

УДК 631.53

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА

Аммосов Иннокентий Николаевич

старший преподаватель, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия

Дондоков Юрий Жигмитович

кандидат технических наук, доцент, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия

Дринча Василий Михайлович

доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия, vdrincha@list.ru

Аннотация: Представлены физические основы и основные зависимости определения влажности зерна, а также соотношения между разными методами определения влажности. Изложены технологические основы усушки зерна и приведены расчетные формулы определения уменьшения веса зерна в процессе его сушки.

Ключевые слова: Зерно, влажность, коэффициент усушки, методика оценки влажности

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF GRAIN MOISTURE ESTIMATION

Ammosov Innokentiy Nikolaevich

Senior Lecturer, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia, aminnik@yandex.ru

Dondokov Yuriy Zhigmitovich

Candidate of Technical Sciences, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia

Drincha Vasilii Michailovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia, vdrincha@mail.ru

Abstract: The physical principles and the main relations of determining the moisture content of grain as well as the relationships between different methods for determination of grain moisture are presented. The technological bases of grain drying are stated and the calculation formulas for determining the decrease in the grain weight during its drying are presented.

Keywords: Grain, moisture content, shrinkage coefficient, method of assessment of moisture content.

Введение. Влажность – важнейшее свойство зерна, она оказывает существенное воздействие на качество семенного, продовольственного и фуражного зерна. При этом с повышением влажности зерна затрудняется уборка и послеуборочная обработка зерна, а также снижается его стойкость в процессе хранения, увеличиваются потери, и снижается качество зерна. Влажность зерна также является экономическим фактором, влияющим на вес зерна, следовательно, и на его стоимость [2, 8, 9].

Влажность определяют на всех этапах зернопроизводства, начиная от уборки и заканчивая переработкой зерна в муку. Существуют прямые и косвенные методы определения влажности. К прямым методам относят метод дистилляции, основанный на отгоне воды от определенной навески зерна (50-100 г) в специальных приборах. Косвенными методами являются воздушно-тепловой, электрические, диэлькометрические и химические методы. Стандартный метод – воздушно-тепловой. Сущность метода заключается в обезвоживании навески измельченного зерна в сушильном шкафу (установке) при фиксированных параметрах: температуре, времени сушки и вычислении влажности в процентах по изменению ее массы путем взвешивания навески до и после высушивания. Методика его изложена в ГОСТ 13586.5-2015 [1].

Содержание воды нормируется государственными стандартами. Для основных зерновых культур базисная влажность варьирует от 13,5 до 15%.

В зерновой терминологии для оценки влажности зерна применяются два термина: влажность зерна, как отношение массы содержащей влаги в зерне к общей массе зерна или отношение массы влажности зерна к сухой массе зерна. В с.-х. практике в основном применяют первый термин, а значение влажности вычисляют в процентах. Однако, в экспериментальных исследованиях и в литературе по хранению и сушке зерна, часто употребляется и второй термин.

В англоязычной литературе обычно после знака «%» следует индекс, например 20% w.b. (wet basis, влажность зерна, выражена через отношение влаги к общей массе зерна), что означает в зерне имеется 20% воды от общей массы зерна и 80% сухого вещества, а в случае определения влажности зерна через отношение воды к сухому веществу $20/80=25\%$ d.b. (dry basis). В отечественной практике, обычно индекс, указывающий на способ оценки влажности, практически не ставится, и по умолчанию считается, что влажность приводится из отношения влаги в зерне к его общей массе. В связи с чем, возникает неопределенность относительно того, какой способ оценки был применен, и какая разница между ними [4, 5, 10].

Целью данной статьи является обоснование основных зависимостей определения влажности зерна и связей между ними, а также определение изменения массы зерна в процессе его сушки.

Материалы и методы исследования. В процессе проведения исследований был применен аналитический метод сравнения различных инженерных способов, определения влажности биологических материалов. В основе сравнения были приняты основные положения определения влажности зерна, применяемые в нормативной литературе.

Взаимозависимости между способами вычисления влажности зерна. Для оценки влажности зерна по отношению количества влаги к общей массе зерна применяли следующую формулу [11]:

$$M = \left\{ \frac{w}{m_c + w} \right\} \cdot 100 \quad (1)$$

а для оценки количества влаги по отношению к сухому веществу:

$$X = \left\{ \frac{w}{m_c} \right\} \cdot 100 \quad (2)$$

где: M – содержание влаги по 1-й формуле (по отношению массы воды к общей массе зерна), % в.о.;

X – содержание влаги по 2-й формуле (отношение массы воды к массе сухого вещества), % с.в.;

w - масса воды;

m_c - масса сухого вещества.

Результаты и обсуждение. Изменение влажности зерна влияет на повышение или уменьшение его веса, а также может привести к качественным или количественным потерям зерна. В связи с этим определение влажности зерна является чрезвычайно важным процессом.

С точки зрения технологии знание влажности зерна необходимо для эффективного определения и управления процессами: уборки, сушки, хранения и переработки. Определение влажности также существенно для оценки и контроля послеуборочных потерь, так как влага в зерне влияет на его сохранность. Кроме того, знание влажности зерна важно для маркетинга, так как продажа и покупка зерна осуществляются по весу, который в свою очередь зависит от влажности зерна. Необходимо строго знать, что лежит в основе метода, по которому определяли влажность зерна.

В сельском хозяйстве влажность зерна обычно оценивают через отношение количества воды к общей массе зерна по формуле (1). Например, влажность зерна 20% в.о. означает, что зерно содержит 20% воды от общей его массы и 80% сухого вещества от общей массы. В инженерных расчетах для оценки влажности используется формула (2), т.е. отношение массы воды к массе сухого вещества. В нашем примере будем иметь $20/80 = 25\%$ с.в. (отношение массы воды к массе сухого вещества).

Для выражения первой оценки M через вторую X – может быть применена следующая формула:

$$M = \left\{ \frac{X}{100+X} \right\} \cdot 100 \quad (3)$$

а для выражения второй оценки через первую можно использовать следующую зависимость:

$$X = \left\{ \frac{M}{100-M} \right\} \cdot 100 \quad (4)$$

Выделяемая влага в процессе сушки зерна. Масса выделяемой воды из определенной массы влажного зерна может быть определена по формуле:

$$w_B = \left\{ \frac{M_0 - M_K}{100 - M_K} \right\} \cdot m_0 \quad (5)$$

где: w_B – масса выделяемой влаги;

m_0 – исходная масса зерна;

M_0 – исходная влажность зерна, % в.о.

M_K – конечная (после сушки) влажность зерна, % в.о.

Аналогично, если известна масса сухого вещества в зерне, то масса выделяемой воды из зерна может быть определена по формуле:

$$w_B = \left\{ \frac{M_0 - M_K}{100 - M_0} \right\} \cdot m_K \quad (6)$$

где: m_K – конечная масса зерна (после сушки).

Через массу сухого вещества масса выделяемой влаги может быть определена следующим образом:

$$w_B = \left\{ \frac{M_0 - M_K}{(100 - M_0) \cdot (100 - M_K)} \right\} \cdot m_c \quad (7)$$

Для вычисления конечной массы зерна (после сушки) через исходное значение массы зерна (до сушки) используется следующая формула:

$$m_K = \left\{ \frac{100 - M_0}{100 - M_K} \right\} \cdot m_0 \quad (8)$$

Аналогично для вычисления исходной влажности зерна через конечную влажность может быть использована следующая формула:

$$m_0 = \left\{ \frac{100 - M_K}{100 - M_0} \right\} \cdot m_K \quad (9)$$

Влага, удаляемая в процессе пересушки зерна, w_{Π} , определяется по формуле:

$$w_{\Pi} = \left\{ \frac{(100 - M_0) \cdot (M_{K2} - M_{K1})}{(100 - M_{K1}) \cdot (100 - M_{K2})} \right\} \cdot m_0 \quad (10)$$

где: M_{K1} – плановая влажность зерна (после сушки);

M_{K2} – влажность пересушенного зерна.

Потеря веса зерна в процессе сушки. После уборки урожая хозяйства обычно должны принять решение – продавать зерно без доведения его до кондиционной влажности и при продаже учесть скидку на стоимость, связанную с превышением кондиционной влажности, или реализовать зерно без скидки после его суш-

ки в хозяйстве (или на соседнем элеваторе). Приходится сопоставлять целесообразность осуществления сушки с учетом расходов на нее, а также потери веса зерна в процессе сушки, которые обычно называют «усушкой» и выражают ее в процентном отношении к исходному весу зерна. Не существует стандартной методики расчета усушки [3, 6].

В процессе сушки основная часть потери веса зерна связана с испаряемой водой. Усушка зерна рассчитывается в виде отношения испаренной воды в процессе сушки к исходному весу, после чего результат умножается на 100 и выражается в процентах. Например, 1000 кг зерна пшеницы при влажности 25% содержит 250 кг воды и 750 кг сухого вещества. Какая величина усушки 1000 кг зерна при его высушивании до 15%? Высушенное зерно содержит 750 кг сухого вещества, однако в данном случае (после высушивания до 15%) доля сухого вещества составит 85% (=100%-15%) от общего веса. В связи с этим, общий вес высушенного зерна равняется отношению 750 кг к 0,85, и составляет 882,35 кг. После сушки зерно пшеницы содержит 132,35 кг воды (=882,35-750). Следовательно, в процессе сушки выделено 117,5 кг воды (=250-132,5). После определения количества удаленной влаги можно определить величину усушки. В нашем случае это: $117,5:1000 \times 100 = 11,75\%$. Таким образом, зерно было высушено с 25% до 15%, то есть на 10% с потерей первоначального веса зерна – 11,75%.

Для практических расчетов применяют коэффициент усушки [8], который рассчитывают в виде отношения потерь веса к снижению влажности. Для вышеприведенного примера это $11,75:10 = 1,18\%$, что означает: вес зерна уменьшается на 1,18% на каждый процент снижения влажности.

Коэффициент усушки является постоянной величиной для конечной влажности сушки зерна. В предыдущем примере коэффициент усушки – 1,18% на каждый процент снижения влаги при высушивании зерна до конечной влажности 15%. Однако, коэффициент усушки меняется с изменением конечной влажности и рассчитывается очень просто [6]:

$$K_y = \frac{100}{(100 - M_k)} \quad (11)$$

где K_y – коэффициент усушки.

Для ряда значений конечных влажностей зерна коэффициенты усушки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты усушки зернодо различных конечных влажностей зерна

<i>Конечная влажность зерна, M_k, % в.о.</i>	<i>Коэффициент усушки K_y на каждый % уменьшения влажности зерна</i>
16	1,190
15	1,176
14	1,163
13	1,149
12	1,136
11	1,126
10	1,111
9	1,099
8	1,087
7	1,075
6	1,064
0	1,000

Применяя значения коэффициентов усушки зерна (табл. 1), рассчитаем количество влаги выделяемой при снижении влажности с 24% до 14%, то есть при уменьшении начальной влажности зерна на 10%. Для вычисления количества выделяемой влаги через коэффициент усушки применяется следующая формула:

$$\Delta t = \Delta w \cdot k_y \quad (12)$$

где: Δt – потеря веса зерна в процессе сушки (от исходного значения до конечного значения после сушки), %;

Δw – снижения влажности в процессе сушки, %.

В нашем примере коэффициент усушки 1,163 для конечной влажности 14%, а снижение веса в процессе сушки будет: $10 \times 1,163 = 11,63\%$. Коэффициент усушки 1,163 выбирается из табл. 1 для значения конечной влажности 14% или рассчитывается элементарно по формуле (11): $100/(100-14)=1,163$.

Весовые потери зерна в процентах могут быть определены из средних начальных и конечных значений влажности зерна по полученной номограмме (рис. 1).

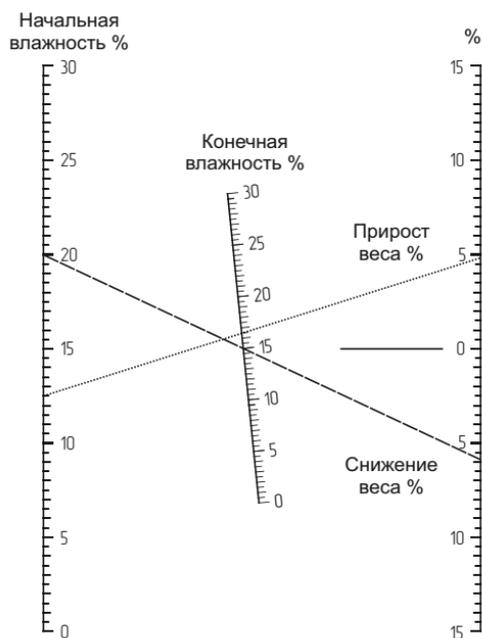


Рис. 1. Номограмма определения веса зерна в зависимости от его влажности.

Номограмма применяется следующим образом. Через точку начальной влажности на левой шкале и точку конечной влажности зерна на средней шкале проводят прямую линию и определяют на левой шкале прирост или снижение веса зерна. В случае уменьшения влажности зерна вес его уменьшается и наоборот.

Количество зерна необходимое для определения влажности зависит от применяемого метода измерения влаги. Существуют портативные приборы для определения влаги, которые могут использоваться в полевых условиях, а также лабораторные. Выбор влагомеров зерна зависит от требуемой точности измерения влажности зерна. С увеличением объемов производства зерна в хозяйствах обычно требуются портативные влагомеры, обеспечивающие высокую точность измерений, а также востребованы лабораторные методы определения влажности, включающие нагревательные печи.

Зерновые влагомеры требуют периодического проведения их калибровки или поверки в специализированных и сертифицированных лабораториях.

Для повышения точности измерений при применении портативных и лабораторных влагомеров рекомендуется проводить измерения в трехкратной или даже пятикратной повторности [7].

Точное определение влажности зерна чрезвычайно важно для правильной оценки потерь веса зерна в процессе хранения. Изменения влажности зерна обуславливает изменение его веса и объема. Зачастую, потеря веса влаги в зерне может превышать весовые потери обусловленные насекомыми, грызунами, птицами или плесенью.

Заключение. Обоснованные зависимости оценки влажности зерна позволяют оценить влажность зерна в процессе его обработки, хранения и сушки. Они могут быть использованы для определения усушки зерна в процессе его сушки или хранения и позволяют рассчитать конечный вес зерна после сушки.

При потере влаги зерном в процессе сушки или хранения, уменьшение его веса в процентном выражении всегда превышает количество процентов снижения его влаги.

Список литературы

1. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. Издание официальное. Москва Стандартинформ, 2019., 19 с.
2. Дринча В.М. Концептуальные и методологические аспекты разработки стратегии развития механизации сельского хозяйства. Российская академия сельскохозяйственных наук. М.: 2003. 60 с.
3. Дринча В.М. , Цыдендоржиев Б. Резервы снижения потерь зерна при хранении // Комбикорма – 2010. – № 7. – С. 59-60.
4. Мельник Б.Е. Вентилирование зерна. М, Колос, 1970, 183 с.
5. Мельник Б.Е., Малин Н.И. Справочник по сушке и активному вентилированию зерна. М., Колос, 1980, 175 с.
6. Усушка зерна: способы расчета потерь веса зерна в процессе сушки. <http://agropost.ru>
7. Harris K.L. C.J. Lindblad. Postharvest grain loss assessment methods. A manual of methods for the evaluation of postharvest losses. American Association of Cereal Chemists. Harpers Ferry, WV, September 8-10, 1976. 185 p.
8. Hicks D.R., H.A. Cloud. Calculating Grain Weight Shrinkage in Corn Due to Mechanical Drying. Iowa State University. 2001. 7 p.
9. McLean K.A. Drying and Storing Combinable Crops. Farming Press Ltd. Suffolk, 1989, 281 p.
10. Nichols T.E. Economics of on-farm corn drying. North Carolina State University. 1992. 6 p.
11. Nellist M. Bulk storage drying of grain and oilseeds. Silsoe Research Institute. HGCA. Bedford. Research review #38. 2008. 60 p.

© Аммосов И.Н., Дондоков Ю.Ж., Дринча В.М., 2021