

УДК 664.723.047

Снежкин Ю.Ф., Пазюк В.М., Петрова Ж.А., Михайлик Т.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ
НА КИНЕТИКУ И ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН РАПСА

Наведено результати досліджень впливу режимів сушіння на кінетику та насінні характеристики насінневого ріпаку. Встановлено, що висока схожість насінневого ріпаку зберігається при температурі сушильного агента до 50 °С, при збільшенні температури насінні властивості зерна втрачаються.

Представлены результаты исследований влияния режимов сушки на кинетику и семенные характеристики семенного рапса. Установлено, что высокая всхожесть семенного рапса сохраняется при температуре сушильного агента до 50 °С, при увеличении температуры посевные свойства зерна теряются.

The results of experimental research the kinetics of drying seed rape and the influence of drying mode on the qualitative characteristics of seed material were showed in the article. It was found that high germination of seed rape remains at the temperature of drying agent about 50 °С, with an increase in temperature, the properties of the grain crop is lost.

d – влагосодержание воздуха, г/кг сух. возд;

e – интервал варьирования факторов;

t – температура сушильного агента, °С;

V – скорость сушильного агента, м/с;

W – влажность материала, %;

τ – продолжительность процесса сушки, с;

C – всхожесть семян рапса, %;

с. в. – сухой воздух.

Индексы:

н – начальная.

Введение

Высокие требования к всхожести семенного зерна определяют условия его подготовки к хранению. Значительное увеличение объемов и стоимости семенного рапса вызывает потребность в интенсификации процессов сушки, а, следовательно, и необходимость пересмотра рекомендованных ранее технологических режимов [1, 2]. К главным факторам, которые влияют на кинетические показатели сушки и качество семян, относятся температура и скорость сушильного агента, а также начальная влажность материала.

Исследования влияния параметров сушки на кинетику и всхожесть рапса позволят повысить их качество и рекомендовать режимы сушки семян.

Описание установки и методика проведения эксперимента

Экспериментальный стенд состоит из системы изолированных воздухопроводов с устройствами для тепловой обработки и циркуляции сушильного агента, сушильных камер, системы

контроля и поддержания температуры теплоносителя, автоматического сбора и обработки информации о протекании процесса обезвоживания материала [3, 4].

Участок тепловой подготовки сушильного агента (2) состоит из трёхсекционного электрического подогревателя мощностью 10 кВт (рис. 1). Для точного поддержания заданной температуры калорифер подключён к автоматической системе регулирования, которая состоит из электрического регулятора ЕРТ – 4 (4) и термометров сопротивления ТСМ-50 (6).

Движение сушильного агента осуществляется с помощью центробежного вентилятора (3) среднего давления. Изменение скорости движения достигается регулированием частоты вращения лопастей вентилятора (3) со щита управления (5). Соотношение между отработанным и свежим воздухом регулируется шибером (7).

Экспериментальный стенд оборудован автоматической системой сбора и обработки информации, в которую входит компьютер, цифровые веса АД-500, прикладная специализированная

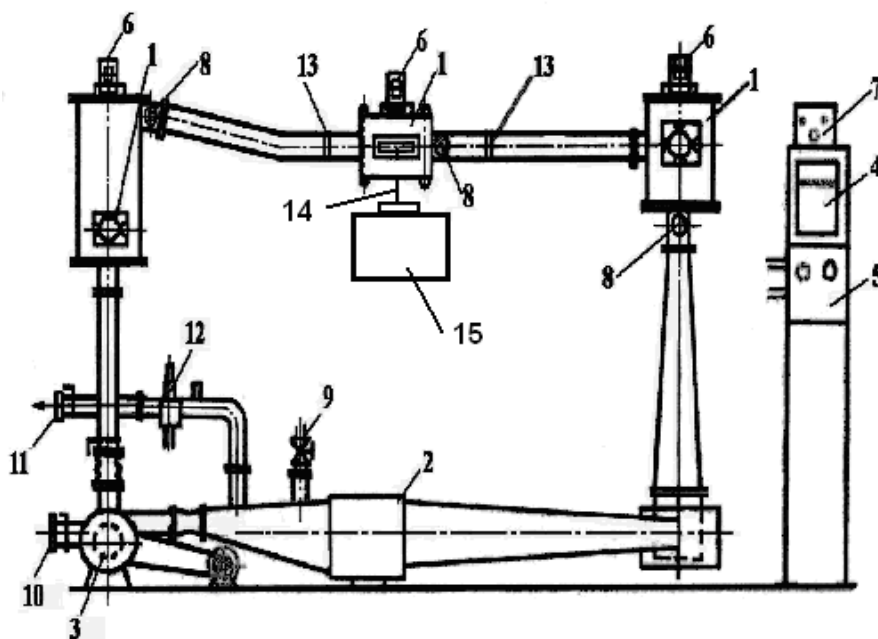


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:

1 – сушильная камера; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 – потенциометр; 5 – щит управления; 6, 7 – автоматическая система регулирования температуры; 8 – термометры сопротивления; 9, 10, 11 – патрубки с шиберами; 12 – психрометр; 13 – специальные решётки; 14 – штанга весов; 15 – весы.

программа и канал измерения температуры, который состоит из аналого-цифрового преобразователя (АЦП) i-7018 и интерфейса i-7520.

Температура сушильного агента и образца материала во время сушки регистрируется с помощью термоэлектрических преобразователей (тип L), которые вмонтированы в специальные игольчатые зонды. Аналоговые сигналы из термоэлектрических датчиков преобразуются АЦП в цифровую форму и с помощью интерфейса передаются в компьютер. Точность измерения температур ± 1 К.

Результаты исследований

На рисунках 2, 3 и 4 представлены результаты исследований по определению влияния температуры, скорости теплоносителя и начальной влажности рапса на кинетику процесса сушки.

Из данных приведенных на рис. 2 видно, что при уменьшении температуры сушильного агента с 80 до 50 °С продолжительность сушки увеличивается в 2,4 раза. Процесс про-

ходит в периоде падающей скорости сушки с предварительным прогревом материала до максимальной скорости сушки в точке К. Период постоянной скорости сушки не наблюдали.

Увеличение начальной влажности семян с 12 до 22 % приводит к увеличению продолжительности сушки в 2 раза (рис. 3), а увеличение скорости движения сушильного агента с 0,6 до 1,5 м/с – к уменьшению длительности сушки в 1,1 раза (рис. 4).

Характер кривых зависимостей скорости сушки от влияния начальной влажности семян (рис. 3) и скорости сушильного агента (рис. 4) подобны кривым зависимости скорости сушки при разных температурах теплоносителя (рис. 2).

Высокая всхожесть рапса получена при температуре сушильного агента 50 °С (рис. 5), что выше нормативной всхожести по ДСТУ 2240 – 93. Увеличение температуры приводит к уменьшению всхожести и при 80 °С посевные свойства зерна теряются.

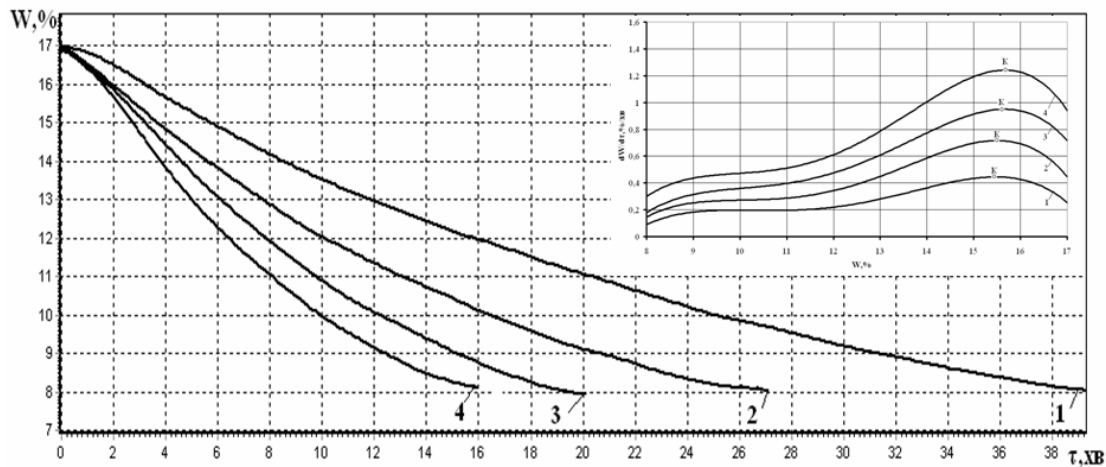


Рис. 2. Влияние температуры сушильного агента на кинетику (а), скорость сушки (б) при сушке семян рапса в элементарном слое: $W_H = 17\%$, $V = 1,5$ м/с, $d = 10$ г/кг сух. возд.: 1 – 50 °С; 2 – 60 °С; 3 – 70 °С; 4 – 80 °С.

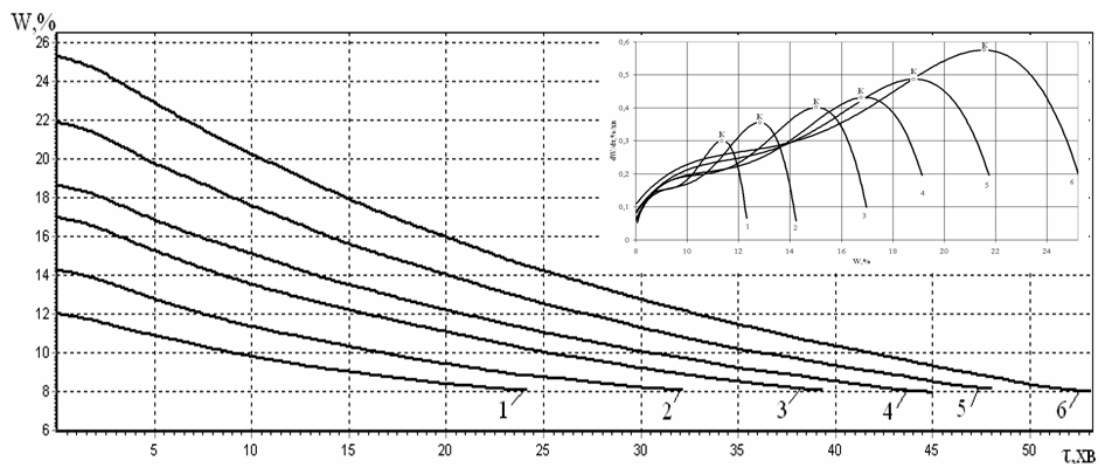


Рис. 3. Влияние начальной влажности на кинетику (а) и скорость сушки (б) семян рапса в элементарном слое: $t = 50$ °С, $V = 1,5$ м/с, $d = 10$ г/кг сух. возд.: 1 – 12 %; 2 – 14,2 %; 3 – 17 %; 4 – 18,6 %; 5 – 22 %; 6 – 25,6 %.

Вторым критерием, определяющим качество семенного рапса после сушки, является кислотное число масла. Проведенные исследования показали, что незначительное увеличение кислотного числа происходит только при температуре теплоносителя 80 °С и составляет 1,8 КОН мг/г масла, что объясняется окислением липидов. При температуре сушильного агента 50...70 °С кислотное число не изменяется и находится в пределах 1,03 – 1,05 КОН мг/г.

Математическая обработка результатов экспериментальных исследований

С целью определения рационального режима сушки была выполнена математическая обработка полученных данных влияния параметров сушки на продолжительность и всхожесть семян рапса методом планирования эксперимента за ортогональным композиционным планом второго порядка [5].

Кодовые значения факторов и интервалы варьирования приведены в таблице и связаны

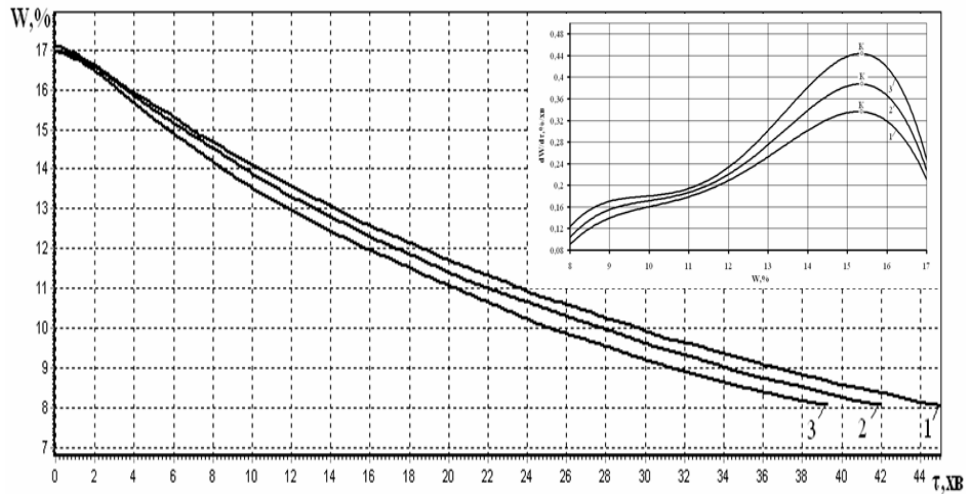


Рис. 4. Влияние скорости движения сушильного агента на кинетику (а) и скорость сушки (б) семян рапса в элементарном слое: $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W_H = 17\%$, $d = 10\text{ г/кг сух. возд.}$: 1 – 0,6 м/с; 2 – 1,05 м/с; 3 – 1,5 м/с.

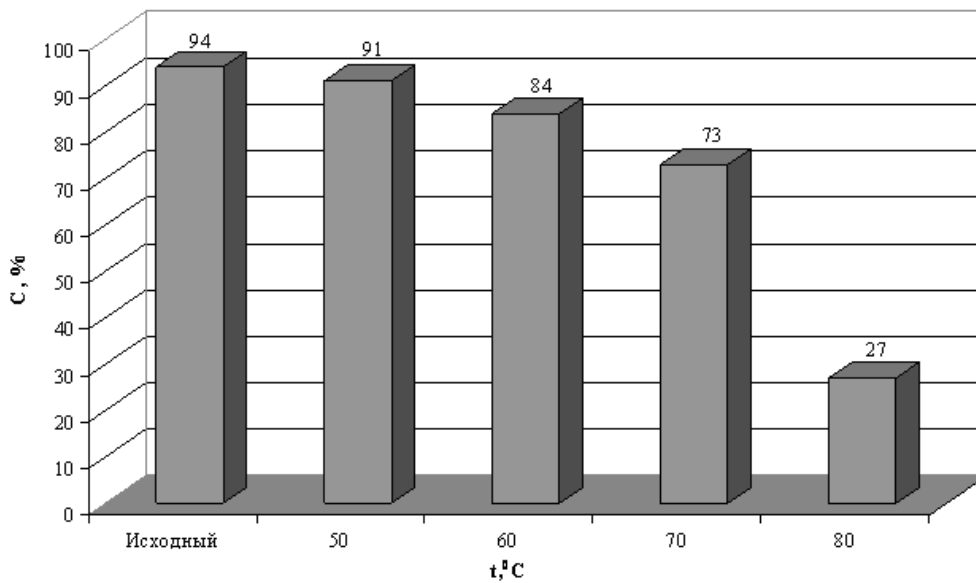


Рис. 5. Влияние температуры сушильного агента на всхожесть семян рапса: $W_H = 17\%$, $V = 1,5\text{ м/с}$, $d = 10\text{ г/кг сух. возд.}$

натуральными отношениями:

$$x_1 = \frac{t - t_0}{e_1} = \frac{t - 65}{15}, \quad x_2 = \frac{V - V_0}{e_2} = \frac{V - 1,05}{0,45}, \quad x_3 = \frac{W - W_0}{e_3} = \frac{W - 17}{5}. \quad (1)$$

Математическая модель процессу сушки семян рапса описана уравнением регрессии:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3, \quad (2)$$

Табл. Факторы и уровни варьирования

Показатели	Факторы		
	Сушильный агент		Материал
	Температура t , °С	Скорость V , м/с	Начальная влажность W , %
Верхний (+1)	80	1,5	22
Средний (0)	65	1,05	17
Нижний (-1)	50	0,6	12
Интервал варьирования	15	0,45	5
Кодовое обозначение	x_1	x_2	x_3

В результате проведенных расчетов получены уравнения регрессии в кодовых переменных для продолжительности процесса сушки:

$$y = 31,11 - 11,212x_1 - 2,087x_2 + 8,61x_3 - 0,669x_2^2 - 2,709x_3^2 + 0,5x_1x_2 - 3x_1x_3$$

всхожести семян рапса:

$$y = 78 - 27x_1 - 0,86x_2 - 16,14x_3 - 11,73x_1^2 - 2,21x_3^2 - 15,625x_1x_3.$$

Приведенные уравнения регрессии показывают, что определяющим факторами является температура и начальная влажность семян рапса.

Выполнен переход от уравнения квадратичной регрессии с кодовыми переменными до соответствующих физических величин:

для продолжительности процесса сушки

$$\tau = 51,096 - 0,148 \cdot t - 9,45 \cdot V + 4,32 \cdot W - 3,3 \cdot V^2 - 0,108 \cdot W^2 - 0,074 \cdot t \cdot V - 0,04 \cdot t \cdot W \quad (3)$$

и всхожести семян рапса

$$C = 267,4 + 1,6 \cdot t - 1,91 \cdot V + 10,32 \cdot W - 0,052 \cdot t^2 - 0,088 \cdot W^2 - 0,21 \cdot t \cdot W. \quad (4)$$

Графическое решение уравнения квадратичной регрессии представлено поверхностями продолжительности сушки и всхожести семян рапса при разных температурах сушильного агента (рис. 6).

Поверхности продолжительности сушки семян рапса (рис. 6, а) показывают, что в области низкой влажности, высокой температуры и скорости сушильного агента увеличивается интенсивность процесса. Так при температуре 80 °С, скорости 1,5 м/с и начальной влажности 12 % продолжительность сушки семян минимальная и составляет 7 мин.

Анализ поверхностей всхожести (рис. 6, б) показывает, что в интервале температур от 50 до 65 °С определяющим фактором является температура сушильного агента. Необходимо заметить, что увеличение температуры до 80 °С приводит к резкому снижению всхожести семян рапса, особенно это наблюдается в области высокой влажности материала.

Исследования влияния продолжительности хранения на качество рапса после сушки пока-

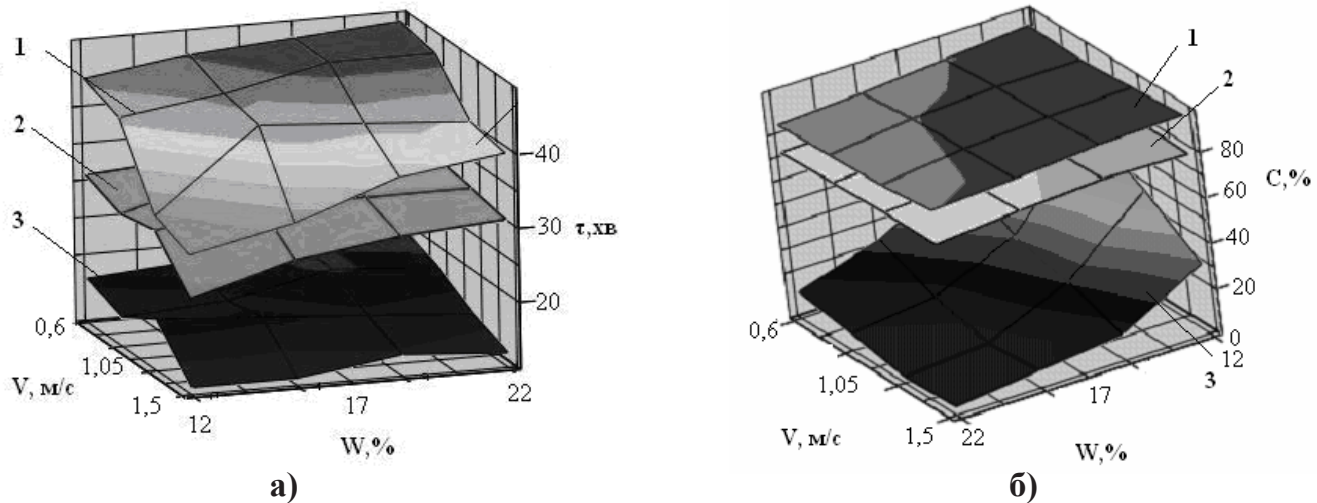


Рис. 6. Поверхности продолжительности сушки (а) и всхожести семян рапса (б) при температурах сушильного агента: 1 – 50; 2 – 65; 3 – 80 °С.

зали, что семена высушенные при температуре сушильного агента 50 °С, максимально сохраняют всхожесть на протяжении двух лет.

Сравнение всхожести семян рапса после сушки при разных температурах сушильного агента и после хранения даёт отклонение значений прорастания на уровне $\pm 2\%$.

Выводы

1. Экспериментальные исследования показали, что при сушке семенного зерна рапса увеличение температуры сушильного агента выше 50 °С приводит к частичной или полной потере всхожести семян. Сушка зерна при температуре сушильного агента 50 °С и скорости 1,5 м/с, является рациональным, так как обеспечивает всхожесть на уровне 91...92 %, что отвечает нормативной всхожести по ДСТУ 2240 – 93.

2. Семена рапса с начальной влажностью 22 % полностью теряют способность к всхожести при температуре сушильного агента 80 °С и скорости 1,5 м/с.

3. Семенное зерно, высушенное при температуре сушильного агента 50 °С, сохраняет свои посевные свойства на протяжении 2-х лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Н.Я., Пилявская Л.С., Черников М.И. Исследование процесса нагрева и сушки семян рапса в кипящем слое // Тр. ВНИИ зерна и продуктов его переработки. – 1989. – Вып. 113. – С. 175 – 183.
2. Пилявская Л., Черников М., Гринберг Б. Из опыта сушки масличных культур. Рапс. // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть. – 1986. – № 4. – С. 24 – 25.
3. Михайлик В. А., Хавін С. О., Реус І.А. Експериментальне дослідження кінетики сушіння ріпчастої цибулі // Енергетика, економіка, технології, екологія. – 2006. – №2 (19). – С. 74 – 78.
4. Снежкин Ю.Ф., Пазюк В.М., Шапарь Р.А., Михайлик Т.А., Петрова Ж.А. Исследование кинетики сушки семенного рапса в элементарному слое// Вібрація в техніці та технологіях. – 2008. – №1. – С.93 – 95.
5. Янцевич А.А., Александров Ю.А. Планирование эксперимента: Учеб. пособие для студ. экон. и техн. спец. вузов / Народная украинская академия. – Х.: Издательство НУА, 2004. – 208с.

Получено 03.03.2010 г.