

ВЛАГОНАТУРОМЕР WILE 200: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

MOISTURE METER WILE 200: INVESTIGATION RESULTS

Секанов Ю.П.¹ – зам. ген. директора, доктор технических наук
Степанов М.А.² – зам. начальника центра технической экспертизы
Павлов Е.Л.³ – м.н.с. лаб. стандартизации, нормирования и метрологии

Sekanov Yu.P.¹,
Stepanov M.A.²,
Pavlov E.L.³

¹ Российский НИИ сельскохозяйственных приборов
(ОАО «РНИИ «Агроприбор»)
125040, Россия, Москва, Скаковая ул., 36
E-mail: u.sekanov@gmail.com

² ООО «Technoserv-Management»
Korovin'skaya str., 10, Moscow, Russia, 127486
E-mail: mastepanov@gmail.com

³ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр овощеводства»
143080, Россия, Московская обл.,
Одинцовский р-н, п. ВНИССОК, Селекционная, 14
E-mail: pavlov.l.v@vniissok.ru

¹ Russian research institute of agricultural instruments
Skakovay, 36, Moscow, Russia, 125040
E-mail: u.sekanov@gmail.com

² ООО «Technoserv-Management»
Korovin'skaya str., 10, Moscow, Russia, 127486
E-mail: mastepanov@gmail.com

³ FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
Selectionnaya str., 14, p. VNISSOK,
Odintsovo district, Moscow region, 143080, Russia
E-mail: pavlov.l.v@vniissok.ru

Конкурентная среда ориентирует сельских товаропроизводителей производить безопасную, высококачественную продукцию. Решение этой задачи невозможно без использования достоверной и оперативной производственной информации, получаемой с помощью современных средств измерений. В перечне параметров системы оперативного принятия управленческих решений при производстве зерна и семян определяющая роль принадлежит информации о их влажности. Достоверная и оперативная информация о влажности позволяет существенно снизить технические, технологические и социальные риски, влияющие на экономику сельскохозяйственных предприятий. В настоящее время рынок необходимого комплекса зерновых влагомеров занят в основном зарубежными разработками. Наиболее востребованные полевые электрические влагомеры отечественными приборостроительными фирмами не производятся. Иностранные приборы проградуированы на сортах культур, выращенных в совершенно иных климатических и почвенных условиях. Имеются различия в образцовых средствах и методах подготовки зерна, которые используют производители при градуировке приборов. С тем чтобы избежать рисков при применении импортных приборов необходимо оценка их адаптированности к отечественным культурам и условиям применения. В статье приведены результаты исследования новой модели из линейки емкостных влагомеров, производимых хорошо известной в стране финской фирмой Fatmocom. Определяющими в концепции модели прибора являются минимизация случайных погрешностей, вызванных действиями пользователя, и автоматическая компенсация влияния объемной плотности (натуры) зерновой массы. Сложность технологий измерений и ограниченный диапазон влажности снижают возможность использования прибора в производственных условиях. Применяемые в приборе способы компенсации факторов, влияющих на его показания, не в полной мере обеспечивают ожидаемые от их использования результаты. Необходима калибровка прибора на отечественных культурах и сортах в диапазонах изменения их основных свойств (влажности, объемной плотности), характерных для российских условий.

Ключевые слова: зерно, качество, натура, погрешность, прибор, калибровка.

Для цитирования: Секанов Ю.П., Степанов М.А., Павлов Е.Л. ВЛАГОНАТУРОМЕР WILE 200: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Овощи России. 2018; (4): 94-97. DOI:10.18619/2072-9146-2018-4-94-97

The competitive environment orients rural producers to produce safe, high-quality products. The solution of this problem is impossible without the use of reliable and timely production information obtained by modern means of measurement. In the list of parameters of the system of operational decision-making in the production of grain and seeds, the determining role belongs to information about their moisture content. Reliable and timely information on humidity can significantly reduce the technical, technological and social risks affecting the economy of agricultural enterprises. Currently, the market of the necessary complex of grain moisture meters is occupied mainly by foreign developments. The most popular field electric moisture meters are not produced by domestic instrument-making companies. Foreign devices are graded on varieties of crops grown in completely different climatic and soil conditions. There are differences in the standard means and methods of grain preparation, which are used by manufacturers in the calibration of devices. In order to avoid risks when using imported devices, it is necessary to assess their adaptability to domestic crops and conditions of use. The article presents the results of a study of a new model from the line of capacitive moisture meters produced by the well-known Finnish company Fatmocom. The defining concept of the device model is the minimization of random errors caused by the user's actions, and automatic compensation of the influence of the volume density (nature) of the grain mass. The complexity of measurement technologies and the limited humidity range reduce the possibility of using the device in production conditions. The methods used in the device to compensate for factors affecting its readings do not fully provide the results expected from their use. Calibration of the device on domestic crops and varieties in the ranges of change of their basic properties (humidity, volume density), characteristic for the Russian conditions is necessary.

Keywords: grain, quality, nature, error, instrument, calibration.

For citation: Sekanov Yu.P., Stepanov M.A., Pavlov E.L. MOISTURE METER WILE 200: INVESTIGATION RESULTS. Vegetable crops of Russia. 2018;(4):94-97. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-4-94-97

В России более 200 тыс. сельскохозяйственных предприятий. Каждое из предприятий, независимо от форм собственности, стремится произвести конкурентную продукцию. Улучшение качества технологических процессов и, как следствие, качества и безопасности продукции, снижение ее себестоимости являются важнейшими составляющими успешного развития сельскохозяйственных предприятий в конкурентной среде.

В последние 20 лет в отечественном сельском хозяйстве получили применение зарубежные технологии, сельскохозяйственная техника, лабораторное оборудование, измерительные системы и приборы. Это способствовало повышению эффективности работы и наглядному представлению о направлениях нашего отставания в научно-техническом прогрессе отрасли. Одно из этих направлений – отставание в уровне управления технологическими процессами, определяемого оснащением технологий и техники приборами, измерительными системами, средствами автоматизации.

Достижения последних лет в сельском хозяйстве создали условия для становления России как крупного несырьевого экспортера. Так экспортный потенциал зерна в сезоне 2017/2018 годов составляет свыше 40 млн т [1]. Повышение качества производимой продукции является важным фактором ее продвижения на международном и внутреннем рынках. На сегодня положение в области качества зерна не такое, чтобы соответствовать запросам клиентов, которые становятся требовательнее в своих предпочтениях [2]. На конференции «Предварительные итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачах на 2018 год» (5.10.2017 г., ВДНХ) вновь обращалось внимание на необходимость усиления внимания к проблеме качества зерна.

Производство зерна сложный и длительный процесс. При всем многообразии факторов, влияющих на его эффективность, доминирующую роль в формировании качества и безопасности зерна, оптимизации технологических процессов на этапах уборки, обработки и хранения играет информация о влажности (W). Достоверные измерения влажности являются непременным условием объективных расчетов при торговле. От содержания влаги зависят физико-химические процессы, пробуждающие как зерно, так и микроорганизмы в его массе, продукты жизнедеятельности которых (микотоксины) являются опасными для здоровья животных и человека. Растущие требования к качеству продукции, интенсификация процессов ее производства

предъявляют высокие требования к быстродействию и достоверности получаемой измерительной информации. Этим определяется большое внимание к разработке средств неразрушающего контроля параметров качества продукции на всех этапах производственного процесса.

Комплекс влагомеров для зерна включает полевые (технологические), лабораторные, поточные автоматические и образцовые средства измерений [3]. Отсутствие в настоящее время конкуренции со стороны отечественных разработок влагомеров, которые три десятилетия назад составляли весь требуемый типаж приборов с полным комплексом нормативно-технической и методической документации, открыло российский рынок для разработок зарубежных производителей. В настоящее время рынок наиболее востребованных полевых влагомеров представлен более чем на 90% иностранными приборами.

В данной работе приведены результаты исследований новой модели (прибора Wile 200) в линейке зерновых влагомеров, производимых финской фирмой Farmcom и достаточно хорошо известных отечественным сельхозпроизводителям (Wile 35,55,65,78). Оценки их метрологических и эксплуатационных характеристик приведены в работах [4,5,6]. Принципиальное отличие Wile 200 от предыдущих разработок состоит в способе нормализации образца зерновой массы в измерительной ячейке датчика и его оснаще-

нии встроенным весоизмерительным устройством. Это расширило функциональные возможности прибора, т.к. стало возможным получать оценки объемной плотности (натуры) зерна и автоматизировать компенсацию ее влияния на результаты измерений влажности. С подобными техническими решениями производят влагомеры фирмы Kett (Япония), Dickey-john (США), Draminski (Польша) и др. Общий вид прибора Wile 200 показан на рис. 1.

Главной задачей технического решения датчика прибора Wile 200 является минимизация случайных погрешностей измерений, вызванных действием оператора (пользователя). В этой связи заполнение измерительной ячейки выполняется самоуплотнением зерна при сбросе из предварительной емкости-хopperа (1) открытием задвижки.

Использование задвижки, открываемой оператором, не исключает, как показали результаты испытаний, его влияния на укладку материала и результаты измерений. Для выравнивания объема зерновой массы, собираемой из хopperа, используется щетка, перемещаемая оператором над измерительной ячейкой с помощью специальной скобы (2). Прибор Wile 200 емкостной с объемом измерительной ячейки (330 см³), обеспечивающим вместимость репрезентативной пробы зерна. Рассмотрение технических и метрологических характеристик прибора по прилагаемой инструкции по эксплуатации показывает, что прибор нельзя отнести к полевым из-за ограниченного диапазона измерений (для зерновых до 25%, масличных до 20%) и сложности технологии измерений.

Исследования проведены с использованием чистого зерна и семян кондиционной влажности в полном соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора. В качестве образцовых средств измерений влажности использовали инфракрасный термобарометрический влагомер МА-30 (ГОСТ Р.8.633-2007) и сушильный шкаф СЭШ-3М (ГОСТ 13586.5-93). Измерения натуры выполняли с использованием пурки ПХ-1.

С тем, чтобы оценить эффективность технического решения датчика провели по десять измерений каждой пробы зерна основных культур кондиционной влажности и увлажненного в лабораторных условиях. Статистические оценки ($\bar{b}$, % и $\bar{u}$, %) погрешностей (Δ , %) и натуры (N, г/л), полученные в результате обработки данных эксперимента приведены в таблице 1.

Следует отметить, что грубых отклонений в результатах измерений W и N

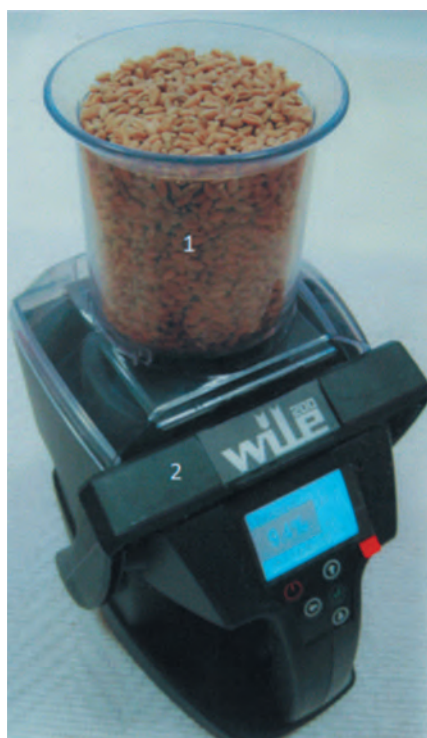


Рис. 1. Влагомер Wile 200: 1 – хopper, 2 – скоба выравнивающего устройства.
Fig.1. Moisture meter Wile 200: 1 – hopper, 2 – clamp.

Таблица 1. Статистические оценки результатов измерения влажности и натуры зерновых культур влагонатуромером Wile 200
Table 1. Statistical assessment of moisture measurement results of grain crops of Wile200 moisture meter

Культура, сорт	Исходные параметры зерна		Статистические оценки измерений					
	W, %	N, г/л	W, %			N, г/л		
			Wmax – Wmin	ᄡ, %	ᄢ, %	N max – N min	ᄡ, %	ᄢ, %
Кондиционная влажность зерна								
Пшеница	12,5	770	0,30 0,30 0,40	0,097	0,77	7,0 7,0 12,0	2,45	0,31
Рожь	9,78	724		0,097	1,04		2,21	0,30
Ячмень	11,75	645		0,116	0,97		4,7	0,56
Увлажненные образцы зерна								
Рожь	30,08	639	0,50 0,60	0,179	0,64	11,0 12,0	3,38	0,54
Ячмень	24,58	627		0,200	0,94		3,65	0,59

не наблюдалось. Интервалы вариаций влажности ($W_{\max} - W_{\min}$) по результатам десяти измерений совпадают с оценками сходимости (R , %) измерений, определяемых из 2-х последовательных измерений одной и той же пробы зерна. Значение R для пшеницы и ржи кондиционной влажности находилось в диапазоне от 0,1% до 0,4%. Из таблицы следует, что вариации измерений натуры для сухого зерна пшеницы и ржи не отличаются. Вариации измерений натуры возрастают на увлажненном зерне и сухом ячмене.

Погрешность измерений натуры зависит от точности взвешивания пробы зерна и способа ее формирования в измерительной ячейке датчика. Соблюдая требования производителя к проведению измерений провели тести-

рование весов с использованием гирек из комплекта пурки. Нагрузку изменяли от 2,5 г до 202,5 г. С ростом нагрузки погрешность возрастала от 0,04 г до 0,24 г. Весовой механизм весьма чувствителен к вибрации, что сказывается на фиксировании результата измерений веса. Вариация в фиксировании веса составляла 0,1-0,6 г. Этим можно объяснить рекомендацию производителя проводить 6-ти кратные измерения пробы и за результат принимать среднее значение. Исследования с использованием семи образцов пшеницы Московская-39 естественной влажности (8,75-12,06%) с натурой в диапазоне 714-814 г/л показали, что между измерениями натуры прибором (N_n) и весом пробы зерна (m_n) в измерительной ячейке имеет место тесная связь,

которую характеризует корреляционное линейное уравнение

$$N_n = 0,0029 m_n + 0,0224 \quad (R^2 = 0,999) \quad (1)$$

Очевидно, что связь отмеченных параметров влияет на связь оценок натуры, измеряемой прибором с ее значениями, определяемыми по ГОСТ (N_r). График и его аппроксимирующее выражение, представленные на рис. 2, дают наглядное представление о связи этих параметров для пшеницы.

Однако тесная связь не исключает погрешности измерений натуры прибором (Δ_n). Причем, погрешности измерения натуры, как показали результаты исследований, имеют тенденцию к росту с уменьшением натуры зерна. Для пшеницы эта зависимость аппроксимирована следующим выражением

$$\Delta_n = -0,1517 N_n + 122,88 \quad (R^2 = 0,9584) \quad (2)$$

Рост погрешности объясняется влиянием выравнивающей (довольно жесткой) щетки, проявляющемся в уплотнении зерновой массы.

В процессе производства температура зерна может существенно отличаться от температуры условий градуировки. В Wile 200 влияние температуры зерна на результаты измерения влажности компенсируется автоматически. Оценку эффективности температурной компенсации провели с использованием зерна пшеницы двух уровней влажности 17,3% и 11,0%. Зерно засыпали в пластмассовую емкость, которую

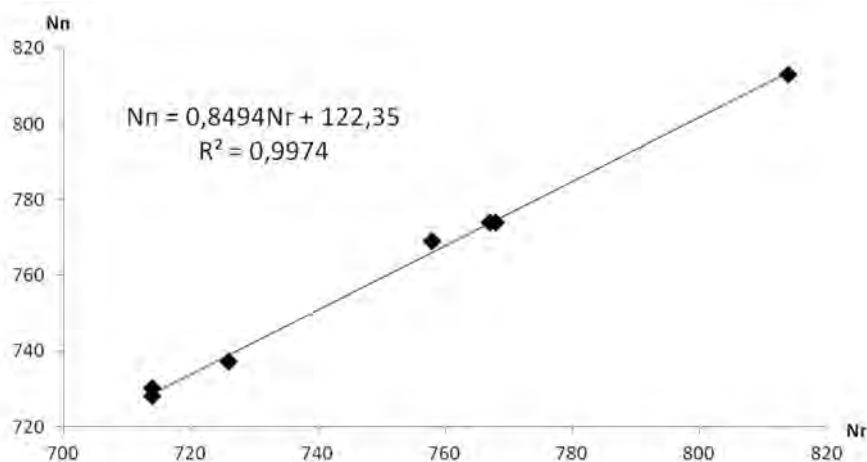


Рис.2. Связь оценок натуры прибором Wile 200 с ее определениями по стандарту.
Fig.1. Connection between Wile 200 measurements with standard method.

помещали в емкость большего размера. Пространство между емкостями заполнили ватой, что исключило изменения температуры при перемещении зерна из холодильника в лабораторное помещение для выполнения измерений. Температуру охлажденного зерна измеряли стеклянным ртутным термометром Teilung с ценой деления 0,1°C. Измерения каждой пробы зерна прибором выполнены в 3-х повторностях. Установлено, что измерения влажности прибором осуществляются при температурах, не соответствующих реальным температурам зерна. Так, при температуре зерна 13,6°C первое измерение влажности произведено при температуре (по прибору) 19,8°C, второе – 19,5°C и третье – 19,1°C. Откуда следует, что результаты измерения влажности не соответствуют реальной

температуре зерна, т.е. прибор отражает содержание влаги до достижения постоянной времени используемого в приборе чувствительного элемента.

Для России с ее территориальной масштабностью и разнообразием почвенно-климатических зон характерна широкая вариация свойств одних и тех же сортов зерна и семян. При оценке погрешностей Wile 200 использованы образцы зерна, различающиеся физико-химическими свойствами, выращенные в близких почвенно-климатических условиях. Результаты исследований приведены в таблице 2. Исследования выполнены с использованием зерна, прошедшего все этапы послеуборочной обработки и дополнительно очищенное в лаборатории. На практике приходится проводить измерения при наличии в зерновой массе примесей. Даже после первичной

очистки содержание зерновой и сорной примеси допускается до 3% и 1% соответственно.

Из приведенных в таблице данных следует, что погрешности измерений зависят от культуры, сорта и года выращивания зерна. На увлажненном зерне погрешности измерений в несколько раз превышают значения, приведенные в таблице для сухого зерна. Так, для ячменя с влажностью 24,58% погрешность измерения составила 2,21%. Адаптированность прибора к отечественным условиям, культурам и сортам может быть оценена по результатам испытаний с использованием характерных для России свойств зерна в практически необходимых диапазонах влажности. Это позволит избежать рисков пользователей при применении прибора в реальных условиях.

Таблица 2. Оценки погрешностей и сходимости измерений прибора Wile 200
Table 2. Wile 200 moisture meter measurement errors assessment

Культура	Место и год выращивания	Влажность, %	Погрешность, %	Сходимость измерений, %
Пшеница Московская 39	Московская область, 2014	12,06	0,14	0,1
	Калужская область, 2013	11,91	0,89	0,1
	Московская область, 2013	8,75	0,75	0,2
Пшеница Памяти Федина	Московская область, 2012	9,21	0,31	0,4
Ячмень	Липецкая область, 2014	11,75	0,32	0,2
	Московская область, 2013	10,1	0,39	0,1
Овес Улов	Калужская область	8,34	0,36	0,3
Просо	Калужская область	8,67	1,43	0,1
Рожь озимая	Московская область, 2013	10,37	0,87	0,1

● Литература

1. Экспортные заботы // Информационный бюллетень МСХ РФ. – 2017. – №10.
2. Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – №2.
3. Секанов Ю.П. Влагометрия сыпучих и волокнистых растительных материалов. М.: ВИМ. – 2001.
4. Пугачев П.М., Левина Н.С., Шалаева Л.А. Разработка универсального микропроцессорного регистратора технологических параметров при производстве семян рапса. //Сб. докладов «Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве». – М.: ФГУП «Известия» УДП РФ. – Ч.2. – 2008.
5. Секанов Ю.П. Влагометрия сельскохозяйственных материалов. – М.: Агропромиздат. 1985.
6. Секанов Ю.П., Степанов М.А. Результаты исследований электрических влагомеров с разрушением и сжатием зерна в измерительной ячейке //Труды Межд. научно-техн. конф. «Проблемы ресурса и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК». – Иваново: ФГБОУ ВПО «ИГХТУ». – 2014.

● References

1. Export concerns // Information Bulletin of the Ministry of agriculture. 2017. №10.
2. Agricultural machines and technologies. 2013. №2.
3. Sekanov Yu.P. Hygrometry of bulk and fibrous plant materials. M: VIM. 2001.
4. Pugachev P.M., Levina N.S., Shalaeva L.A. Development of a universal microprocessor recorder of technological parameters in the production of rapeseed. // Sat. reports "Automation and information support of production processes in agriculture". M.: FSUE "Izvestiya" UDP RF. Part 2. 2008.
5. Sekanov Yu.P. Hygrometry of agricultural materials. M.: Agropromizdat. 1985.
6. Sekanov Yu.P., Stepanov M.A. The research results of electrical moisture meters with resolution and compression of the grain in the measuring cell.//Proceedings of int. science and technology. conf. "Problems of resource and energy-saving technologies in industry and agriculture". Ivanovo: VPO "ISUCT". 2014.