

ВЕСТНИК 2(21) 2014

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научно-технический журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит три раза в год

СЕРИЯ «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы»

Журнал включен в **ПЕРЕЧЕНЬ** ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный
технологический университет»

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-51886 от 23 ноября 2014 г.

Основан в 2007 г. как «Вестник Марийского государственного технического университета. Серия «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы».

С 2014 г. – «Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы»

Адрес редакции:

424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

Тел. (8362) 68-60-12, 68-78-46

Факс (8362) 41-08-72

e-mail: vestnik@volgatech.net

Редактор *Т. А. Рыбалка*

Дизайн обложки *Л. Г. Мазанкина*

Компьютерная верстка

А. А. Кислицын

Перевод на английский язык

О. В. Миронова

Поволжский государственный
технологический университет
424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «ОТК Пресс»
424007 Йошкар-Ола,
ул. Стрелковой, 95

Главный редактор Е. М. Романов

Главная редакционная коллегия:

Е. М. Романов, д-р с.-х. наук, профессор
(главный редактор)

В. А. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор
(первый зам. гл. редактора)

А. Д. Арзамасцев, д-р экон. наук, профессор
(зам. гл. редактора)

С. А. Денисов, д-р с.-х. наук, профессор
(зам. гл. редактора)

Н. В. Рябова, д-р физ.-мат. наук, профессор
(зам. гл. редактора)

А. Н. Леухин, д-р физ.-мат. наук, профессор
(отв. секретарь)

Редакционная коллегия серии:

Н. В. Рябова, д-р физ.-мат. наук, профессор
(зам. гл. редактора – главный редактор серии)

А. П. Аниютин, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. С. Дмитриев, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

В. А. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Д. В. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор

А. С. Крюковский, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. Н. Леухин, д-р физ.-мат. наук, профессор

Д. С. Лукин, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

И. Я. Орлов, д-р техн. наук, профессор (Нижний Новгород)

В. А. Песонин, д-р техн. наук, профессор (Казань)

А. А. Роженин, д-р техн. наук, профессор

И. Г. Сидорякина, д-р техн. наук, профессор

Н. М. Скулкин, д-р техн. наук, профессор

Я. А. Фурман, д-р техн. наук, профессор

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
И РАДИОТЕХНИКА

Д.В. Риттер, В.П. Кисмерешкин. Анализ проблемы сверхвысокочастотного нагрева

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ИНФОРМАТИКА

А. Н. Леухин, Х. Э. Рахманов, Р. В. Коротков. Решение задачи распознавания 3D-изображений лиц на основе сферических гармоник

Р. Г. Хафизов, Д. Г. Хафизов, Е. А. Григорьевых. Асинхронная передача данных с использованием комплекснозначных сигналов с равномерным энергетическим спектром

И. В. Петухов. Моделирование успешности профессиональной деятельности оператора эргатических систем

С. С. Владимиров. Исследование алгоритма мажоритарного декодирования кода Рида-Соломона на основе двойственного базиса

ЭЛЕКТРОНИКА

Г. А. Морозов, О. Г. Морозов, Р. Р. Самигуллин, А. Р. Насыбуллин, А. С. Шакиров. Резонансный метод мониторинга технологического процесса отверждения полимеров

В. А. Иванов, Е. В. Катков. Определение параметров оптимальной фильтрации ионограмм наклонного зондирования ионосферы для задач загоризонтной навигации

А. Х. Султанов, И. Л. Виноградова, А. А. Кашбиев. Расчёт параметров сегмента волоконно-оптической высокоскоростной системы передачи

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ.
ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

А. А. Чернов. Международный научно-технический семинар «СИНХРОИНФО 2012»

Информация для авторов

CONTENTS

TELECOMMUNICATION
AND RADIO ENGINEERING

D.V. Ritter, V.P. Kismereshkin. Analysis of a problem of superhigh-frequency heating 29

COMPUTER ENGINEERING
AND INFORMATION TECHNOLOGY

A. N. Leukhin, H. E. Rakhmanov, R. V. Korotkov. Problem solving of the recognition of 3D face images based on spherical harmonics 35

R. G. Hafizov, D. G. Hafizov, E. A. Grigoryevyh. Asynchronous data transmission with the use of complex-valued signals with the uniform energy spectrum 41

I. V. Petukhov. Modeling of success of professional activity of ergatic systems operator 51

S. S. Vladimirov. Investigation of the algorithm of majority-logic decoding of a Reed-Solomon code on the dual basis 60

ELECTRONICS

G. A. Morozov, O. G. Morozov, R. R. Samigullin, A. R. Nasybullin, A. S. Shakirov. Resonance method of the monitoring of the technological process of polymer hardening 67

V. A. Ivanov, E. V. Katkov. Characterisation of the optimal filtering of the ionograms of oblique ionospheric sounding for the problems of over-the-horizon navigation 75

A. H. Sultanov, I. L. Vinogradova, A. A. Kashbiev. Calculation of parameters of the segment of fibre-optical high-speed transmission system 82

THE NOVELTIES IN THE FIELD OF ENGINEERING AND TECHNOLOGIES. REVIEWS. CONFERENCES. IMPORTANT DATES

A. A. Chernov. International scientific and technical seminar «SYNCHROINFO 2012» 92

Information for the authors 94

УДК 621.372.8 : 621.385.6

Риттер Д.В., Кисмерешкин В.П.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА

В статье рассматриваются особенности процесса облучения и нагрева. Подробно излагаются режимы минимального переизлучения энергии и максимального поглощения энергии. Уделено особое внимание на концентрацию энергии. Многовходовое устройство возбуждения позволяет достаточно просто осуществлять ступенчатую регулировку тепловой мощности в нагреваемом объекте. Применение поля поверхностного волновода для нагрева протяженных объектов позволяет решить многие проблемы, в отличие от традиционных способов, то есть является весьма перспективным.

Предварительный анализ и расчеты показывают, что использование в установках по СВЧ нагреву поверхностных волноводов имеет существенные преимущества по сравнению с традиционными установками.

Разнообразие промышленных и технологических систем с использованием СВЧ крайне велико. Такое разнообразие включает многие отрасли, среди которых сельское хозяйство, медицина, промышленность и другие. Для нужд сельского хозяйства исследования направлены на изучение всхожести, повышения урожайности, ускорение процессов сбраживания, уничтожения вредителей, обработки семян, контроля качества продуктов на предмет генной модифицированности. Широкий фронт исследований проводят в медицине по изучению влияния СВЧ на биоорганизмы, размораживание органов и тканей после криоконсервации. В промышленности СВЧ используется для ускорения процессов полимеризации смол, обработки древесины, нефтепродуктов [1,2], и т.д. классификация позволит в значительной степени сделать более определенный круг задач для последующего исследования. В частности использование СВЧ энергии видится как в чисто радиотехнических

устройствах и системах, так и в промышленных и сельскохозяйственных нуждах, хотя использование в последующих двух немыслимо без СВЧ установок способных генерировать и доставлять энергию до тех или иных объектов. Таким образом классификация использования СВЧ энергии выглядит следующим образом

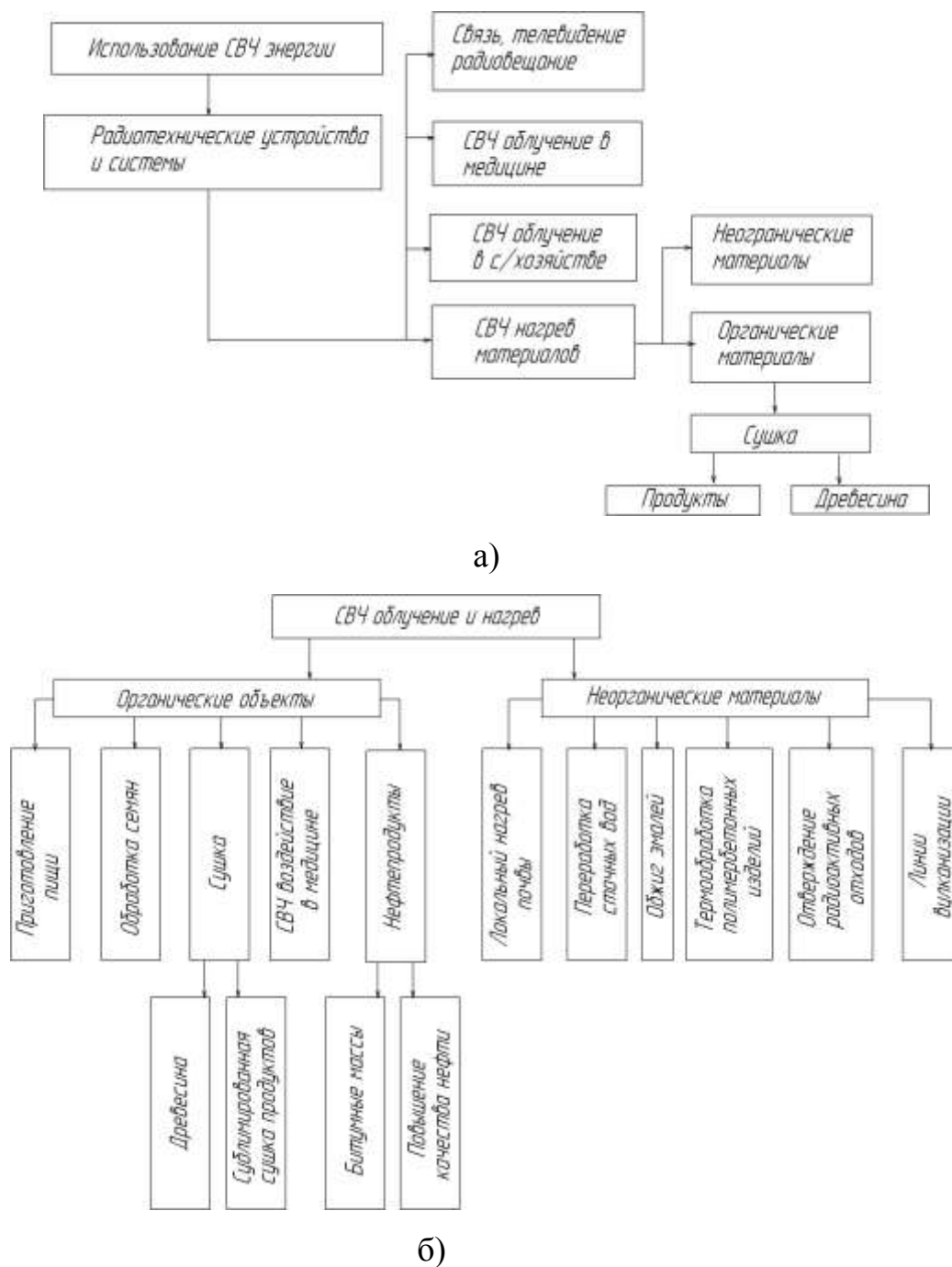


Рис. 1 СВЧ в радиотехнических устройствах и системах

В конечном итоге для создания определенной СВЧ установки потребуется набор функциональных блоков и узлов, обоснованные научные и инженерные сопряжения которых позволят существенно повысить технико-экономическую эффективность разрабатываемых СВЧ установок облучения по сравнению с ранее известными. Из набора функциональных блоков и узлов выделим такие звенья как генератор с регулируемой выходной мощностью, линия передачи мощности до объекта, распределение энергии по объему, устройства утилизации невостребованной энергии.

Важным в данном случае является факт наличия в любой установке СВЧ генератора и устройства распределения энергии по объему: свободное пространство, замкнутый объем, облучаемый объект и т.п. В зависимости от требуемой мощности воздействия выбирается генератор СВЧ колебаний, а выбор частоты определяется назначением установки. Так бытовым СВЧ печам выделены частоты в диапазоне 2450 ± 50 МГц, а промышленным установкам $435,92 \pm 0,88$ МГц и 915 ± 25 МГц. В этой связи от назначения СВЧ установки зависит в основном инструмент распределения энергии на объекте.

Бытовые СВЧ-печи требуют небольшого замкнутого объема, в котором концентрируется электромагнитное поле.

Установки сельскохозяйственного назначения требуют либо концентрации энергии в небольших областях (исследования по обработке семян, борьбе с вредителями), либо ее распределения по длине и ширине той или иной сельскохозяйственной посадки.

Промышленные установки также весьма разнообразны в применении облучаемых объемов и поверхностей. Так, разогрев битума в цистернах требует установки излучателя СВЧ энергии непосредственно в них, тогда

как открытые емкости с ним требует разогрева на определенных площадках, определяемых шириной и длиной битумохранилища.

Аналогично обстоит дело при сушке древесины. Чаще всего ее сушат групповым методом в виде партий. Сушке материала с помощью СВЧ энергии посвящено достаточно большое количество работ [3]. Основная цель таких работ состоит в обеспечении эффективной термообработки лесоматериала вне зависимости от исходной влажности по поперечным сечениям, низких энергетических и экономических затратах в реализации технологического процесса сушки.

Сушку с помощью СВЧ энергии проводят в камере, в которую помещают подготовленные штабели древесных материалов. В камеру подают СВЧ излучение, а также теплоноситель. Облучение материала производят равномерно с противоположащих сторон штабеля. Для совершенствования обработки применяют различные технологические операции и режимы управления. К таким операциям относятся изменение направления подачи теплоносителя относительно штабеля с материалом; обеспечение дозированной подачи СВЧ мощности с учетом мощности калорифера, регулирующего, в свою очередь, подачу теплоносителя; выполнение режимов влаготепловой обработки и другие. При сушке учитывают породы, геометрические размеры и влажность обрабатываемых древесных материалов.

При сушке учитывают физические явления, лежащие в основе процесса. Так, влага перемещается в волокнах древесины из зоны более нагретой в менее нагретую, а также из более влажных локальных объемов к менее влажным (сухим). Такое перемещение влаги требует создания равномерного нагрева материала, чтобы исключить образования внешних и внутренних повреждений.

Создание режима равномерного нагрева материала является непростой задачей и обычно обеспечивается увеличением количества СВЧ генераторов.

Отметим, что для круглых лесоматериалов характерна значительная неравномерность распределения влажности по поперечным сечениям, что при СВЧ сушке приводит к термическому недогреву центральных слоев древесины и перегреву наружных слоев.

Для подачи СВЧ излучения в камеру обычно используют рупорные апертурные антенны, которые размещают с торцевых концов камеры.

Размеры древесных материалов варьируются в широких пределах и, соответственно, камеры для сушки должны учитывать имеющиеся размеры материала. Все чаще требуется экспресс сушка небольших по ширине длинномерных образцов дерева. В обычных промышленных установках это не представляется возможным по целому ряду причин. В этой связи системы распределения и концентрации энергии СВЧ являются предметом исследования.

Рассмотрим основные технические звенья, которые делают возможной реализацию данного процесса. Весь процесс СВЧ нагрева можно разделить на облучение, сушку и нагрев, хотя облучение сопровождается выделением влаги, т.е. сушкой, а последнюю сопровождает нагрев. Поэтому в каждом случае мерилom являются время облучения и уровень облучаемой мощности. От процесса традиционного нагрева с помощью печи СВЧ нагрев осуществляется во всем объеме практически одновременно. Естественно, СВЧ воздействие на материалы органические и неорганические в значительной степени зависит от их электрофизических свойств. Так выделяемая в них мощность зависит и от частоты и от тангенса угла диэлектрических потерь. При больших значениях тангенса угла диэлектрических потерь в большой степени

проявляются проводящие свойства объекта, поэтому начинает играть роль глубина проникновения поля. На этом основании при большой толщине облучаемого образца все более будет проявляться скин-эффект.

Существующие системы, связанные с облучением, в значительной степени зависят от назначения. Так бытовая СВЧ-печь обеспечивает нагрев пищевых продуктов до требуемой температуры в электрически замкнутом объеме с относительно небольшими размерами (500x200x300) мм³. В такой печи используются резонансные свойства объемного резонатора на частоте 2,4 ГГц. К примеру, для медицинских целей требуется меньший объем, но строго нормируемый уровень поля и более высокая частота.

С другой стороны, обработку семян целесообразно проводить конвейерным способом, что не всегда согласуется с конструкцией резонатора камеры. Здесь также требуется нормировка уровня поля. При сушке древесины на первый план выступают проблемы создания равномерного электромагнитного поля по всей длине и ширине объекта. При этом длина может достигать нескольких метров, а ширина не достигать 0,5 м.

Список литературы

1. Македонский Д. Опыт применения однопроводных линий поверхностной волны. // Электросвязь. 1978 N5. С 25-26
2. Кисмерешкин В.П., Лобова Г.Н. Установка для изучения характеристик линейной антенной решетки. // Приборы и техника эксперимента. 1995 N4. С. 89-92.
3. Кисмерешкин В.П., Лобова Г.Н. Моделирование линейной антенной решетки на основе однопроводной линии передачи. // Приборы и техника эксперимента. 1996. N 5. С. 85-86.
4. 5. Македонский Д. Опыт применения однопроводных линий поверхностной волны. // Электросвязь. 1978 N5. С 25-26.