

Изд-во стандартов, 2020. – 32 с. – Текст: непосредственный.

6. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – Москва: Колос, 1973. – 199 с. – Текст: непосредственный.

7. Сороченко, С. Ф. Определение функциональных зависимостей выходных параметров движения рабочих органов машины для приствольной обработки почвы в плодopитомниках и садах / С. Ф. Сороченко, Н. И. Раззамазов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4. – С. 109-116.

### References

1. Tekhnologiya i sredstva mekhanizatsii dlia plodopitomnikov gornoj i predgornoj zon Severnogo Kavkaza / S. M. Dzhibilov, L. R. Gulueva, S. G. Bestaev, Z. S. Badtieva // Izvestiia Gorskogo GAU. – 2014. – T. 51, No. 2. – S. 146-152. – ISSN 2070-1047.

2. Weeder Eco II // UNIVERCO: [website] / Univerco. – 2019. – URL: <https://univerco.com/en/product/weeder-eco-ii/> (data obrashcheniia 25.09.2023).

3. Mashina dlia pristvolnoi obrabotki pochvy MPP-2 // Vash traktor: [sait] / torgovo-proizvodstvennaia kompaniia “Vash traktor”. – Barnaul, 2011. – URL: <https://vashtraktor.rf/mashina-dlya-pristvolnoj-obrabotki-pochvyi-mpp-2> (data obrashcheniia 25.09.2023).

4. Chuklin, N.M. Proektirovanie rotnogo shcheleobrazovatel'ia dlia posadki sazhentsev / N.M. Chuklin, V.A. Ugarov, O.A. Kharchenko, S.F. Sorochenko / Polzunovskii almanakh. – 2018. – No. 3. – S.64–67.

5. GOST R 54778-2011. Mashiny dlia uborki plodov i iagod. Metody ispytaniia – Moskva: Izd-vo standartov, 2020. – 32 s.

6. Vedeniapin, G. V. Obshchaia metodika eksperimental'nogo issledovaniia i obrabotki opytnykh dannykh / G. V. Vedeniapin. – Moskva: Kolos, 1973. – 199 s.

7. Sorochenko, S.F. Opredelenie funktsionalnykh zavisimostei vykhodnykh parametrov dvizheniia rabochikh organov mashiny dlia pristvolnoi obrabotki pochvy v plodopitomnikakh i sadakh // S.F. Sorochenko, N.I. Razzamazov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021– No. 4 (198). – S. 109-116.



УДК 631.55

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-231-1-102-106

С.А. Белокурeнко

S.A. Belokurenko

## ВЛАГООБМЕН В СВЕЖЕУБРАННОЙ ЗЕРНОВОЙ МАССЕ

## MOISTURE EXCHANGE IN FRESHLY HARVESTED GRAIN MASS

**Ключевые слова:** влажность зерна и зерновой массы, явления сорбции и десорбции, влагообмен, способы уборки.

Применение новых технологий, а также развитие научно-технического прогресса требует новых представлений о процессах сорбции и десорбции. Для получения качественной продукции при уборке зерновых культур необходимо иметь более полное представление о процессах, происходящих в свежeубранной зерновой массе и в дальнейшем влияющих на обработку и хранение зерна. Для этого необходимы знания изменения влажности зернового материала и передачи влаги от сорных примесей в конкретный момент времени суток при уборке зерновых культур. Особенно этот момент важен при уборке зерна на семена. При уборке зерновая масса, поступающая на дальнейшую обработку, неоднородна по составу и влаж-

ности. В зависимости от многих факторов влажность отдельных зерен колеблется в очень широких пределах. На увеличение влажности свежeубранного зерна большое влияние оказывает количество сорной примеси. При отсутствии осадков они достигают максимума или минимума к началу второй половины дня. Исследования проводились в нескольких фермерских хозяйствах Алтайского края в течение ряда лет. Проведен литературный анализ передачи влаги от сорняков зерну пшеницы в свежeубранной зерновой массе, а также анализ и наблюдения изменения равновесной влажности зерна и семян в уборочный период в разное время суток. На основании математической обработки полученных данных получены эмпирические зависимости влажности зерновой массы и основного зерна при различных способах уборки от содержания примесей и исходной влажности зерновой массы. Полученные данные – важный шаг, способствующий

проведению качественной послеуборочной обработки и получению качественного зерна.

**Keywords:** *moisture content of grain and grain mass, sorption and desorption phenomena, moisture exchange, harvesting techniques.*

The use of new technologies and the development of scientific and technological progress require new ideas about the processes of sorption and desorption. In order to obtain high-quality products when harvesting grain crops, it is necessary to have more complete understanding of the processes occurring in the freshly harvested grain mass and further affecting grain processing and storage. This requires knowledge of changes in the moisture content of grain material and the transfer of moisture from weed impurities at a specific time of day when harvesting grain crops. This issue is particularly important when harvesting grain for seeds. At harvesting, the grain mass entering for further processing is heterogeneous in composition and moisture content. Depending on many fac-

tors, the moisture content of individual grains varies very widely. Increased moisture content of freshly harvested grain is greatly influenced by the amount of weed impurity. In the absence of precipitation, it reaches the maximum or minimum by the afternoon. The research was carried out on several farms of the Altai Region for a number of years. Literature data analysis on the transfer of moisture from weeds to wheat grain in freshly harvested grain mass was carried out. The analysis and observations of changes in the equilibrium moisture content of grain and seeds during the harvesting period at different times of the day were also carried out. Based on mathematical processing of the data obtained, empirical dependences of the moisture content of the grain mass and the main grain at various harvesting techniques on the content of impurities and the initial moisture content of the grain mass were obtained. The obtained data is an important step contributing to the high-quality post-harvest handling and obtaining high-quality grain.

**Белокуренко Сергей Анатольевич**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, e-mail: belokurenkos@mail.ru.

**Belokurenko Sergey Anatolevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: belokurenkos@mail.ru.

### Введение

Возрастание энергетического, материально-экономического, информационного потенциала производственных комплексов и систем, применение новых энерго-, материало- и наукоемких технологий, а также другие объективные причины, связанные с научно-техническим прогрессом, требуют новых, более полных представлений о процессах, происходящих в свежееубранной зерновой массе и влияющих в дальнейшем на обработку и повышение качества продукции.

Для проведения эффективной послеуборочной обработки зерновой массы, а также ее своевременности необходимо располагать достоверными данными в определенный момент времени фактической влажностью в материале. Отсюда становится понятной необходимость знания изменения влажности зерна и передачи влаги от сорных растений зерну в конкретный период уборочного процесса. Поэтому при учете изменения влажности зерна в различное время суток появляется возможность начинать уборку зерна в наиболее благоприятное время. Особенно это важно для семенных участков.

**Цель** – оценить изменение влажности зернового материала в зависимости от времени в течение суток.

**Задачи исследований** – определить изменение влажности зерна в зависимости от содержания сорной растительности и времени проведения уборки.

### Результаты исследования и их обсуждение

Зерновая масса, поступающая от комбайнов на послеуборочную обработку, представляет собой неоднородную по составу и влажности смесь. Влажность отдельных зерен в зависимости от сроков и способов уборки, метеорологических условий, рельефа убираемых полей и многих других факторов изменяется в широких пределах (от 10 до 50%).

Известно, что содержание в зерновой массе сорняков оказывает существенное влияние на увеличение влажности свежееубранного зерна. Зерно, как правило, всегда более влажное в бункере зерноуборочного комбайна, чем на корню. При хранении влажность зерна, взятого из насыпи на току, по сравнению с влажностью зерна из колосьев еще больше увеличивается. Разность обусловлена неоднородной влажностью компонентов зерновой массы. Этот факт отмечается в работах отечественных и зарубежных исследователей [1].

Процессы сорбции и десорбции протекают в зерновой массе в связи с различной исходной влажностью и заметны в свежееубранной зерновой массе, где зерна основной культуры и семена сорных растений по многочисленным данным показывают быстрое перераспределение влаги между основным зерном и зерновой массой пшеницы (табл. 1) [2, 3]. Они свидетельствуют также о необходимости немедленной очистки.

Таблица 1

Передача влаги от сорняков зерну пшеницы в свежесобранной зерновой массе (по Л.А. Трисвятскому)

Время наблюдения	Влажность компонентов, %	
	основного зерна	семян сорных растений
Сразу после уборки комбайном	15,2	58,2
На току: (через 12 ч);	15,7	50,8
(через 24 ч);	16,1	41,3
(через 48 ч);	16,9	28,0
(через 72 ч)	17,8	23,1

Таблица 2

Влажность зерна пшеницы, убираемого в различное время суток (данные ВНИИЗ)

Дата и время уборки	Количество зерна с влажностью, %				
	до 14	14-15,5	15,5-17	17-19	более 19
6 июля: 6-7 ч;	47	31	11	7	4
9-10 ч;	76	17	5	2	-
12-13 ч;	99	1	-	-	-
21-22 ч	93	4	-	3	-
7 июля 8-9 ч	63	13	2	-	2

Явления сорбции и десорбции влаги и изменения равновесной влажности зерна и семян хорошо наблюдаются в отдельных зернах в колосе в уборочный период и сильно варьируют по часам суток, достигая максимума и минимума к полудню и началу второй половины дня (конечно, если нет осадков) (табл. 2) [4, 5].

Учитывая изменение влажности зерна по часам суток (если позволяют организационные возможности и силы), целесообразно начинать уборку семенных участков в наиболее благоприятные часы, когда не требуется специально досушивания.

При исследовании неоднородность зерновой массы по влажности оценивалась разностью между влажностями зерновой массы и основного зерна, так как определение влажности примесей затруднительно в связи с тем, что для получения требуемого количества примесей необходимо разбирать большие навески, а в процессе длительных разборок наблюдается потеря некоторого количества влаги. Если известны влажности основного зерна и зерновой массы, а также содержание примесей, то определение влажности примесей не вызывает затруднений:

$$W_s = W_m + d \cdot (100/S - 1), \quad (1)$$

где  $W_m$  – влажность зерновой массы, %;

$S$  – содержание примесей, %;

$d$  – разность между влажностями зерновой массы и основного зерна.

На основе исследований величину разности между влажностями зерновой массы и основного зерна можно выразить в зависимости от способов уборки, содержания примесей и исходной влажности зерновой массы следующими эмпирическими формулами.

При прямом комбайнировании (рис. 1):

$$d_p = (0,056 + 0,008 \cdot W_m) \cdot S. \quad (2)$$

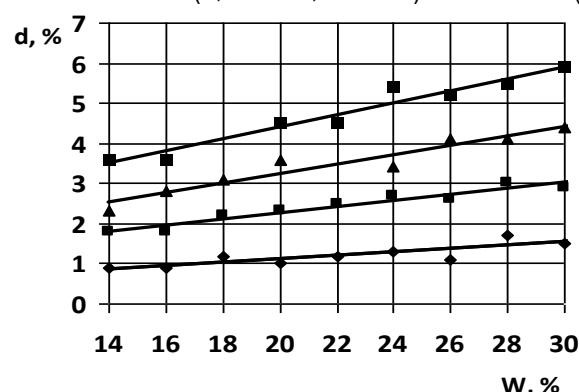
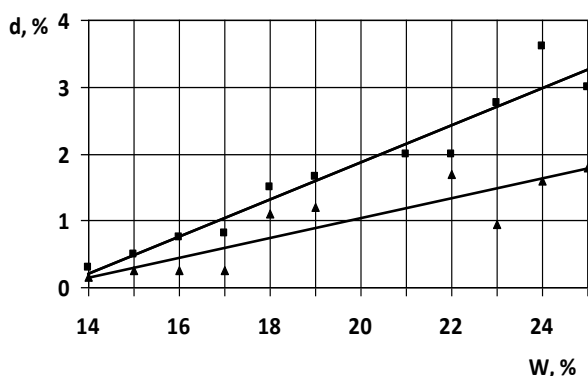


Рис. 1. Изменение разности  $d$  при прямом комбайнировании

Для отдельного способа уборки (рис. 2):

$$d_p = (0,029 \cdot W_m - 0,378) \cdot S. \quad (3)$$

Вышеприведенные зависимости были получены в результате математической обработки по методу наименьших квадратов [6] лабораторных анализов только что поступившей на послеуборочную обработку зерновой массы. Число опытов при прямом комбайнировании равнялось 103 и при отдельном – 75.



**Рис. 2.** Изменение разности  $d$  при раздельном способе уборки

Но отмеченная разность во влажности зерна и примесей не остается постоянной, постепенно влага перемещается от более влажных примесей к зерну. Механизм перемещения влаги в зерновой массе обусловлен свойством зерна к влагообмену. Интенсивность массообмена и конечная влажность смеси зависят от исходной характеристики массы, параметров окружающей среды и времени, в течение которого происходит массообмен.

Независимо от применяемых методик исследований отмечается, что наиболее интенсивное перемещение влаги происходит в начальный период после смешивания сухого и влажного зерна.

Механизм перемещения влаги от примесей к основному зерну впервые был изучен в 1954 г. С.И. Акивис [7]. Она указывала, что измельчение рабочими органами комбайна очень влажных частей сорных растений и зеленых стеблей самой культуры способствует быстрому переходу влаги к основному зерну, но она в своих работах не рассматривает скорость изменения влажности.

Для определения скорости изменения влажности зерна в процессе хранения зерновой массы в необработанном виде необходимой для расчета производительности машин предварительной очистки и приемной емкости, в производственных условиях проводились наблюдения за свежееубранной зерновой массой.

В зависимости от исходной влажности зерновой массы при временном ее хранении в необработанном виде влажность основного зерна в течение первого часа хранения увеличивается на величину:

$$W_x = 0,125 * W_m - 1,8. \quad (4)$$

### Заключение

1. В результате исследований процессов, происходящих в свежееубранной зерновой массе, выявлено изменение влажности зерна в течение суток.

2. Получены эмпирические формулы разности между влажностями зерновой массы и основного зерна в зависимости от количества примесей и исходной влажности зерновой массы и способа уборки.

### Библиографический список

1. Соседов, Н. И. Влажность отдельных зерен пшеницы в период его уборки / Н. И. Соседов, В. А. Швецова, З. Б. Дроздова. – Текст: непосредственный // Труды ВНИИЗ. – 1954. – № 27. – С. 5-29.
2. Корма и биологически активные вещества / Н. А. Попков, В. И. Фисинин, И. А. Егоров [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2005. – 888 с. – Текст: непосредственный.
3. Птицин, С. Д. Межзерновой влагообмен / С. Д. Птицин, Н. И. Филинков. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1963. – № 6. – С. 52-54.
4. Шаршунов, В. А. Физиологические, микробиологические и химические процессы в зерне при хранении / В. А. Шаршунов. – Минск: Беларуская навука, 2002 – 440 с. – Текст: непосредственный.
5. Ульрих, Н. Изменение влажности хлебов на корню в течение суток и уборка комбайном / Н. Ульрих. – Текст: непосредственный // Селекция и семеноводство. – 1956. – № 3. – С. 25-28.
6. Длин, А. М. Математическая статистика в технике / А. М. Длин. – Москва: Советская наука, 1958. – 465 с. – Текст: непосредственный.
7. Акивис, С. И. Особенности сорных примесей свежееубранного зерна / С. И. Акивис. – Текст: непосредственный // Сообщения и рефераты ВНИИЗ. – 1955. – Вып. 2. – С. 1823.

### References

1. Sosedov N.I. Vlazhnost otdelnykh zeren pshenitsy v period ego uborki / N.I. Sosedov, V.A. Shvetsova, Z.B. Drozdova // Trudy VNIIZ. – 1954. – No. 27. – S. 5-29.
2. Popkov N.A., Fisinin V.I., Egorov I.A. i dr. Korma i biologicheski aktivnyye veshchestva. – Minsk: Belaruskaja navuka, 2005 – 888 s.

3. Ptitsin S.D. Mezhozernovoi vlagobmen / S.D. Ptitsin, N.I. Filinkov // Mekhanizatsiia i elektrifikatsiia sotsialisticheskogo selskogo khoziaistva. – 1963. – No. 6. – S. 52-53.

4. Sharshunov V.A. Fiziologicheskie, mikrobiologicheskie i khimicheskie protsessy v zerne pri khraneni. – Minsk: Belaruskaia navuka, 2002. – 440 s.

5. Ulrikh N. Izmenenie vlazhnosti khlebov na korni v techenie sutok i uborka kombainom /

N. Ulrikh // Seleksiia i semenovodstvo. – 1956. – No. 3. – S. 25-28.

6. Dlin A.M. Matematicheskaiia statistika v tekhnike. – Moskva: Sovetskaia nauka, 1958. – 465 s.

7. Akivis S.I. Osobennosti sornykh primesei svezheubrannogo zerna // Soobshcheniia i referaty VNIIZ. – 1955. – Vyp. 2. – S. 1823.



УДК 621.3.011.7

А.Ю. Кузнецов, И.Ю. Александров, М.В. Кокшарова

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-231-1-106-111

A.Yu. Kuznetsov, I.Yu. Aleksandrov, M.V. Koksharova

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

### IDENTIFICATION OF INTERNAL PARAMETERS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, частотно-регулируемый электропривод переменного тока с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

Важной практической задачей, решение которой необходимо при эксплуатации частотно-регулируемых асинхронных электроприводов с векторным управлением в установках, применяемых в промышленности и сельском хозяйстве, является постоянная идентификация мгновенного значения обобщенного вектора потокосцепления ротора, его модуля, фазового угла, гармонических функций или проекций этого вектора на неподвижные, относительно статора машины, координатные ортогональные оси. Значения параметров асинхронного электропривода используются для определения энергетических режимов работы и расчета механических и электромеханических характеристик электропривода, в том числе по эквивалентным схемам. Современный подход к регулированию асинхронного электропривода через решение задачи косвенной идентификации внутренних параметров асинхронной машины в основном заключается в осуществлении данной идентификации без установки на валу машины вращающихся механических датчиков положения и скорости вращения ротора. Такой подход упрощает технологическое изготовление асинхронной машины и не требует её выполнения с двумя выходными концами вала. Проведен анализ используемых методов идентификации параметров режима работы частотно-регулируемого асинхронного электропривода переменного тока, применяемого в промышленных установках и сельскохозяйственном оборудовании. Разработаны универсальные алгоритмы идентификации проекции обобщенного вектора потокосцепления ротора, скорости и других параметров режима частотно-регулируемой машины при питании от преобразователей частоты с широтно-импульсной модуляцией. Точность регулирования разработанных алгоритмов для частотно-регулируемого асинхронного электропривода определяется точностью измерений статорных напряже-

ний и токов асинхронного двигателя и является особенно высокой при использовании двигателя на механических характеристиках до критического скольжения в диапазоне хорошо описываемых уточнённой формулой Клосса. Разработанные и предложенные алгоритмы идентификации внутренних параметров асинхронного электродвигателя обладают рядом важных особенностей, в том числе позволяющими определять с их помощью необходимых параметров энергетических режимов частотно-регулируемого электропривода переменного тока.

**Keywords:** asynchronous electric motor, variable frequency AC electric drive with pulse width modulation.

An important practical problem which solution is necessary in the operation of variable frequency asynchronous electric drives with vector control in installations used in industry and agriculture is the constant identification of the instantaneous value of the generalized rotor flux-coupling vector, its modulus, phase angle, harmonic functions or projections of this vector on the orthogonal coordinate axes which are stationary relative to the machine stator. The values of these parameters of the asynchronous electric drive are used to determine the energy modes of operation and to calculate the mechanical and electromechanical characteristics of the electric drive, including equivalent schemes. The modern approach to asynchronous electric drive regulation through solving the problem of indirect identification of internal parameters of the induction machine mainly consists in realization of this identification without installation of rotating mechanical sensors of position and rotor speed on the machine shaft. This approach simplifies the technological manufacturing of the induction machine and does not require its execution with two output ends of the shaft. The paper analyzes the methods used to identify the operating mode parameters of frequency-controlled asynchronous AC electric drive used in industrial plants and agricultural equipment. Universal algorithms of identification of projection of generalized vector of rotor flux-