

Применение рассмотренной модели к анализу переходного процесса при коммутации электрической машины позволяет сделать следующие выводы:

1. При увеличении емкости нагрузки происходит значительное снижение амплитуды ожидаемого напряжения и сглаживание фронта волны импульса восстанавливающегося напряжения. Дополнительно подключенная емкость приводит к уменьшению частоты свободных колебаний, что в свою очередь приводит к снижению активного сопротивления фазной обмотки двигателя и к увеличению времени протекания переходных процессов при отключении.

2. С увеличением величины тока среза увеличиваются: амплитуда ожидаемого напряжения; первоначальная скорость изменения восстанавливающегося напряжения; длительность переходного процесса.

3. В случае, когда срез тока происходит на подъеме отрицательной синусоиды тока, амплитуды коммутационных перенапряжений возрастают по сравнению с перенапряжениями, возникающими при преждевременном обрыве тока той же величины, но противоположной полярности.

Полученные результаты моделирования коммутационных перенапряжений без учета повторных зажигания дуги можно отнести к «идеальному» выключателю, поэтому они не отражают полной картины процессов, протекающих в отключаемой нагрузке. В реальных коммутационных аппаратах процессы коммутации сопровождаются многократными повторными зажиганиями дуги. Поэтому необходимым является моделирование перенапряжений с учетом повторных зажигания дуги в выключателе.

### Литература

1. Вакуумные выключатели в схемах управления электродвигателями / В.А. Воздвиженский [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 200 с.
2. Кудрявцев А. Исследование аварийности в сетях 6–10 кВ горно-металлургических предприятий // Новости электротехники. – 2010. – №5.
3. Каганов З.Г. Волновые напряжения в электрических машинах. – М.: Энергия, 1970. – 209 с.



УДК 633.88:633.55

Е.Г. Худоногова, И.А. Худоногов, А.М. Худоногов

### ВЛИЯНИЕ ИНФРАКРАСНО-КОНВЕКТИВНО-ВАКУУМНОГО СПОСОБА СУШКИ НА СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

В статье представлены результаты исследований влияния температурных режимов сушки инфракрасно-конвективно-вакуумным способом на содержание биологически активных веществ в лекарственном сырье.

**Ключевые слова:** инфракрасно-конвективно вакуумный способ сушки, лекарственное сырьё, температурный режим, биологически активные вещества.

E.G. Khudonogova, I.A. Khudonogov, A.M. Khudonogov

### EFFECT OF THE INFRARED-CONVECTIVE-VACUUM DRYING METHOD ON THE BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCE AVAILABILITY IN MEDICINAL VEGETABLE RAW MATERIAL

The research results of effect of the temperature regimes of drying by means of the infrared-convective-vacuum method on the biologically active substance availability in medicinal raw material are given in the article.

**Key words:** infrared-convective-vacuum drying method, medicinal raw material, temperature regime, biologically active substances.

**Введение.** Принцип сушки лекарственных растений основан на удалении влаги из растения. Чем быстрее производится сушка, тем выше качество сырья. При медленной сушке в клетке продолжается жизнедеятельность, и ферментативные процессы могут инактивировать биологически активные вещества.

Цель исследования – изучение влияния температурных режимов сушки инфракрасно-конвективно-вакуумным способом на содержание биологически активных веществ в лекарственном сырье. Задача исследования: проведение количественной оценки содержания биологически активных веществ в растениях до и после сушки.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования являлось лекарственное сырье адониса сибирского, боярышника, рябины, чабреца, черники, черемухи, шиповника, корнеплодов моркови. Сбор лекарственного сырья был проведен на территории Иркутского района. Заготовки листьев и травы растений проводились в фазе цветения, плодов лекарственных растений и корнеплодов моркови – в период их максимального созревания.

Сушка лекарственного сырья проводилась инфракрасно-конвективно-вакуумным способом, согласно методике А.М. Худогова [4]. Содержание витамина С и каротина было определено спектрофотометрическим методом [1]. Содержание эфирных масел в лекарственном сырье проводилось методом перегонки эфирных масел водяным паром, согласно модификации Н.М. Лошкаревой [3].

**Результаты исследования.** Температурные режимы сушки лекарственного сырья были исследованы при помощи инфракрасного излучения для разных вариантов (рис. 1). Исследования проводились по принципиально различным схемам:

1. Сушка лекарственного сырья при встречном направлении потоков (испытуемый образец, помещенный на сплошную подставку, сверху подвергался воздействию потока инфракрасного излучения с одновременным нагнетанием воздушного потока в нижний слой) (рис. 1, схема А).

2. Сушка лекарственного сырья при параллельном направлении потоков (испытуемый образец, помещенный на решетчатую подставку, сверху подвергался воздействию потока инфракрасного излучения с одновременным прохождением воздушного потока через отражатель облучателя) (рис. 1, схема Б).

3. Сушка лекарственного сырья при согласном направлении потоков (испытуемый образец, помещенный на решетчатую подставку, сверху подвергался воздействию потока инфракрасного излучения с одновременным отсосом воздуха в нижнем слое) (рис. 1, схема В).

Наилучшие показатели получены при ведении процесса при согласном направлении потоков (см. рис. 1, схема В).

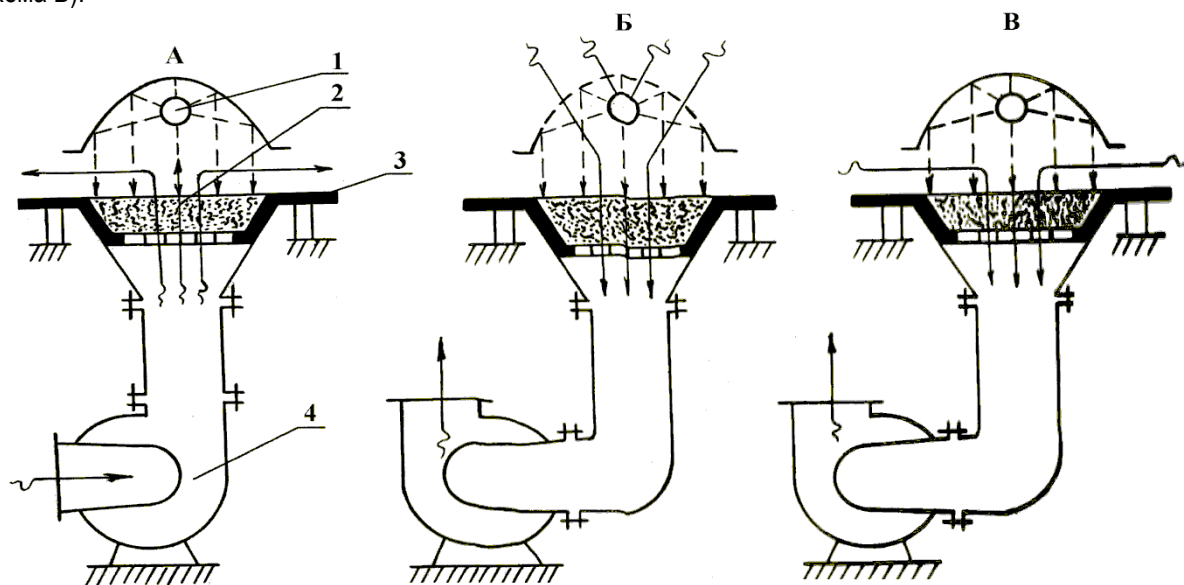


Рис. 1. Схемы взаимодействия системы «продукт-излучатель» в процессе применения инфракрасного излучения для сушки лекарственных растений: 1 – излучатель; 2 – продукт; 3 – подставка; 4 – вентилятор

При согласном направлении потока инфракрасного излучения и воздушного потока процесс сушки сырья идет значительно интенсивнее по сравнению с другими вариантами. Интенсивность сушки можно объяснить тем, что этот режим совмещает комбинацию трех методов сушки: инфракрасного, конвективного и вакуумного, каждый из которых дополняет друг друга. Инфракрасные лучи обеспечивают интенсивность теплопередачи. Воздушный поток, направленный согласно потоку инфракрасного излучения, равномерно распределяет температуру по всей толще слоя материала. И, наконец, при согласном направлении потоков в зоне сушки обнаруживается третий элемент – вакуум, способствующий снижению температуры процесса без снижения интенсивности сушки. А это особенно важно для сохранения витаминов, микроэлементов и т.д.

в лекарственных растениях. Совокупность действия всех этих элементов в процессе сушки называется инфракрасно-конвективно-вакуумным способом сушки.

Инфракрасно-конвективно-вакуумный способ сушки позволяет устранить явление температурного эффекта и повысить скорость влагоотдачи. Пониженная температура процесса сушки при малых экспозициях позволяет получать образцы с высоким содержанием активно действующих веществ.

Характер сушки зависит от вида сырья, содержания в нем действующих веществ (табл.).

#### Содержание биологически активных веществ в лекарственном растительном сырье

Вид растения	Группа витаминов	Количественная оценка (контроль), мг %	Количественная оценка (после сушки при $t = 30^\circ$ ), мг%	Количественная оценка (после сушки при $t = 40^\circ$ ), мг%	Количественная оценка (после сушки при $t = 80^\circ$ ), мг%
<i>Adonis sibirica</i> (адонис сибирский)	Эфирное масло (трава)	2,90...3,27	2,00...2,98	0,75-0,80	0,00...0,02
	С (трава)	0,20...0,32	-	0,02...0,03	0,16...0,28
<i>Crataegus sanguinea</i> (боярышник кроваво-красный)	С (плоды)	28...30	-	3...3,8	26...28
	Каротин (плоды)	0,3...0,5	-	0,2...0,47	0,05...0,06
	С (листья)	200...230	-	19...29	187...215
<i>Padus asiatica</i> (черемуха азиатская)	С (плоды)	16...18	-	2,24...2,4	15...17
	С (листья)	200...600	-	20...55	185...500
<i>Rosa acicularis</i> (роза иголистная)	С (плоды)	5...20	-	0,75...3	4,5...18,1
	Каротин (плоды)	12...18	-	10...16	2...5
	С (листья)	200...254	-	30...36	190...240
<i>Sorbus sibirica</i> (рябина сибирская)	С (плоды)	260...280	-	36,4...42	244,4...263,2
	Каротин (плоды)	0,6...0,8	-	0,5...0,69	0,06...0,007
	С (листья)	100...108	-	14...15,1	94...100
	Каротин (листья)	30...35	-	28,2...29,9	4...4,9
<i>Thymus serpyllum</i> (чабрец)	Эфирное масло (надземная часть)	0,29...0,62	0,18...0,47	0,10...0,15	0,00...0,01
<i>Vaccinium myrtillus</i> (черника)	С (плоды)	10...15	-	1,4...2,1	9,2...14,1
	Каротин (плоды)	0,75...1,6	-	0,69...1,5	0,1...0,22
	С (листья)	220...250	-	30...35	200...235

Сырье, содержащее эфирные масла (адонис сибирский, тимьян), необходимо сушить медленно, при температуре не выше  $30-35^\circ$ , так как при более высокой температуре масла испаряются. Наоборот, при наличии в сырье гликозидов его сушат при температуре  $50-60^\circ$ , при которой быстро прекращается деятельность ферментов, разрушающих гликозиды.

Сырье, содержащее аскорбиновую кислоту (плоды боярышника, черемухи, шиповника, рябины, черники, траву адониса сибирского), необходимо сушить при температуре  $80-90^\circ$  во избежание окисления витамина С.

Сырье, содержащее каротин (провитамин А), необходимо сушить при температуре не выше  $50^\circ$  (плоды боярышника, черемухи, шиповника, рябины сибирской, черники, корнеплоды моркови), во избежание значительных потерь его из-за перегрева [2]. Зависимость потерь каротина от температуры сушки корнеплодов моркови приведена на рисунке 2.

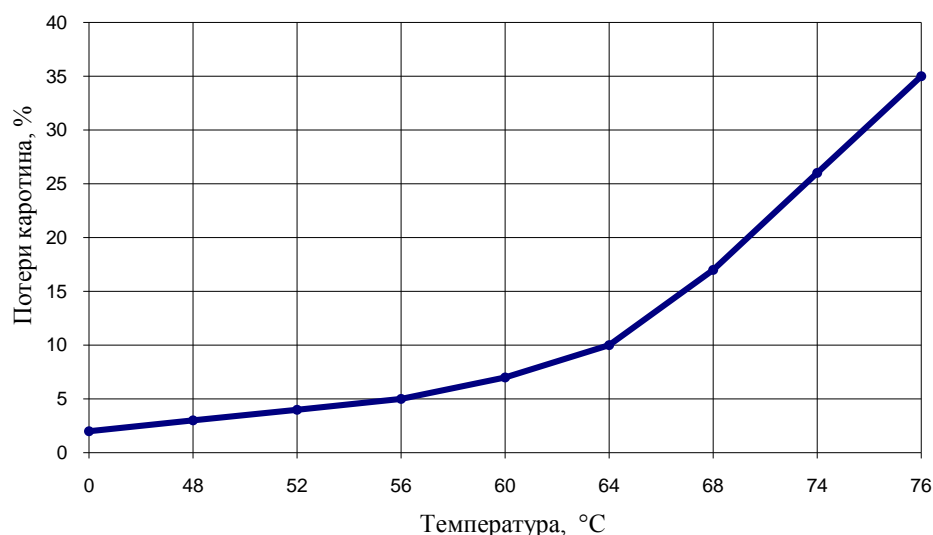


Рис. 2. Зависимость потерь каротина в растениях от температуры сушки

Из приведенного графика видно, что относительно небольшое повышение температуры в процессе сушки приводит к значительным потерям каротина. Можно сказать, что повышение температуры в процессе сушки растений от 60 до 70° приведет к потерям каротина в 5 раз.

**Выводы.** Экспериментальные исследования влияния сушки ИК-облучением на содержание биологически активных веществ в лекарственном сырье позволили сохранить максимальное количество аскорбиновой кислоты в плодах и листьях шиповника, рябины, черники, черемухи, боярышника, эфирных масел в траве чабреца и адониса сибирского, а также сохранить максимальное количество каротина в плодах шиповника, рябины, черники, боярышника, в корнеплодах моркови. Поэтому сушка при помощи инфракрасно-конвективно-вакуумного метода является оптимальной для лекарственных растений, температурный режим задается путем управления прерывным инфракрасным облучением для каждого вида в зависимости от биохимических, геометрических и теплофизических свойств сырья.

### Литература

1. Асатиани В.С. Определение витаминов // Новые методы биохимической фотометрии. – М.: Наука, 1965. – С. 44–58.
2. Валушис В.Ю. Основы высокотемпературной сушки кормов. – М.: Колос, 1977. – 288 с.
3. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
4. Худогов А.М. Технология обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высококонцентрированным инфракрасным нагревом: дис. ... д-ра техн. наук. – Новосибирск, 1989. – С. 158–176.

