

РАЗРАБОТКА КАМЕРЫ ДЛЯ СВЧ-СУШКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К. А. АЙМУРЗИН

*Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа,
Республика Башкортостан*

При выборе способов сушки зерна необходимо понять, какой из них наиболее подходит для получения качественного итогового продукта. Существует множество различных способов сушки, наиболее эффективным и универсальным из которых является СВЧ-сушка. При выборе данного способа необходимо учесть некоторые факторы:

- особенности обрабатываемого материала (зерно);
- невозможность полностью локализовать электромагнитное поле в обрабатываемом материале;
- вредное воздействие интенсивного электромагнитного поля на организм человека.

Если принимать в расчёт всё перечисленное выше, можно сделать вывод, что микроволновую обработку зерна целесообразно производить в металлургических СВЧ-камерах. При разработке и конструировании таких камер также важно учитывать все эти факторы.

В сконструированных СВЧ-камерах на этапе сушки зерна могут быть установлены различные режимы обработки: бегущих волн для сильно поглощающих материалов, стоячих волн для слабо поглощающих материалов и смешанных волн в остальных случаях. Их применение зависит от размеров камеры, способов её подключения к источнику СВЧ-энергии и электродинамических характеристик обрабатываемого материала.

Для равномерного нагрева материала в рабочем объёме необходимо осуществлять перемешивание (перемещение) материала. Поэтому для осуществления непрерывных технологических процессов нагрева материала (в т. ч. семян) необходима реализация СВЧ-камеры с относительно небольшими поперечными и большими продольными размерами. При этом во время движения семян будет устранена неравномерность их нагрева.

При проектировании установки необходимо выполнение целого ряда условий [5]:

- возможность регулировки температуры обработанного материала;
- возможность регулировки времени нахождения обрабатываемого материала в микроволновом поле в течение 15–30 мин;
- производительность по обработанному материалу при максимальной температуре 100–150 кг/час;
- эффективная система защиты от паразитного излучения.

Все эти условия позволяют оценить необходимую мощность СВЧ и выбрать соответствующие параметры конструкции отдельных узлов установки и генератор для её работы. Необходимую максимальную мощность вычисляют по формуле, воспользовавшись уравнением теплового баланса, где средняя теплоёмкость зерна 750–1760 кДж/кг, К. С учётом того, что нагрев массы m осуществляется от начальной температуры $t_0 = 20$ °С до максимальной $t_{\text{макс}}$,

$$Q = mc(t_{\text{макс}} - t_0) \quad (1)$$

Данная технология СВЧ-сушки была реализована на базе системы активного вентилирования. Зерносушильные агрегаты данного типа применяются для просушки и временного консервирования. Принцип работы данных агрегатов заключается в том, что сырьё интенсивно продувается атмосферным или дополнительно подогретым воздухом. Для оптимизации работы система активного вентилирования была дополнена рециркуляционным каналом и зоной СВЧ, при помощи которой значительно повышается эффективность и производительность сушки зерна.

Данная СВЧ-технология, заложенная в основу метода воздействия на зерновую массу, инвертирует классический способ по термическому параметру. В отличие от стандартного конвективного способа, где более сухое зерно имеет повышенную температуру, СВЧ-излучение в первую очередь воздействует на полярные молекулы воды, что позволяет в большей степени подвергнуть нагреву влажный материал. Плюс ко всему, микроволновое излучение, воздействующее на семена, создает повышенное давление жидкости, что позволяет ускорить диффузионные процессы влаги, ускоряя её выведение к поверхности зерна и в межзерновое пространство. Подобное воздействие на зерновой материал способно оказывать различный эффект, зависящий от исходных показателей влажности и коэффициента рециркуляции. При загрузке зерна в агрегат на начальных этапах показатели термического воздействия отличаются по трём зонам, где в центре зерновки, как наиболее влажной области, более низкая температура на поверхности зёрен и самая низкая в зоне скажистости. Сам слой зерна в своей массе имеет неоднородный нагрев, поэтому для оптимизации влагоёмных процессов целесообразно производить несколько итераций нагрева с промежуточным перемешиванием зерна.

Принцип работы агрегатов заключается в том, что зерно из активно-вентилируемого бункера перемещается по вертикальным каналам в зону воздействия СВЧ-поля. Далее происходит цикличное троекратное перемешивание и последующая обработка СВЧ-излучением. После достижения гигрометрического равновесия в зоне рециркуляции удаление влаги прекращается. Далее зерно отправляют на досушку в бункер активного вентилирования, в котором применяется классический конвективный способ сушки. Особенность этого метода в том, что возможность управления технологическим процессом основывается на двух критериях: минимизация энергозатрат или времени сушки. Для оптимальной минимизации энергоза-

трат с применением СВЧ в рециркуляционной сушке зерна необходимо, чтобы исходная влажность поступающего сырья не превышала 17,7 %, а коэффициент рециркуляции находился в промежутке значений 1,5–2,7. Для оптимизации скорости сушки по параметру скорости необходимо, чтобы дельта влажности в зерновой массе не превышала 8 %, а коэффициент рециркуляции находился в диапазоне 1,3–2,7. С учётом соблюдения данных параметров возможно достижение увеличения энергоэффективности на 14 % или увеличение скорости сушки зерна на 30 %.

Рециркуляционная сушка зерна способом активного вентилирования с использованием СВЧ-излучения позволяет достичь сразу нескольких положительных эффектов в сравнении с классическими способами, а именно увеличенную производительность при сушке зерна и её более равномерную просушку по всей толщине слоя с одновременным уменьшением энергозатрат.

Список литературы

1 **Морозов, С. М.** Электродинамическое моделирование СВЧ установок / С. М. Морозов, В. А. Реут // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 12 (18). – С. 877–882.

2 **Кузьмин, К. А.** Оценка инфокоммуникационных факторов в рамках концепции устойчивого развития предприятия / К. А. Кузьмин, Е. Н. Кучерова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 6 (71). – С. 387–394.

3 **Кузьмин, К. А.** Моделирование автоматизированной системы охлаждения испытательного стенда для агрегата управления АУ-38-Б / К. А. Кузьмин // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 12 (18).

4 **Григорьев, А. Д.** Электродинамика и техника СВЧ / А. Д. Григорьев. – М. : Высш. шк., 1990. – 335 с.

5 **Морозов, М. С.** Микроволновая установка для сушки зерна [Электронный ресурс] / М. С. Морозов, С. М. Морозов, В. А. Реут // Молодой ученый. – 2016. – № 30 (134). – С. 83–86. – Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/134/37631/>. – Дата доступа : 27.04.2023.

6 Применение СВЧ при рециркуляционной сушке зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.prosushka.ru/1971-primenenie-svch-pri-recirkulyacionnoy-sushke-zerna.html>. – Дата доступа : 27.04.2023.

УДК 656

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ИЗ УКРАИНЫ

В. В. ДЕНЬКЕВИЧ

*Научный руководитель – И. А. Еловой (д-р экон. наук, профессор),
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях полностью поменялась логистика отправляемых украинских грузов. Раньше предприятия имели возможность отгружать