

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗАТОР СТЕКЛОВИДНОСТИ ПШЕНИЦЫ ЭЛЕКТРОННЫЙ ДИАФНОСКОП «ЯНТАРЬ».

Р.Ю.АНТОНОВ, Инженер-исследователь ООО «ЭКАН»



СУТЬ ПРОБЛЕМЫ

Определение качества пшеницы в России производится согласно ГОСТ Р 52554-2006 «Пшеница. Технические условия». В этом документе указано, какие анализы и измерения необходимо провести для определения основного интегрального показателя качества пшеницы – ее класса. Оценка класса пшеницы занимает продолжительное время, так как значительная часть работы производится вручную: определение типового

состава, отмывание клейковины, определение стекловидности, оценка поврежденности вредителями и т.д. При этом в современных рыночных условиях продукция, как правило, многократно перепродается по пути от производителя к конечному потребителю, а каждая перепродажа требует оценки качества зерна. Данные факты увеличивают ценность инструментальных экспресс-методов определения качества пшеницы.

Один из показателей качества пшеницы, требующих определения согласно ГОСТ Р 52554-2006 – стекловидность пшеницы. Процедура проведения анализа описана в ГОСТ 10987-76. Сам метод сводится к визуальной оценке прозрачности зерен, просвеченных однородным световым потоком. Далее подсчитывается количество стекловидных (прозрачных), частично стекловидных (полупрозрачных), мучнистых (непрозрачных) зерен и вычисляется результат. То есть лаборант вручную заполняет зернами специальную кассету с ячейками и устанавливает кассету в диафаноскоп, который представляет собой простой корпус с источником света внутри (рис. 1).

Затем лаборант через окуляр рассматривает каждое зерно на просвет и на глаз оценивает его прозрачность, попутно записывая промежуточные результаты. После оценки всех ста зерен вычисляется окончательный результат. Конечно, любой современный человек заметит архаичность такого подхода к измерениям, и это неудивительно: данный ГОСТ был введен в действие 40 лет назад. Неприятный факт заключается и в том, что ссылка на этот метод 1976 года присутствует в современных технических условиях на пшеницу 2006 года. Ведь проблема метода состоит не только в моральном устаревании подхода, не только в том, что сейчас просто смешно вручную по записям на бумаге вычислять результат.

Основные проблемы метода заключаются в большой длительности анализа и крайней субъективности. Дело в том, что зрительное восприятие каждого человека уникально, каждый по-своему трактует словесные описания стекловидных, частично стекловидных и мучнистых зерен в ГОСТе. Кроме того, визуальные ощущения даже одного человека изменяются в зависимости от многих факторов, среди которых время суток, освещенность рабочего места, состояние здоровья, монотонность работы, усталость глаз, общая утомленность, погода и т.д. Существенную погрешность измерения вносит также использование различных источников света, используемых в диафаноскопах. Ситуация, когда вместо перегоревшей рекомендованной лампы накаливания устанавливается первая попавшаяся под руку встречается достаточно часто. Эти и многие другие факты привели нас к идее создания современного автоматического инструмента для определения стекловидности пшеницы.

В данный момент развитие массового производства фоточувствительных матриц и распространение персональных компьютеров позволяет создать устройство для получения цифрового изображения зерна с последующей программной оценкой его стекловидности. А с учетом использования массовой продукции электронной промышленности стало реальным обеспечить приемлемую стоимость изделия.



Рис. 1. Диафаноскоп ДС с кассетой

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ДИАФАНОСКОПА «ЯНТАРЬ»

В первую очередь следует отметить, что наш прибор (рис. 2) является программно-аппаратным решением, то есть его можно условно разделить на две части: корпус с источником питания, источником света, камерой, механизмом открывания и т.д. и программную часть, которая позволяет автоматизировать определение стекловидности и архивировать результаты. Аппаратная часть прибора выполняет ту же функцию, что и диафаноскоп ДС-1: создает равномерный световой поток, просвечивающий

зерно. В отличие от ДС-1 в диафаноскопе «Янтарь» вместо окуляра была установлена цифровая камера, которая передает изображение на компьютер для математического анализа. В качестве источника света мы применили светодиодную матрицу со временем наработки на отказ, в несколько десятков раз превышающим время наработки лампы накаливания. Разработанная оптическая схема прибора позволила анализировать всю пробу сразу, в отличие от ДС-1, где за один раз просвечивается 10 зерен (оператор вручную передвигает кассету для анализа всей пробы).

В первой версии программы была решена задача полностью повторить процедуру определения стекловидности ГОСТ 10987-76. Схема работы прибора при этом сводилась к следующим действиям:

- 1) заполнить кассету или аналог кассеты ДС-1 пробой зерна из 100 штук и поместить ее в прибор;
- 2) на экране монитора выбрать все стекловидные, а затем все мучнистые зерна (рис. 3);
- 3) получить результат подсчета.

Данная программа не позволяла получить серьезного ускорения процесса измерения, зато обеспечила комфорт человеку. Во-первых, оператор видит всю пробу (100 зерен) сразу и не отвлекается на запись и подсчет промежуточных результатов. Во-вторых, программа позволяет автоматически вычис-



Рис. 2. Диафаноскоп «Янтарь»

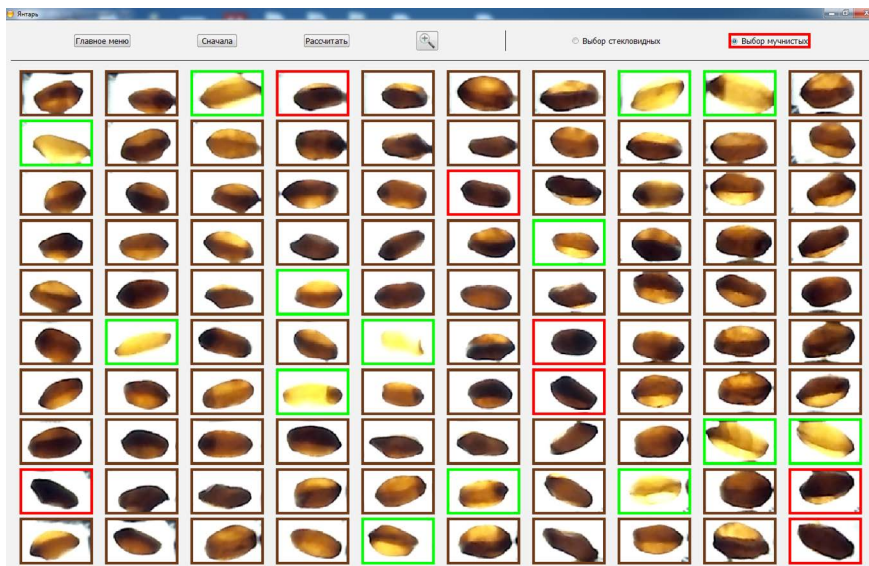


Рис. 3. Выбор мучнистых и стекловидных зерен

лять результаты и вести архив измерений, сохраняя значения стекловидности и соответствующие изображения проб зерна.

Следующим этапом стало математическое описание стекловидности пшеницы. Для этого была получена оценка стекловидности более 1000 отдельных зерен. Данная выборка была просвечена и сфотографирована, в результате получились соответствия вида «оценка стекловидности – цифровое изображение зерна». По этим данным было построено уравнение линейной регрессии, с помощью которого, имея цифровое изображение, можно отнести зерно к стекловидному, частично стекловидному или мучнистому. Программная реализация этой оценки стала основной ключевой особенностью электронного диафаноскопа «Янтарь», и с данного момента можно было говорить о появлении экспресс-метода оценки стекловидности пшеницы. Такой подход к оценке давал отличные результаты на однотипных зернах, но для анализа проб пшеницы разных сортов требовалось постоян-

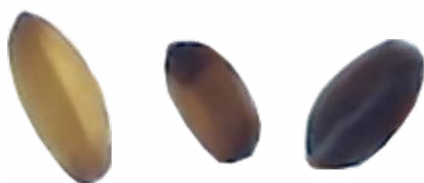


Рис. 4. Пример выбранных эталонов

ное корректирование уравнения регрессии, поэтому в рамках следующей версии программы был реализован алгоритм оценки стекловидности по эталонам. Дело в том, что в разных регионах при оценке разных сортов пшеницы существуют свои устоявшиеся представления о данном показателе.

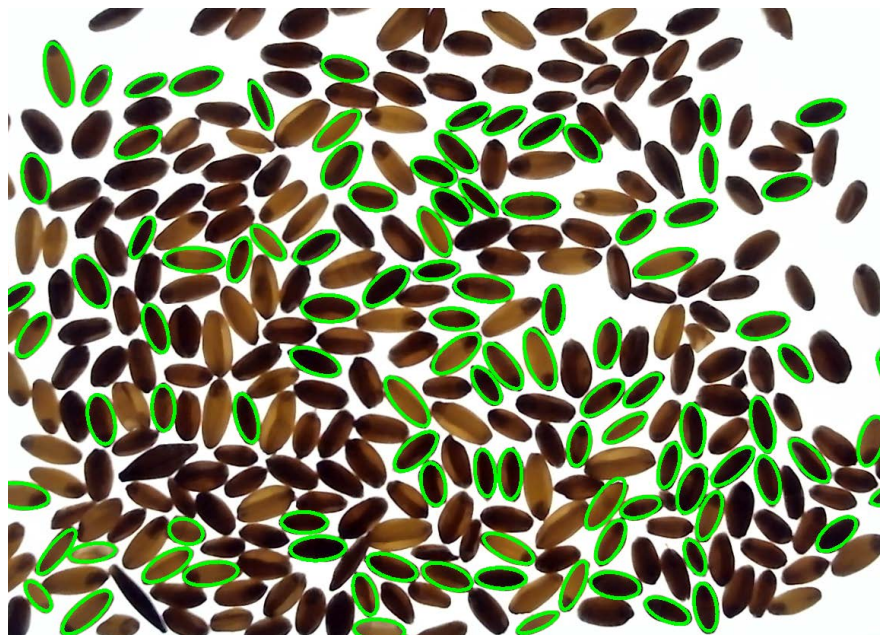


Рис. 5. Выбор случайных зерен

Отсутствие единых эталонов для определения стекловидности является еще одной проблемой существующего ГОСТа, причем ее можно было решить еще в 70-е годы, привязав показатель стекловидности к одной из стандартных шкал цвета. На мой взгляд, оправдано было бы применение йодной шкалы

либо шкалы цветности Ловибонда. Обе шкалы с успехом применяются для определения цветности масла, меда, пива и т.д. Но в нашем случае, при отсутствии единых эталонов, было принято решение находить эталоны в каждой пробе при каждом измерении. Схема работы прибора была следующей:

1) заполнить кассету пробой зерна из 100 штук и поместить ее в прибор;

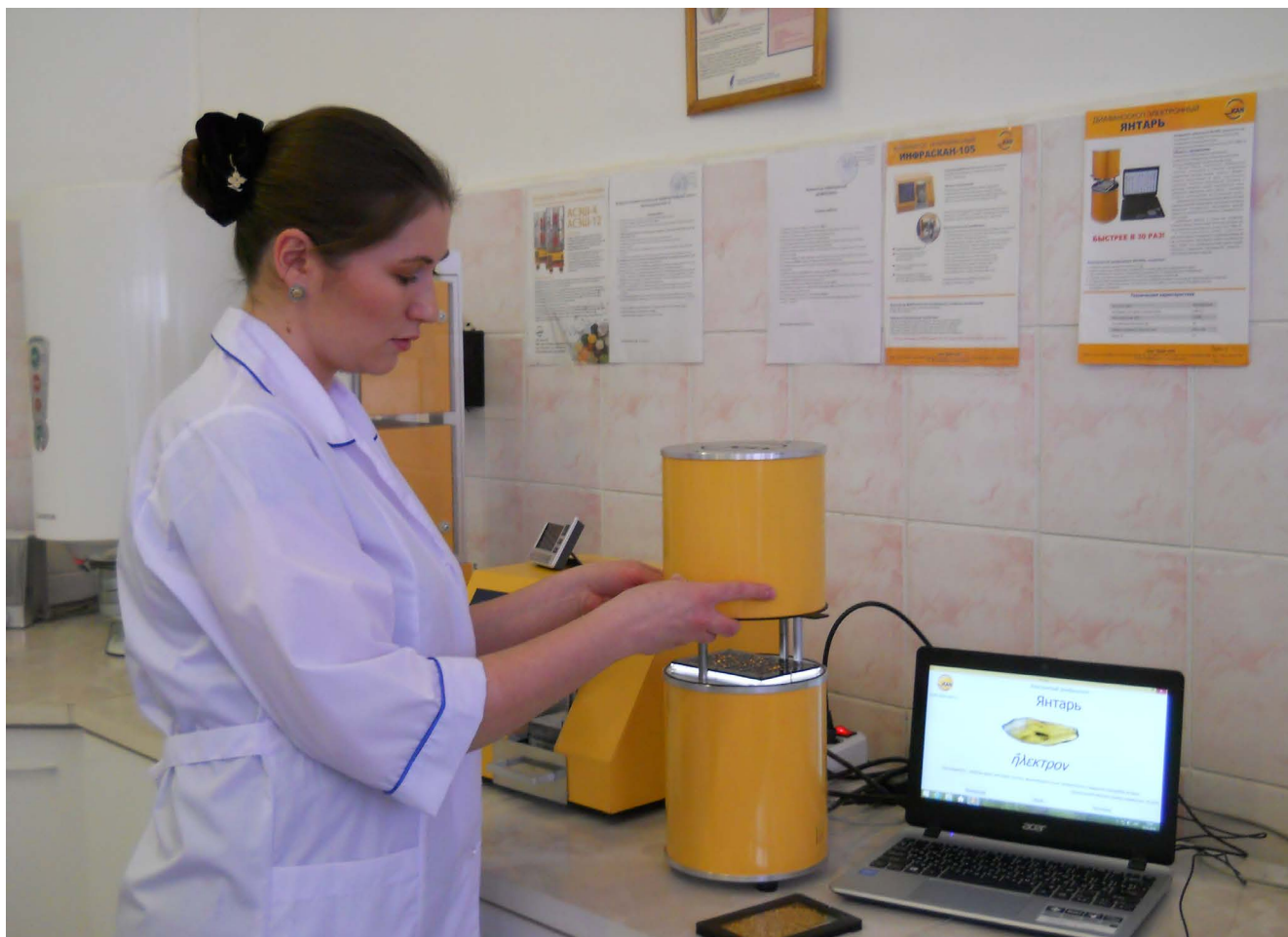
2) на экране монитора выбрать эталоны стекловидного, частично стекловидного и мучнистого зерен (рис. 4);

3) получить результат оценки.

Таким образом, метод позволил в разы сократить время анализа и повысить его объективность, так как большая часть рутинной работы перешла к алгоритму оценки.

В дальнейшем был замечен еще один устранимый недостаток ДС-1 – кассета с фиксированным размером ячеек. Для заполнения такой кассеты требуется довольно много времени, особенно если зерна по размеру и форме отличаются от

стандартных. Однако, если вспомнить основное назначение такой кассеты – расположение ста зерен в десять рядов, можно сделать вывод о том, что при использовании алгоритма оценки стекловидности по эталонам и фотографировании всей пробы за один раз можно отказать от ячеек. Поэтому была



разработана кассета без ячеек, которая исключала процедуру раскладки зерна. Новая кассета имеет плоское прозрачное дно и позволяет засыпать порядка четырех сотен зерен. При этом выбор зерен осуществляет программная часть диафаноскопа. В остальном порядок работы не изменился: оператор выбирает три эталонных зерна, программа выбирает остальные 97 случайным образом (рис. 5), оценивает их стекловидность и выдает результат.

Перечисленный комплекс мер по автоматизации анализа стекловидности пшеницы позволил проводить измерения менее чем за минуту, автоматически архивировать результаты анализа и исходные данные, а также повысить объективность определения стекловидности.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИАФАНОСКОПА «ЯНТАРЬ»

Апробация диафаноскопа проводилась на таких крупных

предприятиях, как ФГБУ «Центр оценки качества зерна» в г. Казань (рис. 6), ГУП «Продовольственный фонд» (ОАО «Невская мельница»). Особое содействие в совершенствовании программного обеспечения прибора оказали сотрудники ФГБУ НИИПХ Росрезерва. Диафаноскоп вызвал интерес не только в России, но и Казахстане и Белоруссии. Разработанный прибор неоднократно представлялся на выставках и научно-практических семинарах, в том числе на «KazAgro-2015», «Зерноохранилища-2015», «Оценка качества и безопасности зерна и продуктов его переработки», «Зерно-Комбикорма-Ветеринария-2015», и удостоивался наград.

В ходе работы по созданию, совершенствованию, внедрению диафаноскопа была доказана практическая возможность автоматизации визуальной оценки стекловидности, были выделены слабые места существующих стандартов, а также получен серьезный опыт в использовании современных достижений в областях

электроники, оптики, вычислительной техники. Но главный итог деятельности в том, что многие люди положительно оценили данный подход к анализу, некоторые структуры уже внедрили его (среди них ФГБУ «Россельхозцентр», ФГБУ «Центр оценки качества зерна», ОАО «Казаньзернопродукт» и т.д.) и улучшили свою производительность. Положительные результаты проведенных исследований, доведенные до практической реализации в диафаноскопе «ЯНТАРЬ», открыли для нас новое направление в разработке не имеющих аналогов современных приборов, которое мы назвали оптико-компьютерной диагностикой.

В настоящее время в нашей фирме ведутся работы по созданию приборов для анализа других показателей качества зерна.

Р.Ю.АНТОНОВ, Инженер-исследователь ООО «ЭКАН»