

Таблица 4

Случайные числа распределения Вейбулла–Гнеденко

$b = 1,5 M[Z] = 1000$									
1624	1371	429	292	196	645	995	1869	995	2730
1124	178	2003	1393	638	894	1833	1690	921	929
1284	884	595	1719	212	514	1742	1193	133	1452
634	420	742	696	1447	1383	551	214	364	762
$b = 2,0 M[Z] = 1000$									
1452	969	1124	1559	1061	1998	1037	507	310	1101
359	871	1332	1284	909	1226	454	242	841	565
957	596	969	194	1204	1142	1655	1393	537	1460
688	1203	1128	882	331	350	1540	355	676	341
$b = 2,5 M[Z] = 1000$									
1579	651	1172	942	1150	1153	1148	392	316	1064
225	1724	462	1059	1288	946	1063	820	1623	1254
946	804	394	1328	454	861	328	179	454	1240
1121	1657	1138	1521	804	775	1510	619	0,744	1465

Ответ: используя первые пять чисел из табл. 3 и уравнение (11), получаем:

$$\frac{550}{1000} \cdot 500 = 275; \frac{426}{1000} \cdot 500 = 213; \frac{711}{1000} \cdot 500 = 356;$$

$$\frac{497}{1000} \cdot 500 = 248; \frac{1705}{1000} \cdot 500 = 852,$$

т. е. следующий ряд случайных чисел 275, 213, 356, 248, 852. Путем последовательного сложения находим моменты появления отказов, ч:

$$275; 275 + 213 = 488; 488 + 356 = 843;$$

$$843 + 248 = 1091; 1091 + 852 = 1943;$$

т. е. 275, 488, 843, 1091 и 1943 ч.

С использованием таблиц равномерно распределенных случайных чисел и квантилей распределения Вейбулла–Гнеденко по изложенной выше методике получены случайные числа Z_i , отвечающие распределению Вейбулла–Гнеденко с параметрами $b = 1,5$, $b = 2,0$ и $b = 2,5$ при математическом ожидании $M[Z_i] = 1000$. Кратная таблица приве-

дена в табл. 4, полная — в [5]. Если нужны случайные числа U_i , отвечающие распределению Вейбулла–Гнеденко с математическим ожиданием U_0 , то их можно получить при помощи линейного распределения:

$$U_i = \frac{Z_i}{M[Z]} U_0. \quad (12)$$

Пример 8. Найти три случайных числа, отвечающих распределению Вейбулла–Гнеденко с параметрами $b = 2$, $U_0 = 800$ ч.

Ответ: используя первые три числа из табл. 4 и уравнение (12), получаем:

$$\frac{1452}{1000} \cdot 500 = 726; \frac{969}{1000} \cdot 500 = 484;$$

$$\frac{1124}{1000} \cdot 500 = 562.$$

Использование равномерно распределенных случайных чисел и чисел, отвечающих рассмотренным распределениям, позволяет решать многие практические задачи с уточненными законами распределения случайных функций (процессов), используя полученные их реализации.

Список литературы

1. Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е. Теоретические основы эксплуатации электрооборудования. — М.: Агробизнесцентр, 2007. — 514 с.
2. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. — М.: Физматгиз, 1961. — 480 с.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций. — М.: Знание, 1976. — 66 с.
4. Бусленко Н.П. Метод статистического моделирования. — М.: Статистика, 1970. — 112 с.
5. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности. — М.: Советское радио, 1968. — 286 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Высшая школа, 2001. — 576 с.

УДК 621.3.011.6:621.365.46:635.132

И.В. Алтухов, канд. техн. наук
В.Д. Очиров
С.М. Быкова
Н.И. Поздеева

Иркутская государственная сельскохозяйственная академия

ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ

Из продуктов растительного происхождения морковь — одна из ценных овощных культур, широко распространенных в России. Этот овощ

особенно богат витаминами и минеральными веществами, в которых содержится много каротина. Как витаминизированный продукт особенно цен-

на морковь зимой. Но в связи с тем, что употребление в пищу растительных продуктов носит сезонный характер, возникает проблема их хранения. В процессе хранения количество активно действующих веществ, содержащихся в моркови, снижается. Это в значительной мере связано с тем, что многие полезные вещества либо разлагаются, либо их энергия идет на поддержание окислительных процессов дыхания. Потери активно действующих веществ достигают 30...50% от закладываемой на хранение моркови [1].

Для обеспечения круглогодичного снабжения населения морковью одним из перспективных способов ее консервирования является сушка. Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что применение ИК-облучения в технологии сушки растительного сырья позволяет значительно повысить качество готовой продукции.

Анализ взаимодействия «излучатель—материал» в случае применения инфракрасного нагрева в технологиях термообработки культивируемых растений представлен необходимостью иметь требования скорости нагрева материала. Предельно допустимую скорость нагрева для конкретного технологического процесса можно определить путем деления предельно допустимой температуры на постоянную времени нагрева единичного материала [2].

Постоянная времени нагрева является характеристикой обрабатываемого растения. Она не зависит от подводимой мощности и численно равна отношению теплоемкости к теплоотдаче:

$$T = C/Q_p, \quad (1)$$

где C — теплоемкость растения, Дж/К; Q_p — теплоотдача растения, Дж/К·с.

Физический смысл постоянной времени нагрева раскрывается следующим определением. Постоянная времени нагрева определяется как такое время, в течение которого превышение температуры растения достигло бы установившегося значения, если бы не было отдачи теплоты в окружающую среду (адиабатический процесс). Практически при наличии теплоотдачи за время, равное постоянной времени нагрева, превышение температуры растения достигает значения равного 0,632 от установившегося [3].

Уравнение (1) можно переписать в следующем виде:

$$T = \frac{C}{Q_p} = \frac{cM}{\alpha F},$$

где c — удельная теплоемкость растения, Дж/кг·К; M — масса продукта, кг; α — коэффициент теплообмена растения, Дж/м²·К·с; F — площадь внешней поверхности растения, м².

Массу растений можно представить так:

$$M = \rho V,$$

где ρ — плотность растения, кг/м³; V — объем растения, м³.

Тогда выражение для постоянной времени нагрева можно представить в виде

$$T = \frac{c\rho V}{\alpha F}.$$

Обозначим отношение $V/F = \sigma$, тогда выражение для постоянной времени нагрева запишем так:

$$T = \frac{c\rho}{\alpha} \sigma. \quad (2)$$

По своей сути σ представляет собой обобщенный показатель геометрической характеристики растений (кубика моркови).

Однако, как следует из формулы (2), для определения постоянной времени нагрева растений, кроме обобщенного показателя σ , необходимо иметь данные по его удельной теплоемкости, плотности и коэффициенту теплообмена. Все эти три физических параметра зависят в основном от влагосодержания в растении. С увеличением влагосодержания в растениях увеличивается удельная теплоемкость, плотность и коэффициент теплообмена. Степень этих зависимостей можно найти в справочной и учебной литературе по теплофизическим свойствам растений. Используя вышеизложенную методику, авторы с помощью вычислительной техники произвели расчет постоянной времени нагрева корнеплодов моркови.

Таким образом, зная постоянную времени нагрева можно определить допустимую скорость нагрева, а значит определить то время, за которое температура нагрева достигнет максимального значения, когда необходимо отключить излучатель, тем самым, определив рациональный режим ИК-энергоподвода, который позволит сократить расход электрической энергии и повысить качество готовой продукции в процессах их тепловой обработки.

Список литературы

1. Мамонтов М.В. Разработка и исследование сушки тонко измельченной моркови при комплексной ее переработке: дис. ... канд. техн. наук. — Воронеж, 2009. — 184 с.
2. Алтухов И.В., Очиров В.Д. Теплофизические характеристики как основа расчета постоянной времени нагрева сахаросодержащих корнеплодов в процессах тепловой обработки // Вестник КрасГАУ. — 2010. — Вып. 4. — С. 134–139.
3. Худоногов А.М. Технология обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высококонцентрированным инфракрасным нагревом: дис. ... д-ра техн. наук. — Новосибирск, 1989. — 428 с.