

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ СУШКИ ШИШЕК В ЛЕСОСЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Агеев П.С., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8 (937) 887-87-82, ageev_petr@mail.ru

Курдюмов В.И., доктор технических наук, профессор,
тел. 8 (8422) 55-95-95, bgdie@yandex.ru

Павлушин А.А., доктор технических наук, профессор,
тел. 8 (84231) 5-11-75, andrejpavlu@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: шишки, сушка, способ сушки, лесосеменное производство, режим сушки.

В работе рассмотрены основные способы сушки шишек, применяемые в лесосеменном производстве, и дана их сравнительная характеристика. Проанализированы конвективный, контактный, радиационный и комбинированный методы с точки зрения интенсивности нагрева, равномерности обработки, энергозатрат и влияния на качество семян. Особое внимание уделено периодической и непрерывной организации процесса, а также температурным режимам сушки. Установлено, что наиболее эффективными являются комбинированные и непрерывные технологии, обеспечивающие производительность и сохранность семян в условиях промышленной переработки лесосеменного сырья и повышения энергетической эффективности установок сушки.

Введение. Сушка шишек является важнейшей технологической операцией в лесосеменном производстве, поскольку от правильности её проведения напрямую зависят полнота раскрытия шишек, качество извлечения семян и сохранение их посевных свойств. Выбор способа сушки определяется не только технологическими требованиями, но и особенностями сырья, уровнем оснащённости предприятия, производительностью установки и энергетическими затратами. В этой связи представляется актуальным рассмотреть основные способы

сушки шишек и выявить их достоинства, ограничения и область рационального применения [1, 2].

Материалы и методы исследования. Анализ способов сушки шишек целесообразно проводить по нескольким признакам, среди которых наиболее существенными являются способ передачи тепла, организация процесса и режимные параметры [3, 4].

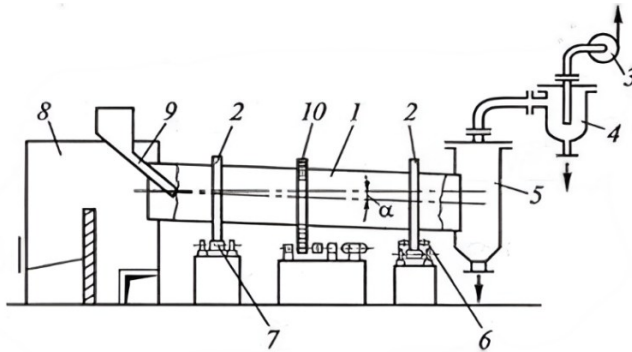
По способу передачи тепла различают конвективный, контактный, радиационный и комбинированный методы. Наиболее распространённым является конвективный способ, при котором тепло передаётся от нагретого воздуха к поверхности шишки, а затем распространяется вглубь материала (рисунок 1).



Рисунок 1 - Малогабаритная сушилка СМ-45

Его преимуществами являются простота конструкции сушильной камеры, возможность сравнительно лёгкого регулирования температуры и надёжность эксплуатации. Однако невысокая теплопроводность воздуха обуславливает длительность процесса и значительные энергозатраты. Кроме того, при чрезмерном повышении температуры возможно повреждение поверхностных семян. Таким образом, конвективная сушка отличается технологической доступностью, но не всегда обеспечивает высокую интенсивность процесса.

Контактный, или кондуктивный, способ основан на передаче тепла через непосредственное соприкосновение шишки с нагретой поверхностью (рисунок 2). Такой метод может обеспечивать быстрый прогрев материала, однако его существенным недостатком является неравномерность обработки. Шишки, находящиеся у горячих стенок или поверхности нагрева, подвергаются перегреву, тогда как центральные слои прогреваются недостаточно. Дополнительной проблемой является механическое воздействие, вызывающее повреждение чешуек и преждевременное осыпание семян. Вследствие указанных ограничений кондуктивный способ практически не применяется в чистом виде для сушки семенных шишек.



- 1 – барабан; 2 – бандаж; 3 – вентилятор; 4 – циклон; 5 – приёмный бункер; 6 – упорный ролик; 7 – опорный ролик; 8 – топка; 9 – питатель; 10 – зубчатое колесо

Рисунок 2 - Барабанная сушилка

Радиационный способ, реализуемый с использованием инфракрасного излучения, относится к методам прямого энергетического воздействия. В данном случае энергия поглощается поверхностью и частично внутренними слоями материала, преобразуясь в тепло. Основным преимуществом ИК-сушки является высокая скорость нагрева и возможность быстрого инициирования раскрытия шишек. Дополнительным достоинством выступает снижение потерь энергии, поскольку отсутствует необходимость нагревать значительный объём воздуха. Вместе с тем у данного метода имеется существенное ограничение: инфракрасное излучение слабо

проникает в глубину плотного слоя материала. Поэтому при увеличении толщины насыпи верхние шишки перегреваются, а нижние остаются недостаточно обработанными. Для повышения равномерности требуется перемешивание или формирование тонкого слоя, что усложняет установку.

Результаты и их обсуждение. Наиболее перспективными являются комбинированные способы, сочетающие преимущества нескольких методов. На практике часто используется конвективно-радиационная схема: на первом этапе шишки кратковременно обрабатываются инфракрасным излучением, что обеспечивает быстрый нагрев и раскрытие, а затем досушиваются в потоке подогретого воздуха при более мягком температурном режиме. Такой подход позволяет сократить длительность процесса, снизить энергопотребление и одновременно обеспечить бережную финишную обработку материала. Именно комбинированные схемы рассматриваются как наиболее эффективные для промышленной переработки шишек [5, 6].

По организации процесса сушка может быть периодической или непрерывной. Периодический способ предполагает загрузку партии материала в камеру, проведение сушки в течение заданного времени, последующее охлаждение и выгрузку. Его достоинствами являются простота, сравнительно низкая стоимость оборудования и удобство применения в небольших хозяйствах. Недостаток заключается в низкой производительности, поскольку обработка ведётся партиями, а последующие партии ожидают освобождения камеры.

Непрерывный способ основан на конвейерном перемещении шишек через зоны нагрева, активной сушки и охлаждения. Такая схема обеспечивает высокую производительность, меньшие трудозатраты и возможность автоматизации. Непрерывные установки широко применяются в современных промышленных шишкосушилках барабанного, ленточного и бункерного типов. Именно этот вариант наиболее эффективен при больших объёмах заготовки.

Особое значение имеют режимные параметры сушки, прежде всего температура и время. Критерием является не столько температура воздуха, сколько температура самого материала. Для различных пород древесины допустимые значения различаются: для сосны они

составляют около 55–60 °С, для ели 45–50 °С, для лиственницы до 70 °С. Превышение этих значений даже на 5–7 °С при длительном воздействии может существенно снизить всхожесть семян. Продолжительность обработки зависит от начальной влажности шишек, которая может колебаться от 30 до 60 %. Более влажный осенний материал требует длительной сушки, тогда как зимние шишки с меньшей влажностью обрабатываются быстрее. Следовательно, режим должен обеспечивать удаление влаги и раскрытие шишек без перегрева семенного материала.

Выводы. Проведённый анализ показывает, что универсального способа сушки шишек не существует. Каждый метод обладает собственными преимуществами и ограничениями, а выбор конкретной технологии определяется породой древесины, объёмом переработки, доступными энергетическими ресурсами и требованиями к качеству семян. Конвективные и периодические схемы просты в реализации, но менее производительны; контактный способ имеет существенные технологические ограничения; ИК-сушка обеспечивает высокую интенсивность, но требует контроля равномерности прогрева. Наиболее рациональными являются комбинированные и непрерывные решения, позволяющие совместить высокую производительность, экономичность и сохранение посевных качеств семян. Именно такой подход должен служить основой при проектировании современных установок для сушки шишек.

Библиографический список:

1. Влияние пожара в сосняке брусничном на всхожесть и качественные особенности семян сосны / С. А. Денисов, З. Н. Домрачева, К. А. Мотова [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. — 2022. — № 2(54). — С. 26-39
2. Воложанинов С. С., Завалий А. А., Разумный В. В., Волобуев Д. Д., Воложанинова В. С. ПОЛУЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА К ХРАНЕНИЮ СЕМЯН ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В УСТРОЙСТВЕ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. №27 (190).

3. Головин, А. Ю. Машины и механизмы в лесном и лесопарковом хозяйстве : учебное пособие / А. Ю. Головин, С. П. Прокопов, А. С. Союнов. — Омск : Омский ГАУ, 2018. — 154 с.

4. Горелов, М. В. Обзор технологических комплексов сушки шишек и извлечения семян хвойных пород деревьев / М. В. Горелов, Т. Н. Бастрон, Р. В. Мальчик // Вестник КрасГАУ. — 2017. — № 3(126). — С. 79-85. — EDN YHPRGF.

5. Григорьев, И. В. Технология и машины лесовосстановительных работ : учебник для вузов / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Никифорова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 272 с.

6. Получение и подготовка к хранению семян хвойных растений в устройстве инфракрасной сушки / С. С. Воложанинов, А. А. Завалий, В. В. Разумный [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. — 2021. — № 27(190). — С. 87-114. — EDN IVDQDT.

ANALYSIS OF MODERN CONE DRYING METHODS IN FOREST SEED PRODUCTION

Ageev P.S., Kurdyumov V.I., Pavlushin A.A.
FSBEI HE Ulyanovsk SAU

Keywords: *cones, drying, drying method, forest seed production, drying mode.*

The paper reviews the main methods of cone drying used in forest seed production and provides their comparative characteristics. Convective, contact, radiation, and combined methods are analyzed in terms of heating intensity, processing uniformity, energy consumption, and impact on seed quality. Special attention is paid to batch and continuous process organization, as well as temperature drying modes. It has been established that combined and continuous technologies are the most effective, ensuring productivity and seed preservation in the context of industrial processing of forest seed raw materials and increasing the energy efficiency of drying plants.