 курса,

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,

г. Орел, Россия

Аннотация

В статье описана разработка закона и построение математической модели регулирования концентрации газовой среды для овощехранилища с регулируемой газовой средой для различных типов сельскохозяйственной продукции в зависимости от требуемого срока хранения продукции.

Ключевые слова: математическая модель, закон регулирования, овощехранилище с регулируемой газовой средой, автоматизация.

**THE DEVELOPMENT OF LAW AND THE CONSTRUCTION OF A
MATHEMATICAL MODEL OF THE REGULATION OF THE
CONCENTRATION OF GASEOUS ENVIRONMENT FOR VEGETABLE
STORAGE WITH THE CGE FOR DIFFERENT TYPES OF PRODUCTS**

Klochkov D. E.

master 2nd year,

Orel state University named after I. S. Turgenev,

Orel, Russia

Abstract

The article describes the development of the law and the construction of a mathematical model for controlling the concentration of the gas environment for vegetable storage with controlled gas environment for different types of agricultural products, depending on the required shelf life of products.

Keywords: mathematical model, the law of regulation, vegetable storage with controlled gas environment, automation.

Регулируемая газовая среда (РГС) - термин, отражающий процессы в камерах холодильников для овощей в условиях, когда осуществляется контроль и регулирование температурно-влажностных и газовых параметров среды, образованных за счет жизнедеятельности продукции (дыхание) и путем искусственного формирования и поддержания [1].

Меньшая поражаемость овощей в условиях модифицированной газовой среды обусловлена сохранением их естественной устойчивости в результате замедления процессов созревания и отмирания клеток.

Газовые расчеты холодильных камер с РГС выполняют в целях создания и поддержания оптимального состава газовой среды при хранении фруктов и овощей в соответствии с требованиями технологии [2].

Для холодильной камеры с РГС характерны следующие четыре основных режима работы:

I режим – холодильная обработка (охлаждение) продукции после загрузки камеры;

II режим – формирование газовой среды заданного состава после охлаждения продукции и герметического закрытия камеры;

III режим (установившийся) – хранение продукции с поддержанием (корректировкой) заданного состава газовой среды при необходимости охлаждения камеры (осенний и весенне-летний режимы хранения);

IV режим (установившийся) – хранение продукции с поддержанием (корректировкой) заданного состава газовой среды при необходимости обогрева камеры (зимний режим хранения) [3], [4].

Определение продолжительности создания в камере газовой среды заданного состава имеет большое практическое значение, т. к. от этого параметра непосредственно зависит сохранность плодоовощной продукции. При использовании генераторов газовых сред продолжительность периода формирования газовой среды в холодильниках сокращается до одних суток, и даже до нескольких часов. Поэтому, если расчетная продолжительность естественного формирования газовой среды t_B превышает максимально допустимую для данного вида продукции величину, рекомендуется применять искусственное формирование газовой среды [5].

Расчет продолжительности изменения концентрации кислорода в камере в установившемся режиме хранения в заданных пределах t_K позволяет выявлять и задавать оптимальный режим работы оборудования, используемого для корректировки газовых сред. Если период накопления кислорода в камере в результате естественного воздухообмена в допустимых пределах ($\pm 1\%$) составляет 16 ч, установка генерирования газовых сред может работать в период корректировки режима в одну смену [5].

Для генераторов газовых сред проточного типа требуемая производительность (в $\text{см}^3/\text{ч}$) при заданной продолжительности формирования или корректировки режима в камере определяется по формуле:

$$Q = (V_c / t_{B, K}) \times \ln [(CO_{2H} - CO_{2Г}) / (CO_{2T} - CO_{2Г})]$$

где V_c – «свободный» объем камеры, см^3 ; $t_{B, K}$ – продолжительность работы генератора в период вывода (t_B) или корректировки (t_K) газового режима в камере, ч; CO_{2H} – начальная концентрация кислорода в камере, %; CO_{2T} – заданная требуемая концентрация кислорода в камере, %; $CO_{2Г}$ – концентрация кислорода в среде, подаваемой из генератора, %.

«Свободный» объем камеры находят по формуле:

$$V_c = a \times V_{п},$$

где a – коэффициент, принимаемый по таблице 3 в зависимости от вида продукции и значения удельного объема, приходящегося на 1 г емкости камеры; $V_{п}$ – внутренний строительный объем камеры, см^3 [6].

Исходя из того что внутренний строительный объем камеры составляет $V_{п}=3000 \text{ см}^3$ и принимая продолжительность выхода в режим $tB = 0,25 \text{ ч}$. рассчитывается производительность проточного газового генератора. Результаты расчетов занесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты расчетов производительности проточного газового генератора.

№ п/п	Наименование продукта	Коэффициент a	$V_c, \text{см}^3$	$Q, \text{см}^3/\text{ч}$
1	Яблоки	0,658	1974	16741
2	Виноград	0,793	2379	20176
3	Морковь	0,66	1980	10369

Изменение концентрации кислорода в камере при работе установок проточного генератора определяют по формуле:

$$CO_{2T} = CO_{2Г} + e^{-(Q/V_c) \times t} \times (CO_{2Н} - CO_{2Г}).$$

Результаты моделирования изменения концентрации кислорода в камере при выводе ее в режим хранения с помощью газового генератора приведены на рисунках 1, 2, 3. Для наглядности эффективности использования данных генераторов приведены результаты моделирования изменения концентрации кислорода при естественном дыхании продукции.

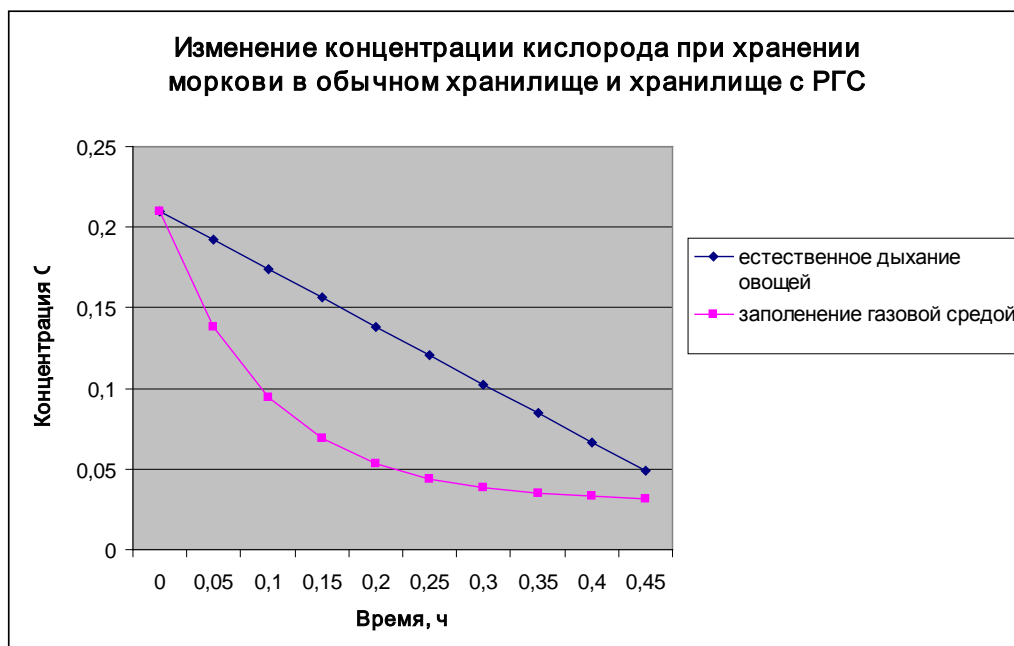


Рисунок 1 – График изменения концентрации кислорода при хранении моркови в обычном хранилище и хранилище с РГС

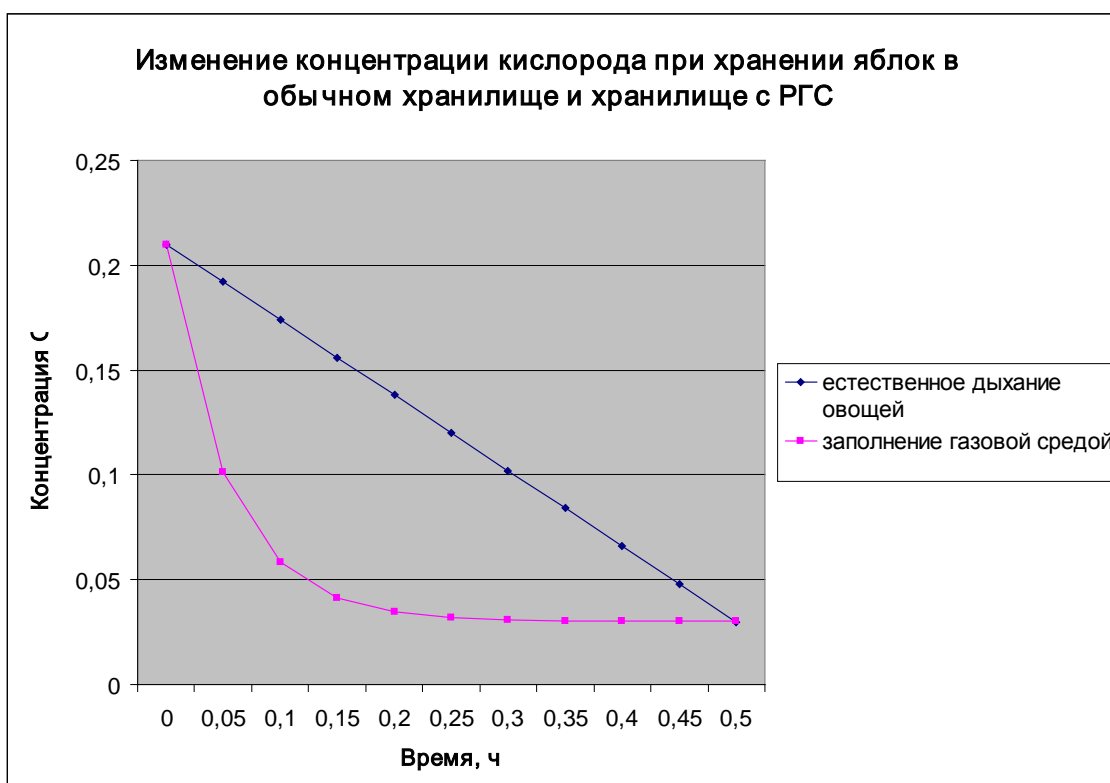


Рисунок 2 – График изменения концентрации кислорода при хранении яблок в обычном хранилище и хранилище с РГС

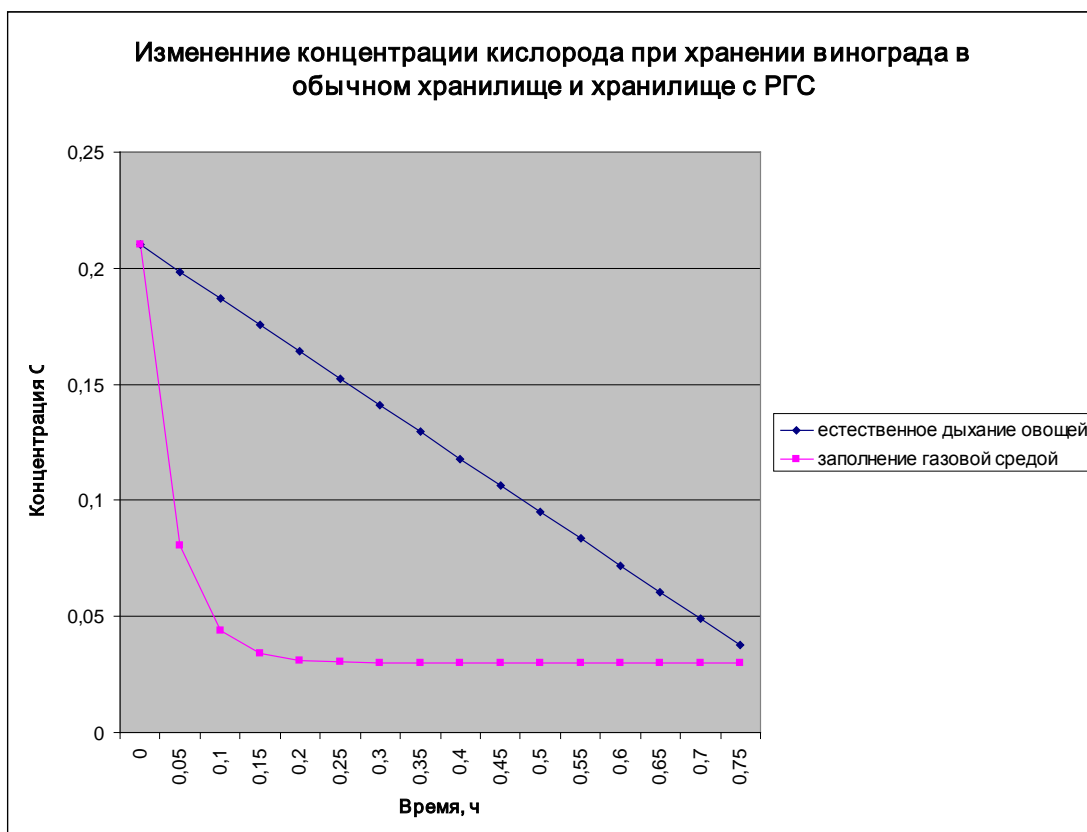


Рисунок 3 – График изменения концентрации кислорода при хранении винограда в обычном хранилище и хранилище с РГС

Таким образом итогом расчета стали законы регулирования концентрации газовой среды в течении срока хранения, где изменяемым параметром является срок хранения t .

$$\text{CO}_2T = 0,03 + 0,18 \cdot e^{-18,48 \times t}$$

для яблок -

$$\text{CO}_2T = 0,03 + 0,18 \cdot e^{-20,48 \times t}$$

для винограда -

$$\text{CO}_2T = 0,03 + 0,18 \cdot e^{-15,23 \times t}$$

для моркови -

Учитывая, что требуемая для хранения концентрация кислорода в камере составляет: для моркови 5-8%, для яблок и винограда 1-3% можно заметить, что использование газовых генераторов позволяет быстро выйти на режим хранения, тем самым значительно увеличивая срок годности продукции.

Библиографический список

1. Метлицкий Л.В. Хранение плодов в регулируемой газовой среде - М.: Экономика, 1972г., - 181 с.
2. Ужанский В.С. Автоматизация холодильных машин и установок - Москва, 1973г. - С. 184-201.
3. НТП-АПК 1.10.12.001-02 Нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции – Москва., 2002г. - 51 с.
4. «Холодильные машины. Справочник»: – М.: «Легкая и пищевая промышленность», 1982 г. - 222 с.
5. Янвель Б.К. «Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок» – М.: ВО «Агропромиздат», 1989 г. - 218 с.
6. Неменуцкая Л.А., Степанищева Н.М., Соломатин Д.М. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции: научно-аналит. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформмагротех», 2009г. - 172 с.