

УДК 631.243

DOI 10.22314.2073-7599-2016.5.36-40

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОДСУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Дадыко А.Н.

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: vim@vim.ru

Представили описание свойств растительных отходов (РО) как объекта сжигания в топках зерносушилок. Хотя РО часто характеризуются низкой теплотой сгорания (10-12 МДж на кг), они служат ценным малоазольным биологическим топливом, практически не содержащим сернистых соединений и не загрязняющим окружающую среду при правильной организации процесса сжигания. Рекомендовано проводить сжигание в низкотемпературном циркуляционно-вихревом слое, что позволяет при сравнительно небольших размерах частиц (0,5-3,0 мм) удерживать их в зоне реакции до полного выгорания. Низкотемпературный режим сжигания (600-700 градусов Цельсия) исключает шлакование поверхностей топки, в том числе теплообменных, а также снижает выброс в атмосферу токсичных соединений. Сжиганию частиц РО предшествует подсушка, которая часто по длительности сопоставима со временем сжигания. Рассчитано время подсушки на основе уравнений теплопереноса. При подсушке мелких частиц (менее 0,5-1,0 мм) перенос тепла осуществляется теплопроводностью, при подсушке крупных частиц (более 1,0 мм) – конвективным теплопереносом. Адекватность расчетных формул оценивали по имеющимся экспериментальным результатам сжигания частиц РО. Получили удовлетворительное совпадение (погрешность 12 процентов). Такое же совпадение характерно для расчетной зависимости при эквивалентном коэффициенте теплопроводности, превышающем табличную величину на 25 процентов. При сжигании низкорекреационного твердого топлива калорийностью 15 МДж на кг в топочном блоке, агрегатированном с зерносушилкой, необходима подсветка высокорекреационным жидким или газообразным топливом.

Ключевые слова: растительные отходы, топочные устройства, подсушка, стадии горения, моделирование, подсветка высокорекреационным топливом. DOI 10.22314.2073-7599-2016.5.36-40

■ **Для цитирования:** Дадыко А.Н. Расчет параметров подсушки растительного сырья // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. №5. С. 36-40.

CALCULATION OF PARAMETERS OF VEGETABLE RAW MATERIALS SUBDRYING

A.N. Dadyko

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: vim@vim.ru

The authors described properties of the vegetable waste (VW) as object of burning in fire chambers of grain dryers. Though VW are often characterized by low combustion heat (10-12 MJ per kg), they could be considered as the valuable low-ash biological fuel which almost not contain sulphur compounds and not pollute environment at the correct organization of burning process. Burning in a low-temperature circulating and vortex layer allows to keep small particles (0.5-3.0 mm) in a reaction zone before full burning out. Low-temperature condition of burning (600-700 degrees Celsius) excludes slagging of surfaces of a fire chamber, including heatexchange ones, and also reduces poison emission in the atmosphere. Precede subdrying of the VW particles and burning period have often the same duration. Duration of subdrying is calculated on the basis of the heatmass transfer equations. Transfer of heat when subdrying of small particles (less than 0.5-1.0 mm) is carried out by heat conductivity, when large particles (more than 1.0 mm) subdrying this process is convective. Adequacy of calculation formulas was estimated by the available experimental results of VW particles burning. Satisfactory coincidence (12 percent measure of inaccuracy) is received. The same coincidence is characteristic for calculated dependence at the equivalent coefficient of heat conductivity which value exceeds a table one by 25 percent. If a fuel is low-reactionary and solid, with a caloric content of 15 MJ per kg so burning of it in the furnace block aggregated with a grain drayer will be better at addition of high-reactionary liquid or gaseous fuel.

Keywords: Furnace devices; Subdrying; Burning stages; High-reactionary fuel addition. DOI 10.22314.2073-7599-2016.5.36-40

■ **For citation:** A.N. Dadyko. Calculation of parameters of vegetable raw materials subdrying. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 36-40. (In Russian)



Повышение эффективности обработки сельскохозяйственных продуктов связано с развитием энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств [1-2], в том числе с использованием альтернативных источников энергии [3-5].

Цель исследования – обоснование режима сжигания растительных остатков (РО) во взвешенном состоянии в топке зерносушилки.

Материалы и методы. Согласно международной классификации, предложенной Европейской экономической комиссией, существует понятие «низкокалорийные топлива», обозначающее топлива с тепловой сгорания беззольной сухой массы менее 23,8 МДж/кг [6].

Горение топлив с зольностью менее 25% (преимущественно РО) протекает с уменьшением размера частиц и периодическим отделением зольных включений с горячей поверхности.

Теплота сгорания топлив зависит от содержания в них балласта – минеральных веществ (в основном алюмосиликатов, сульфидов и карбонатов) и влаги.

Минеральные примеси снижают теплоту сгорания топлив, увеличивая расход тепла для их нагрева и разложения при сжигании. Нахождение минеральных веществ при высокой температуре в камере сгорания приводит к образованию шлаков и загрязнению поверхностей нагрева топков.

Методы слоевого и пылевидного сжигания как наиболее распространенные для производства энергии из малозольных топлив практически не пригодны для переработки РО, поскольку для стабилизации их горения требуется использование дополнительного топлива. Наиболее массовое вредное поступление в атмосферу при слоевом и пылевидном сжигании высокозольного топлива дает летучая зола с недогоревшими частицами топлива. При этом возникает также опасность загрязнения окружающей среды частицами сажи и полициклическими ароматическими углеводородами.

Рассчитаем параметры подсушки при сжигании РО в слое различного состояния.

Механизмы сжигания РО. Для совершенствования топочных процессов и устройств, работающих на РО, предложено:

- осуществлять процесс при низких скоростях топочных газов и его стабилизации, то есть при образовании циркулирующих потоков горящих частиц;
- сжигать низкорреакционное топливо (<15 МДж/кг) совместно с высокорреакционным;
- поддерживать низкие температуры горения, позволяющие минимизировать эмиссию загрязнения;
- периодически сжигать высокорреакционное то-

пливо при постоянной работе на низкорреакционном топливе.

При использовании подсушки сырья необходимо знать длительность подсушки и скорость ввода частиц в топочную камеру.

Большие возможности для повышения эффективности сжигания частиц РО и снижения поступления в окружающую среду вредных веществ представляют процессы факельно-вихревого горения и низкотемпературного кипящего слоя.

Рассмотрим факельно-вихревое горение. Для топочного процесса должно быть подобрано оптимальное сочетание температуры сжигания, коэффициента избытка воздуха и времени пребывания частиц топлива в зоне реакции, что обеспечивает устойчивость теплового режима горения. В процессе сжигания РО при температурах слоя 850-950°C не происходит плавления минеральной части топлива.

Таким образом, для стабилизации процессов горения РО необходимы следующие условия:

- поддержание температур горящих частиц, исключающих плавление золы;
- удержание частиц в зоне реакции до полного выгорания;
- непрерывная выгрузка золы из зоны реакции.

Наличие в топливе минеральных частиц затрудняет горение, налагает на топочный процесс жесткие условия по максимальной температуре в кислородной зоне слоя, расходу дутья, экологической безопасности.

Организация горения частиц полидисперсного состава, при котором каждая частица должна находиться в квазиравновесии под действием сил тяжести и аэродинамического воздействия движущегося снизу вверх газа (дутья), затрудняется из-за различия плотностей частиц РО.

Это преодолевается удержанием частиц различного размера и постоянной плотности внутри зоны реакции, а также организацией циркуляционно-вихревого движения. Поэтому в создаваемых конструкциях для сжигания РО необходимо предусматривать, кроме вторичного, третичное дутье.

Стадии процесса горения топлива. Длительность сгорания частиц РО τ_c зависит от продолжительности следующих друг за другом стадий: τ_1 – испарения влаги; τ_2 – прогрева частицы от начала до завершения испарения влаги и воспламенения летучих веществ; τ_3 – прогрева коксового остатка от завершения выделения основной массы летучих веществ до начала реагирования коксового остатка с окислителями; τ_4 – выгорания (озоления) коксового остатка.

Продолжительность каждой стадии зависит от вида и размера частиц РО. Выгорание коксового остатка занимает наибольшую долю во времени го-

рения частицы ($\geq 90\%$) и так же, как и время испарения влаги, наиболее трудно поддается расчету.

На этапе испарения влага удаляется преимущественно в виде паров (нагрев до 100°C).

На этапе прогрева частиц топлива до $\sim 350^\circ\text{C}$ развиваются эндотермические процессы деструкции поликонденсированных углеводородов с образованием газообразных продуктов: H_2 , H_2O , CO , CO_2 , CH_4 , H_2S и высших углеводородов. Соотношение газообразных компонентов зависит от вида топлива и интенсивности (скорости) нагрева частиц. Выход летучих веществ завершается, в зависимости от размеров частиц, через 10-20 с при прогреве частиц РО до температуры $\sim 700-800^\circ\text{C}$.

На этапе выгорания зона реакции постепенно продвигается внутрь частицы, оставляя за собой пористую или плотную оболочку.

Обратимся к этапу испарения влаги.

Подсушка частиц необходима для повышения температуры сжигания. Рассчитаем ее длительность. Рассмотрим физические модели подсушки.

Физическая модель процесса. Тепло передается частице от нагретых газов как конвекцией, так и теплопроводностью. Примем, что мелкие частицы ($d_3 < 0,5$ мм, где d_3 – эквивалентный диаметр), поступающие в камеру, достаточно быстро достигают скорости восходящего газового потока, что вполне допустимо при их небольших размерах и плотности. Тогда относительная скорость их движения в потоке близка к нулю, и теплота в основном передается теплопроводностью [7-8].

Крупные частицы РО достигают скорости потока за определенное время, и можно принять, что теплота передается конвекцией, а теплопроводностью следует пренебречь.

Процессом механического выталкивания свободной или капиллярной влаги из частицы в ходе термического расширения находящегося в порах или выделяющегося из воды газа пренебрежем.

Также примем, что:

- время испарения влаги определяется скоростью подвода тепла к частице;
- температура слоя в зоне реакции постоянна вследствие автотермичности процесса и дополнительных мер по ее стабилизации;
- температура поверхности частицы за весь период испарения влаги не превысит $\sim 100^\circ\text{C}$.

Математическая модель. Для частицы РО с $d_3 < 0,5$ мм тепло, поступающее в частицу, можно записать на основе уравнения теплопроводности:

$$Q = \frac{\lambda(t - \theta_{\text{cp}})F_0 \tau}{h}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$;

t , θ_{cp} – температура окружающей среды и средняя температура частицы, $^\circ\text{C}$;

F_0 – теплообменная поверхность частицы, м^2 ;

τ – время подсушки, ч;

h – определяющий размер (для плоских частиц $h = h_0/2$, где h_0 – толщина частицы, м; для сферических $h = R$).

На испарение влаги расходуется следующий поток тепла:

$$Q = \Delta U G r \eta, \quad (2)$$

где ΔU – влагосъем, $\text{кг вл./кг сух. мат.}$;

G – масса частицы, кг ;

r – удельная теплота испарения, кДж/кг ;

η – доля теплоты, поступающая на испарение влаги (может быть вычислена в зависимости от влажности частицы и температуры нагрева).

Величину G можно записать в виде $G = G_0(1-U)$, где G_0 – масса сухой частицы, кг ;

U – влагосодержание частицы.

Приравняв правые части (1) и (2) и учитывая, что отношение есть удельная поверхность f частицы, запишем:

$$\tau = \frac{h \Delta U r (1-U) \eta}{\lambda(t - \theta_{\text{cp}}) f}. \quad (3)$$

Тепло передается частице $d_3 > 1,0$ мм от раскаленных газов в основном конвекцией, если скорость частицы первоначально не соответствует скорости потока газов, где она находится во взвешенном состоянии. Тогда можно вычислить среднюю скорость частицы, рассчитать коэффициент теплоотдачи и пренебречь при этом теплопроводностью из-за ее малой величины.

Влагосъем можно записать в виде:

$$\Delta U = \frac{\tau_1 \alpha f (t_1 - \theta'_{\text{cp}}) \eta'}{r}, \quad (4)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$;

f – удельная поверхность частицы, $\text{м}^2/\text{кг}$;

$$f \approx \frac{\rho_k R}{3},$$

где ρ_k – кажущаяся плотность частицы;

t_1 , θ'_{cp} – температура агента сушки и средняя температура частицы, $^\circ\text{C}$;

$$\theta'_{\text{cp}} = \frac{\theta_{\text{н}} + \theta_{\text{к}}}{2} \quad (\theta_{\text{н}}, \theta_{\text{к}} - \text{начальная и конечная температура частицы, } ^\circ\text{C});$$

η' – доля теплоты, пошедшая на нагрев частицы,

$$\eta' = \frac{c \Delta \theta}{c \Delta \theta + \Delta U r},$$

где c – теплоемкость частицы, $\text{кДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$;

$\Delta \theta$ – приращение температуры, $^\circ\text{C}$.

Длительность подсушки из (4) составит:

$$\tau_1 = \frac{\Delta U r}{\alpha f (t_1 - \theta'_{\text{cp}}) \eta'}. \quad (5)$$



Принимая, что влагосодержание подсушенной частицы $U_k \approx 0$, окончательно получим:

$$\tau_1 = \frac{U_0 r}{\alpha f (t_1 - \theta'_{cp}) \eta'} \quad (6)$$

где U_0 – начальное влагосодержание, кг/кг.

РО (сечка соломы, лузга подсолнечника, измельченные стержни початков и др.) представляют собой ценное биологическое топливо, в изобилии остающееся в хозяйствах в результате послеуборочной обработки основных культур. Их сжиганию с получением теплоты препятствует низкая теплотворная способность, как правило $Q_{н}^{p} < (12-15)$ МДж/кг.

Это обусловлено как химическим составом, так и повышенной влажностью. Для устойчивой работы топочного блока, агрегатированного с сушилкой, необходимо дополнительно сжигать высокорекреационное жидкое (газообразное) топливо.

Известно, что при сжигании низкосортных углей ($Q_{н}^{p} = 18,3-19,6$ МДж/кг) температура факела снижается заметнее, чем при сжигании более калорийных углей ($Q_{н}^{p} = 21,5-23,9$ МДж/кг). Уменьшение калорийности топлива (угля) на 2,4 МДж/кг привело к снижению температуры в ядре факела на 65°C , при этом уменьшались степень выгорания топлива (приблизительно на 6%) и стабильность горения. Ухудшаются условия воспламенения, смещения и разгорания факела [9-10].

Результаты и обсуждение. РО имеют низкую теплоту сгорания, и поэтому проблемы, характерные для сжигания низкосортных углей, в полной мере относятся к ним. Это затрудняет использование топочного блока в агрегате с зерносушилкой. Необходима подсветка сжигания РО жидким или газообразным топливом.

Очевидно, что наиболее экономичная подсветка будет в том случае, если недостающая доля теплоты η будет возмещена за счет сжигания высокорекреационного топлива:

$$\eta = \frac{Q_{н}^{P(1)} - Q_{н}^{P(2)}}{Q_{н}^{P(1)}} \quad (7)$$

где $Q_{н}^{P(1)}$, $Q_{н}^{P(2)}$ – допустимая низшая теплота сгорания твердого топлива и его фактическая низшая теплота сгорания, кДж/кг.

Расход жидкого топлива G_1 можно записать в виде:

$$G_1 = \frac{Q_{н}^{P(2)} G_2}{Q_{н}^{P(3)}} \eta = \frac{Q_{н}^{P(2)} G_2}{Q_{н}^{P(2)}} \cdot \frac{Q_{н}^{P(1)} - Q_{н}^{P(2)}}{Q_{н}^{P(1)}} \quad (8)$$

где $Q_{н}^{P(3)}$ – низшая теплота сгорания высокорекреационного жидкого (газообразного) топлива, кДж/кг;

G_2 – расход твердого топлива, кг.

Как правило, РО, в отличие от угля, имеют повышенное содержание летучих веществ, и их подача в топочную камеру ближе к зоне ввода

высокорекреационного топлива и не является необходимой для устойчивого воспламенения. При этом происходит преждевременный вынос несгоревших частиц из топочной камеры в связи с повышенной скоростью газожидкостного факела у устья. Ввод выше зоны подачи жидкого топлива, где скорость газожидкостного факела снижена, уменьшает унос.

Кроме того, благодаря повышенному содержанию летучих компонентов и вводу твердого топлива выше зоны их подачи возможно снижение допустимой низшей теплоты сгорания с 18 до 15 МДж/кг.

Температуру продуктов сжигания низкокалорийного топлива изменяют вторичным дутьем в пределах $\alpha_t = 1,1-1,3$ (где α_t – избыток дутья), а температуру продуктов сжигания высокорекреационного топлива – в пределах $\alpha_{ж} = 1,05-1,1$. Значения избытков α_t и $\alpha_{ж}$ обеспечивают экономичную работу топочного блока и сушилки, снижая затраты.

Действительно, в хозяйствах, где возделывают подсолнечник на семена, утилизация лузги сопряжена с определенными затратами. Так как теплотворная способность лузги составляет четвертую часть от жидкого топлива, то экономия хозяйства на высокорекреационном топливе как минимум составит $\sim 25\%$.

Несколько меньшая экономия получена при сжигании сечки соломы – приблизительно 15%.

Выводы. РО, образующиеся в хозяйствах, при послеуборочной обработке урожая считаются ценным сырьем для получения тепла при сушке зерна, однако имеют низкую теплотворную способность.

Для организации процесса устойчивого сжигания целесообразно использовать циркуляционно-вихревой режим, при котором обеспечивается удержание и сжигание частиц в реакционной камере топки.

Сжиганию частиц РО должна предшествовать подсушка. На основе математических моделей теплопереноса разработаны алгоритмы для расчета длительности обезвоживания частиц с $d_3 < 0,5$ мм, для которых характерен перенос тепла теплопроводностью, и с $d_3 > 1,0$, которым свойственен конвективный перенос.

Предложенные решения адекватны имеющимся экспериментальным данным по сушке древесных отходов и сжиганию лузги: расчетные выражения (4) и (6) с погрешностью $\pm 18\%$ совпадают при эффективной теплопроводности $\lambda = 0,2$ Вт/м $^{\circ}\text{C}$ в (1) и постоянной кажущейся плотности частиц $\rho_k \approx 500$ кг/м 3 .

Сжигание низкокалорийных РО с теплотой сгорания $Q_{н}^{p} < 15$ МДж/кг необходимо проводить с подсветкой высокорекреационным (жидким или газообразным) топливом, что обеспечит устойчивую работу топочного блока с зерносушилкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. №4. С. 8-11.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // *Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции*. Ч. 1. М.: ВИМ, 2012. С. 31-44.
3. Голубкович А.В. Топки на растительных отходах: Монография. М.: ВИМ, 2011.
4. Богданович В.П., Шевченко Н.В. перспективы использования альтернативного топлива в сельском хозяйстве // *Техника в сельском хозяйстве*. 2012. №5. С. 38-40.
5. Курбанов К.К. Обоснование параметров и разработка топки на растительных отходах для зерносушилок сельскохозяйственного назначения: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 2000. 219 с.
6. Беляев А.А. Сжигание высокозольных топлив в топках с кипящим слоем промышленных котлов: М.: МЭИ, 2004. 72 с.
7. Голубкович А.В., Дадько А.Н., Марин Р.А. Моделирование подсушки влажных частиц растительных отходов в топке зерносушилки // *Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сборник докладов Международной научно-технической конференции*. М.: ВИМ, 2015. С. 258-261.
8. Голубкович А.В., Дадько А.Н. Метод расчета параметров топки на растительных отходах // *Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник докладов Международной научно-технической конференции*. Ч. 1. М.: ВИМ, 2015. С. 353-357.
9. Kenneth J. Hellevang. Grain Drying. North Dakota State University, Fargo, North Dakota, 2013; 24.
10. E. Kocsis, M. Herdovics, J. Deákvári, and L. Fenyvesi. Corn drying experiments by pilot dryer. *Agronomy Research*. 2011. Vol. 9. Biosystem Engineering; Special Issue 1: 91-97.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. Perspektivnyye puti primeneniya energo- i ekologicheskikh effektivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv [Long-term ways of use of energy and environmentally efficient machine technologies and techniques], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 4: 8-11. (In Russian)
2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Innovatsionnye mekhanizirovannyye tekhnologii i avtomatizirovannyye tekhnicheskiye sistemy dlya sel'skogo khozyaystva [Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture]. *Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2012. pp. 31-44. (In Russian)*
3. Golubkovich A.V. Topki na rastitel'nykh otkhodakh: protsessy, konstruksii, rezhimy, raschety [Heat chambers on plant waste: processes, designs, modes, calculations]. Moscow: VIM, 2011: 172. (In Russian)
4. Bogdanovich V.P., Shevchenko N.V. Perspektivy ispol'zovaniya al'ternativnogo topliva v sel'skom khozyaystve [Prospects of alternative fuel use in agriculture]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2012; 5: 38-40. (In Russian)
5. Kurbanov K.K. Obosnovanie parametrov i razrabotka topki na rastitel'nykh otkhodakh dlya zernosushilok sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Justification of parameters and engineering of vegetable waste fire chamber for agricultural grain dryers]: Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Moscow, 2000: 219. (In Russian)
6. Belyaev A.A. Szhiganiye vysokozol'nykh topliv v topkakh s kipyashchim sloem promyshlennykh kotlov [Burning of high-ash fuels in fire chambers with boiling layer in industrial boilers]: Moscow: MEI, 2004: 72. (In Russian)
7. Golubkovich A.V., Dadyko A.N., Marin R.A. Modelirovaniye podsushki vlazhnykh chastits rastitel'nykh otkhodov v topke zernosushilki [Modeling of subdrying of humid particles of vegetable waste in fire chamber of grain dryer]. *Innovatsionnoye razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Moscow: VIM, 2014: 258-261. (In Russian)*
8. Golubkovich A.V., Dadyko A.N. Metod rascheta parametrov topki na rastitel'nykh otkhodakh [Method of calculation of parameters of vegetable waste fire chamber]. *Intellektual'nyye mashinnyye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Ch. 1. Moscow: VIM, 2015: 353-357. (In Russian)*
9. Kenneth J. Hellevang. Grain Drying. North Dakota State University, Fargo, North Dakota, 2013; 24. (In English)
10. E. Kocsis, M. Herdovics, J. Deákvári, and L. Fenyvesi. Corn drying experiments by pilot dryer. *Agronomy Research*. 2011. Vol. 9. Biosystem Engineering; Special Issue 1: 91-97. (In English)

Критерии авторства. Автор несет ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The author is responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.