

ИНФРАКРАСНЫЙ СПОСОБ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Зыков А.В., Захаров А.М., Юнин В.А.

Ключевые слова: барабанная сушилка, инфракрасные лучи, лучистый теплообмен, теплоноситель, воздушный поток.

Аннотация. Объектом исследования являются параметры и режимы интенсивной сушки, измельченной высоковлажной травы инфракрасным способом. Общая цель работы – разработка и совершенствование прогрессивных технологических процессов и экспериментальных технических средств для интенсификации сушки растительных материалов в барабанной сушильной установке, позволяющей значительно ускорить темпы заготовки высококачественных кормовых добавок, улучшить его качество и сократить энерго- и металлоемкость процесса сушки.

INFRARED METHOD FOR DRYING VEGETABLE RAW MATERIALS

Zykov A.V., Zakharov A.M., Yunin V.A.

Keywords: drum dryer, infrared rays, radiant heat transfer, coolant, airflow.

Abstract. The object of the study is the parameters and modes of intensive drying of ground high-moisture grass in an infrared way. The overall goal of the work is the development and improvement of progressive technological processes and experimental technical means for intensifying the drying of plant materials in a drum dryer, which can significantly accelerate the procurement rate of high-quality feed additives, improve its quality and reduce the energy and metal consumption of the drying process.

В обеспечении сельскохозяйственных животных, особенно молодняка крупного рогатого скота, свиней, лошадей и птиц, сбалансированными по содержанию питательных и биологически активных веществ рационом кормления важную роль играют корма искусственной сушки.

Хозяйственный опыт показывает, что если 5...10% концентратов для свиней (3...4% для птиц) заменить высококачественным сеном в виде травяной муки, то привесы подопытных животных и птиц возрастают на 12...15% [1]. Это объясняется не только энергетической ценностью такого корма, но и тем, что травяной мукой рацион обогащается недостающими элементами питания, которых нет в концентрированных кормах. Пополнение их недостатков обеспечивает лучшее состояние здоровья, рост и развитие животных и птицы.

Использованные ранее методы приготовления витаминной травяной муки на агрегатах высокотемпературной сушки (АВМ-0,8, АВМ-1,5) являлись не экологичными из-за загрязнения высушенных частиц травы продуктами горения топлива и высоких затрат энергии [2].

В настоящее время, использование аналогичных агрегатов все более высокочрезмерно, так как для их работы требуется в больших количествах (свыше 300 кг/т) высококачественное жидкое топливо, цена на которое в летний период постоянно растет. Кроме того, в таких агрегатах трудно получить качественный корм из провяленной (влажностью ниже 65%) и крупноизмельченной (длиной частиц более 50 мм) травы, вследствие сгорания

подсохших листьев и длинных частиц растений. Сами сушильные агрегаты достаточно дорогие. В этой связи при выборе сушильной установки рациональнее пользоваться такими критериями, как возможность получения экологического корма с максимальным сохранением в нем питательных веществ при возможно меньшем удельном расходе электроэнергии на процесс. Такое сушильное оборудование должно обладать универсальностью (для сушки трав, зерна и др.) и простотой конструкции. Этим требованиям отвечают агрегаты непрерывного действия с инфракрасным способом сушки.

При инфракрасном облучении плотность теплового потока на поверхности материала значительно больше (в 20-100 раз), чем при конвективной сушке [2]. Наряду с этим в результате взаимодействия электромагнитных волн с облучаемым веществом часть сообщаемой энергии поглощается веществом, а часть энергии излучается в виде вторичных электромагнитных волн самим материалом. Как известно, энергетические уровни молекул в твердых телах обусловлены энергетическими уровнями в электронной оболочке атомов, колебательным и вращательным движением атомов внутри молекулы. Энергия, сообщенная электромагнитными волнами веществу, изменяет энергетическое состояние его молекул и превращается в тепло.

В зависимости от свойств облучаемого материала и температуры излучателя, от которой зависит длина волны, инфракрасные лучи способны проникать в толщу материала. Проницаемость материалов зависит от многих факторов: от пористости, от влагосодержания и форм связи в материале, от длины волны и т.д.

Эффективность сушки повышается при применении прерывистого облучения, а также комбинированного радиационно-конвективного метода [2]. Прерываемое облучение в ряде случаев дает положительный эффект как в отношении сокращения продолжительности процесса и расхода энергии, так и в части повышения качества продуктов. Наибольший эффект дает применение инфракрасного излучения при сушке влагоинерционных материалов, характеризующихся сравнительно небольшим коэффициентом диффузии влаги, т.е. когда процесс сушки лимитируется внутренним массообменом. В этом случае интенсификация прогрева материала будет способствовать повышению коэффициента диффузии влаги внутри материала.

В этой связи использование инфракрасного излучения в прерывистом режиме для интенсификации процесса сушки растительных материалов (травы, зерна, плодов и ягод) представляет особый интерес, и этот метод может иметь перспективу для широкого внедрения в сельскохозяйственном производстве.

В настоящее время экспериментально установлено, что инфракрасные лучи проникают в глубь материала, причем глубина прохождения уменьшается с увеличением длины волн, т.е. при понижении температуры излучателя. Наблюдения показывают, что температура максимальная не на поверхности, а на небольшой глубине (5...6 мм). Начиная от поверхности,

температура сначала повышается, достигает максимального значения на небольшой глубине, а затем снижается.

Большие градиенты температур и проницаемость лучистой энергии изменяют характер протекания процесса сушки. При радиационной сушке, как и при конвективной, наблюдаются периоды постоянной и падающей скоростей процесса. В первом периоде температура материала выше температуры термометра, но остается постоянной.

Первоначально полученные экспериментально данные исследований процесса сушки травы обрабатывали в программе Mathcad. При этом получены коэффициенты уравнения регрессии, показывающие влияние изучаемых факторов на удельную производительность установки (q , кг/м²ч) и расход тепла на испарение влаги (Q , кДж/кг).

$$q = -2,368 + 0,239t + 6,125V - 0,155W + 0,166G, \quad (1)$$

$$Q = 16741 + 7743V - 137W - 175G. \quad (2)$$

Из этих уравнений видно, что в условиях проведения опытов температура теплоносителя положительно влияет на увеличение производительности установки и в то же время не оказывает (в диапазоне принятых значений) существенного влияния на величину удельного расхода тепла на испарение влаги. С увеличением удельной загрузки увеличивается производительность установки и уменьшается расход тепла на испарение кг влаги, т.е. в обоих уравнениях оказывает положительное влияние на выходные показатели.

С увеличением влажности высушиваемого сырья уменьшаются величины как удельной производительности сушильной установки, так и удельного расхода тепла на испарение кг влаги, т.е. в одном случае способствует улучшению выходного показателя процесса, а в другом, наоборот, - влияет отрицательно. Что касается скорости фильтрации теплоносителя через слой высушиваемого материала, то с ее увеличением производительность вырастает при одновременном увеличении удельного расхода тепла на испарение влаги.

В результате предварительно проведенных поисковых исследований по обоснованию параметров и режимов технологического процесса сушки растительных материалов с использованием инфракрасных источников тепла установлено следующее.

1. В климатических условиях Северо-Западной зоны Российской Федерации целесообразно применять сушку высоковлажного растительного сырья комбинированным инфракрасно-конвективным способом с использованием ИК-облучения высушиваемого материала.

2. Перспективным является применение инфракрасного излучения для интенсификации процесса. При этом способе продолжительность сушки сокращается на 20%, расход энергии на процесс сушки – в 1,5...2,0 раза.

В дальнейшем представляется целесообразным разработать и проверить радиационно-конвективную многоцелевую сушильную установку в лабораторно-производственных условиях.

Список литературы

1. Зыков А.В. Теоретические предпосылки к разработке и изготовлению высокотемпературной сушилки с инфракрасным излучением // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. №15. С. 126-129.
2. Попов В.Д., Ахмедов М.Ш., Сухопаров А.И. и др. Основы управления технологиями низкотемпературной сушки растительной стебельчатой массы: монография. Санкт-Петербург: ИАЭП, 2017. 142 с.

References

1. Zykov A.V. Theoretical background for the development and manufacture of high-temperature dryers with infrared radiation // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 15. P. 126-129.
2. Popov V.D., Axmedov M.Sh., Suxoparov A.I. et al. Fundamentals of technology management of low-temperature drying of plant stalk mass: monograph. Saint-Peterburg: IAEП. 2017. 142 p.

Зыков Андрей Владимирович – научный сотрудник, zav35@list.ru	Zykov Andrey Vladimirovich – researcher, zav35@list.ru
Юнин Вячеслав Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, sznii2@mail.ru	Yunin Vyacheslav Aleksandromich – candidate of technical sciences, senior researcher, sznii2@mail.ru
Захаров Антон Михайлович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, bayermw@mail.ru	Zakharov Anton Mikhailovich – candidate of technical sciences, senior researcher bayermw@mail.ru
Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия	Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) branch of FSAC VIM, Saint Petersburg, Russia

Received 09.09.2019