

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Е.И., Прусаков В.М., Душутин К.К. Охрана атмосферы и нефтехимия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 231 с.
2. Замышляев Б.В. Влияние начальных размеров выброса (истечения) невесо-

мой примеси на оценку концентрационных полей, возникающих при распространении облака гауссова типа // Проблемы безопасности и ЧС. 2004. №4. С. 35–42.

УДК 621.3.084.2

Воронова Тамара Сергеевна,

к.т.н., доцент кафедры «Промышленная электроника и информационно-измерительная техника» ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: candell@mail.ru

Мазур Владимир Геннадьевич,

к.т.н., доцент кафедры «Промышленная электроника и информационно-измерительная техника», ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

Пильцов Михаил Владимирович,

к.т.н., доцент кафедры «Промышленная электроника и информационно-измерительная техника» ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: mpilcov@yandex.ru

Пудалов Алексей Дмитриевич,

к.т.н., доцент кафедры «Промышленная электроника и информационно-измерительная техника», ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: puddim@yandex.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ
ВЛАЖНОСТЬЮ ВОЗДУХА И ВЛАЖНОСТЬЮ ЗЕРНА**

Voronova T.S., Mazur V.G., Piltsov M.V., Poudalov A.D.

**DETERMINATION OF THE QUANTITATIVE RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE
AIR HUMIDITY AND GRAIN MOISTURE**

Аннотация. Предложен способ измерения влажности зерна сорбционными гигрометрами, работающими на сорбционно-частотном или сорбционно-ёмкостном методе измерений. Проведены экспериментальные исследования, показывающие, что влажность зерна и влажность воздуха над поверхностью зерна взаимосвязаны при условии поддержания заданной температуры. Получена эмпирическая зависимость массовой доли влаги пшеницы от относительной влажности воздуха.

Ключевые слова: влажность, зерно, влагомер, гигрометр.

Abstract. A method is proposed for measuring grain moisture content with sorption hygrometers operating on the sorption-frequency or sorption-capacitance measurement method. Experimental studies have been carried out showing that grain moisture and air humidity above the surface of the grain are interrelated, provided that a given temperature is maintained. An empirical dependence of the mass fraction of moisture in wheat on relative air humidity was obtained.

Keywords: humidity, grain, moisture meter, hygrometer.

Содержание влаги во многих видах продукции является одним из важнейших показателей качества [1-3]. Большое значение это также имеет и при обработке и хранении большинства видов сельскохозяйственной продукции. В частности, для сохранения потребительских свойств, предъявляются высокие требования по влагосодержанию зерна [4]. Влага оказывает влияние не только на качественное состояние самого

зерна, но и на жизнедеятельность микроорганизмов, находящихся на его поверхности.

При превышении влажности зерна выше нормированных значений усиливаются физико-химические процессы, активируется ферментация, происходит быстрое размножение микроорганизмов и грибков. Если при хранении зерна влажность превышает установленные нормы, то это приводит к потере пищевых качеств продукта, а также к сниже-

нию сыпучести, что затрудняет его дробление. Контроль влажности зерна уделяется большое внимание на всех этапах его обработки, начиная с уборочной кампании и до переработки. В период уборочной кампании влажность зерна может достигать 30 %, в то время как для хранения и переработки она должна быть существенно ниже. Так, в соответствии с нормативной документацией, влажность пшеницы не должна превышать 14 %. Контроль этого показателя является главным фактором при решении о необходимости сушки для повышения качества зерна.

Нормативная документация [5] устанавливает основной метод измерения влажности зерна при контрольных измерениях, приёме, отпуске, отгрузке и переработке продукции на основе применения воздушно-тепловой установки (диапазон измерения влажности от 5 % до 45 %, основная абсолютная погрешность $\pm 0,5$ %).

Для принятия оперативных решений, например, о необходимости направления партии зерна на сушку, допускается применение влагомеров. Так в [5] рекомендуются диэлектрические влагомеры с абсолютной погрешностью измерений $\pm 1,0$ % в диапазоне влажности зерна до 17 % и $\pm 1,5$ % в диапазоне влажности зерна свыше 17 %.

Зерно, как и семена всех культур, обладает высокими гигроскопическими свойствами. Сорбционные свойства зерна обусловлены его капиллярно-пористой структурой. При взаимодействии с атмосферным воздухом и газами межзерновых пространств происходит сорбция и десорбция влаги за счёт разницы давлений паров воды в воздухе и над поверхностью зерна. В результате устанавливается состояние динамического равновесия между влажностью зерна и воздухом в межзерновом пространстве уже на глубине до 10 см от поверхностного слоя насыпи зерна. Таким образом, равновесная влажность зерна связана с доступным для производственного использования показателем – относительной влажностью воздуха [6].

Поскольку зерно, как сорбент, обладает сложной структурой, в которой присутствуют и адсорбционные центры, и микро-, и макропоры, и капилляры, то зависимость равновесной влажности зерна от относительной влажности воздуха не может быть линейной. Определение такой зависимости является важным для разработки влагомеров

зерна сорбционного типа.

Ниже приведены результаты эксперимента по определению такой зависимости для пшеницы.

В эксперименте использовались несколько эксикаторов, в нижней части которых под фарфоровой вставкой находились либо пятиокись фосфора (использовалась в качестве осушителя), либо насыщенные растворы солей. Последние применялись для создания необходимой для экспериментов относительной влажности воздуха (φ , %) над соответствующим раствором.

Метод насыщенных растворов солей основан на свойстве таких растворов поддерживать постоянную относительную влажность над своей поверхностью при определённой температуре [7]. При исследованиях в лабораторном помещении температура воздуха поддерживалась на уровне 24 °С. Использовались следующие насыщенные растворы солей:

- хлорид лития ($\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$) – $\varphi = 12$ %;
- хлорид магния ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – $\varphi = 33$ %;
- карбонат калия ($\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – $\varphi = 44$ %;
- бихромат натрия ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – $\varphi = 55$ %;
- хлорид натрия (NaCl) – $\varphi = 75$ %;
- хлорид калия (KCl) – $\varphi = 85$ %;
- сульфат калия (K_2SO_4) – $\varphi = 97$ %.

Для создания насыщенных растворов были выбраны указанные соли из-за того, что они позволяют создавать требуемую влажность, равномерно охватывающую диапазон от 0 до 100 %.

Для зерна использовались бюксы с крышками, которые предварительно осушались в сушильном шкафу и далее содержались в эксикаторе с пятиокисью фосфора. Сухие чистые бюксы с крышками взвешивались на лабораторных весах АДВ-200 (кл. 2). Размельчённое зерно в бюксах (навески, ориентировочно, 5 г) помещались в эксикаторы, при этом крышки бюкса снимались для обеспечения доступа влажного воздуха к зерну, а сами крышки помещались рядом в эксикаторе.

Пробы измельчённого зерна выдерживались в эксикаторе с требуемым уровнем влажности воздуха в течение двух суток, так как предварительными испытаниями было установлено, что этого времени заведомо хватает для получения равновесной влажно-

сти измельчённого зерна. В каждый эксикатор были помещены по три бюксы с зерном.

Определение влажности зерна производилось по методике, изложенной в [5]. Влажность пробы зерна, W , %, вычислялась по следующей формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m_n} \cdot 100 \%,$$

где m – масса пробы с бюксой до высушивания, г;

m_1 – масса пробы с бюксой после высушивания, г;

г;

m_n – масса пробы до высушивания, г.

За окончательные результаты определения влажности зерна принималось среднее арифметическое результатов трёх параллельных вычислений. Расхождения между ними не превышали $\pm 0,1 \%$.

На рисунке 1 показана эмпирическая зависимость массовой доли влаги пшеницы W от относительной влажности воздуха φ , полученная в результате проведённых экспериментов.

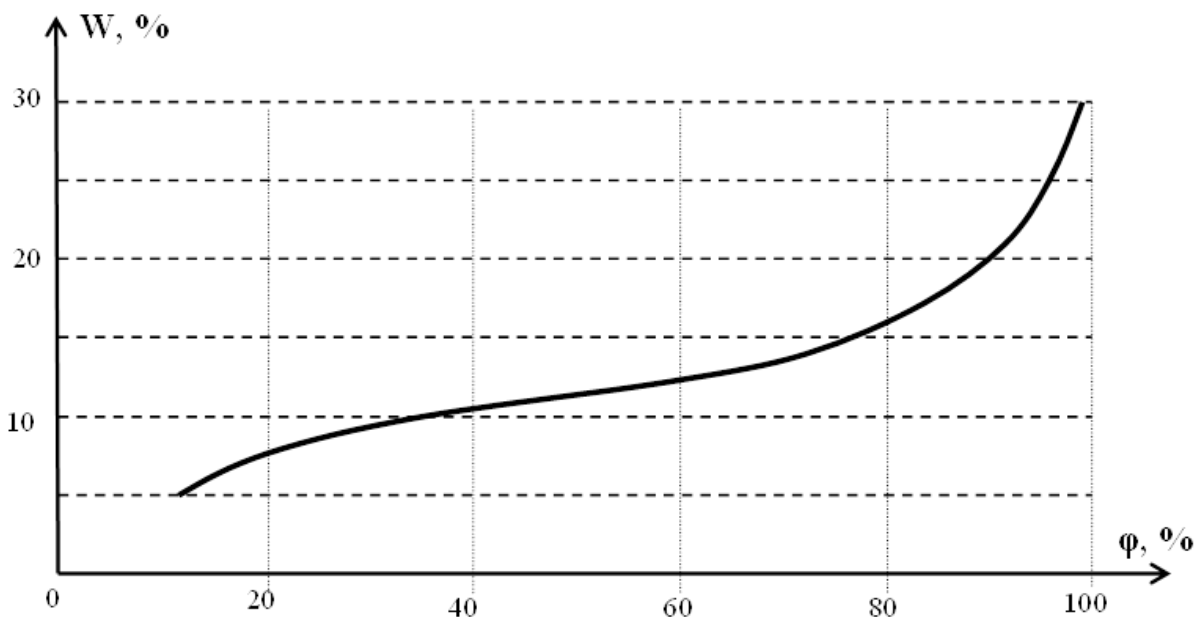


Рисунок 1 – Эмпирическая зависимость влажности пшеницы от относительной влажности воздуха

Приведённую на рисунке 1 зависимость можно использовать для разработки влагомеров зерна, используя уже созданные гигрометры сорбционного типа, например сорбционно-ёмкостные или сорбционно-частотные гигрометры относительной влаж-

ности воздуха [8-9]. Указанные сорбционные гигрометры имеют хорошие динамические характеристики, позволяют производить быструю калибровку и могут применяться в автоматизированных системах контроля влагосодержания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинер, М. А. Измерения влажности. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
2. Воронова, Т.С., Липнин, Ю.А., Мазур, В.Г., Пудалов, А.Д. Исследование чувствительности широкодиапазонных пьезо-сорбционных влагочувствительных элементов для неразрушающего контроля органических растворителей // Измерительная техника. – 2017. – № 3. С. 65–68.

3. Липнин, Ю.А., Мазур, В.Г., Пудалов, А.Д. Исследование динамических свойств широкодиапазонных пьезо-сорбционных датчиков влажности органических жидкостей // Измерительная техника. – 2014. – № 7. С. 65–68.
4. ГОСТ 9353-2016 Пшеница. Технические условия. Дата введения 01.07.2018. М. : Стандартинформ.– 2019 – 12 с.

5. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. Дата введения 01.10.2016. - М.: Стандартиформ.- 2019 – 12 с

6. Гигроскопические свойства зерна: влияние на технологию хранения // Grainboard.ru – весь рынок зерна, муки, крупы в России. Обзоры отрасли. URL: <https://grainboard.ru/news> (Дата обращения 01.11 2024).

7. Мазур, В.Г., Пудалов, А.Д., Тур, А.А. Приготовление образцов органических жидкостей заданной влажности // Вестник Ангарской государственной технической

академии. – 2014. – № 8. – С. 24–28.

8. Иващенко, В.Е., Мазур, В.Г., Пудалов, А.Д., Томилин, М.А. Измерение влажности газов и жидкостей в широких диапазонах концентраций // Сборник научных трудов АГТА – Ангарск : АГТА, 2011. – С. 16–20.

9. Иващенко, В.Е., Мазур, В.Г., Пудалов Исследование широкодиапазонных пьезокварцевых влажочувствительных элементов // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321, № 4. – С. 160–165.

УДК 681.5

Ильина Ирина Львовна,

*к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»*

Ilyina_agta@mail.ru

Гришкина Татьяна Евгеньевна,

*магистрант кафедры «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»*

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АРХИТЕКТУРЫ И ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Ilyina I.L., Grishkina T.E.

JUSTIFICATION OF SELECTION OF ARCHITECTURE AND EQUIPMENT OF EMERGENCY PROTECTION SYSTEMS

Аннотация. Рассмотрены вопросы обоснования применения систем противоаварийной защиты (СПАЗ), выбора архитектуры и оборудования СПАЗ, выполнен расчет для подтверждения надежности контура СПАЗ.

Ключевые слова: система противоаварийной защиты, архитектура СПАЗ, уровень полноты безопасности.

Abstract. The issues of justification of application of emergency protection systems, selection of architecture and equipment of emergency protection systems are considered, calculation to confirm the reliability of the circuit of emergency protection systems is performed.

Keywords: emergency protection system, architecture of emergency protection systems, safety integrity level.

При проектировании опасных производственных объектов одной из основных задач является обеспечение их безопасности.

В системе промышленной безопасности обычно реализуется несколько уровней предотвращения аварийных ситуаций (защиты) и несколько уровней минимизации их последствий.

Метод снижения риска наступления опасных событий с использованием независимых слоев защиты является основным для опасных производственных объектов.

Одним из основных слоев защиты является система противоаварийной защиты (СПАЗ). Процедура определения функций СПАЗ, проведения расчета надежности контуров СПАЗ и определения уровня полноты безопасности (SIL – Safety Integrity Level) проводится на основе оценки рисков и анализа опасностей технологического процесса. Показателем опасности технологического процесса является категория его взрывоопасности. В проектной документации производится оценка энергетического уровня каждого технологического блока, в котором обра-