

УДК 631.361:633.1

ВЫНОС ВОДНОГО РАСТВОРА СОЛИ ИЗ ВАННЫ МАШИНЫ ВЫДЕЛЕНИЯ СПОРЫНЬИ

Саитов А. В., аспирант¹

E-mail: alexeysaitov@yandex.ru

Гатауллин Р. Г., кандидат технических наук²

E-mail: rinat.gataullin.1970@mail.ru

Саитов В. Е., доктор технических наук, профессор¹

E-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия

²Акционерное общество «Малмыжский ремзавод», г. Малмыж, Россия

Аннотация

Технологичность рабочего процесса машины МВС-1,0 для выделения ядовитой спорыньи из зерна по расходу рабочей жидкости во многом зависит от зазора Δ между рабочим краем скребков транспортера семян ржи и поверхностью днища ванны, а также частоты n_1 вращения вала транспортера. Установлено, что при зазоре $\Delta = 2,0 \cdot 10^{-3}$ м между рабочим краем скребков транспортера семян ржи и поверхностью днища ванны машины МВС-1,0 при любой исследуемой частоте n_1 вращения транспортера семян ржи ($14 \dots 19$ мин⁻¹) исключается вынос наружу водного раствора соли. При этом с учетом линейных размеров зерна ржи будет обеспечиваться его вывод из ванны данной машины наружу без пересыпания в зазоре между скребками транспортера и поверхностью днища ванны, обуславливающее высокую технологичность рабочего процесса разработанной машины МВС-1,0.

Ключевые слова: зерновой материал, спорынья, зерноочистительная машина, водный раствор соли, плотность зерна, плотность жидкости, семена ржи

REMOVING THE AQUEOUS SALT SOLUTION FROM THE ERGOT EXTRACTION MACHINE BATH

Saitov A. V., post-graduate student¹

E-mail: alexeysaitov@yandex.ru

Gataullin R. G., candidate of technical sciences²

E-mail: rinat.gataullin.1970@mail.ru

Saitov V. E., doctor of technical sciences, professor¹

E-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia

²Joint-stock company «Malmyzh repair plant», Malmyzh, Russia
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia

Annotation

The technological efficiency of the working process of the machine MVS-1.0 for separating poisonous ergot from grain in terms of the consumption of the working fluid largely depends on the

gap Δ between the working edge of the rye seed conveyor scrapers and the surface of the bath bottom, as well as the speed n_1 of the conveyor shaft rotation. It has been found out that with the gap of $\Delta = 2.0 \cdot 10^{-3}$ m between the working edge of the rye seed conveyor scrapers and the the bottom surface of the machine MVS-1.0 bath at any studied speed n_1 of the rye seed conveyor rotation ($14 \dots 19 \text{ min}^{-1}$), the carryover of the aqueous salt solution to the outside is excluded. At the same time, taking into account the linear dimensions of the rye grain, its removal from the bath of this machine to the outside will be ensured without pouring into the gap between the conveyor scrapers and the surface of the bath bottom, which determines the high technological efficiency of the working process of the developed machine MVS-1.0.

Keywords: grain material, ergot, grain cleaning machine, aqueous salt solution, grain density, liquid density, rye seeds

Введение. При уборке урожая ржи зерноуборочными комбайнами [1] в обмолоченной зерновой массе содержатся, кроме зерна, различные органические и минеральные примеси, а также вредные примеси, к которым относятся склероции спорыньи.

Склероции спорыньи ядовиты и при поступлении с пищей в организм человека вызывают различные болезни, которые могут привести в ряде случаев к смертельному исходу [6-8].

Поэтому для очистки зерна ржи от различных примесей применяют зерноочистительные машины, различающиеся по конструктивному исполнению. Данные машины имеют сложную конструкцию и, соответственно, являются дорогостоящими [2, 3].

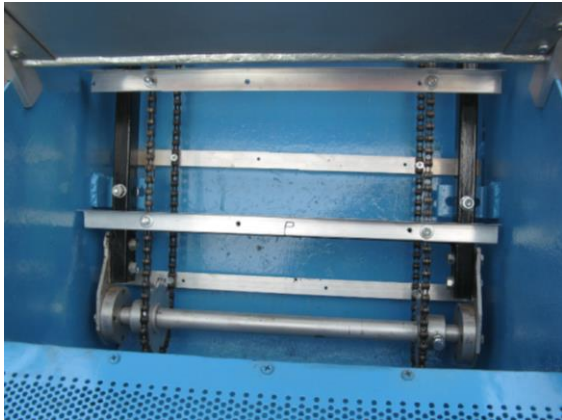
Для выполнения данной задачи разработана машина МВС-1,0 выделения спорыньи из зерна ржи по плотности в водном растворе соли, которая имеет простые, удобные в настройке и обслуживании основные рабочие органы [5].

При работе машины зерновой материал из загрузочного бункера [4] поступает в ванну с водным раствором соли. Склероции спорыньи всплывают на поверхность водного раствора соли, а зерно тонет в водном растворе соли. Затем очищенное зерно со дна ванны выводится наружу скребками вращающегося транспортера. При этом водный раствор соли может выноситься наружу скребками транспортера семян ржи. Этот показатель во многом зависит от конструктивных и технологических параметров транспортера семян ржи.

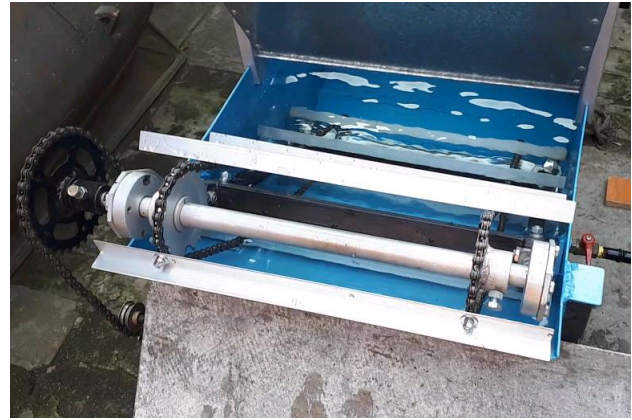
Поэтому на начальном этапе рассмотрения технологического процесса машины выделения спорыньи из зерна ржи по плотности в водном растворе соли возникает необходимость проведения практических экспериментов по определению оптимальных конструктивных и технологических параметров транспортера семян ржи. Данные эксперименты будут направлены на изучение рабочего процесса машины выделения спорыньи из зерна ржи в водном растворе соли на холостом ходу, то есть без подачи зернового материала из загрузочного бункера на поверхность водного раствора соли.

Цель работы – исследование выноса водного раствора соли из ванны опытного образца машины выделения спорыньи МВС-1,0 на холостом ходу.

Материал и методы. Экспериментальные исследования по определению величины рационального зазора между рабочим краем скребков транспортера семян ржи и поверхностью днища ванны с водным раствором соли проводили с использованием опытного образца машины МВС-1,0. Общий вид опытного образца машины МВС-1,0 выделения ядовитой спорыньи из зерна ржи со стороны транспортера семян ржи представлен на рисунке 1.



а



б

Рисунок 1. Опытный образец машины МВС-1,0 выделения ядовитой спорыньи из зерна ржи по плотности в водном растворе соли:

а – общий вид транспортера семян ржи, установленного в ванне;

б – общий вид на ванну с жидкостью при вращении транспортера семян ржи

Для проведения испытаний в ванну опытного образца машины МВС-1,0 в объеме 75 литров наливался водный раствор хлористого натрия (NaCl) плотности $\rho_{\text{жс}} = 1150 \text{ кг/м}^3$, соответствующий 100 % всплытию склеротий спорыньи на поверхность раствора. При этом контрольный уровень жидкости был ниже на 0,060 м верхней кромки стенок ванны. Тогда расстояние, проходимое скребками в ванне после выхода их из жидкости, определяется по выражению

$$L = \frac{l}{\sin \alpha}, \quad (1)$$

где l – расстояние от поверхности водного раствора соли в ванне до верхней кромки ее стенки, $l = 0,060 \text{ м}$;

α – угол наклона поверхности дна ванны, $\alpha = 40^\circ$.

Частоту n_1 вращения вала транспортера семян ржи изменяли набором сменных ведущих звездочек с числом z зубьев 24, 26, 28, 30 и 32 штуки. При установке на вал транспортера ведущей звездочки с числом зубьев $z = 32$ шт. частота n_1 его вращения составляла 14 мин^{-1} , при $z = 30$ шт. – 15 мин^{-1} , $z = 28$ шт. – 16 мин^{-1} , $z = 26$ шт. – 17 мин^{-1} и $z = 24$ шт. – 19 мин^{-1} . Измерение частоты n_1 вращения вала транспортера семян ржи осуществлялось тахометром ТЧ-10-Р.

Зазор Δ между поверхностью дна и рабочим краем скребков транспортера семян ржи регулировали установкой пластин толщиной 0,05; 1,0; 1,5 и $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ между продольными балками рамы транспортера и кронштейнами, приваренными к боковым стенкам ванны.

Исходя из габаритных размеров опытного образца машины МВС-1,0, количество скребков транспортера семян ржи составляло 9 штук, которые по длине транспортера были установлены с шагом 0,150 м. Количество скребков транспортера семян ржи и шаг между ними выбраны согласно конструкционным расчетам по обеспечению непрерывного вывода очищенного зерна ржи со дна ванны для расчетной удельной зерновой нагрузки $q_{\text{уд}} = 67,377 \dots 177,990 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2)$.

При варьировании зазора Δ между рабочим краем скребков транспортера семян ржи и дном ванны, а также частоты n_1 вращения вала транспортера изменением числа z зубьев ведущей звездочки испытания по выносу жидкости из ванны опытного образца машины МВС-1,0 проводили каждый раз продолжительностью по 30 минут. Для визуальной фиксации вывода жидкости из ванны на выходе под транспортером семян ржи была установлена наклонная

поверхность серого цвета (рисунок 1, б).

Исходя из трехкратной повторности опытов, оценку по выносу жидкости из ванны машины МВС-1,0 скребками транспортера осуществляли средним значением относительного объема $V_{отн.ж}$ вынесенной жидкости опытного образца машины МВС-1,0 (%):

$$V_{отн.ж} = \frac{V_{вын.ж}}{V_{ж.ванны}} \cdot 100 \quad (2)$$

где $V_{вын.ж}$ – среднее значение объема вынесенной жидкости, л;

$V_{ж.ванны}$ – рабочий объем жидкости в ванне машины, $V_{ж.ванны} = 75$ л.

После каждого опыта определение вынесенного объема $V_{вын.ж}$ рабочей жидкости осуществляли доливкой водного раствора соли в ванну опытного образца машины МВС-1,0 до контрольного уровня, находящегося ниже на 0,060 м верхней кромки стенок ванны. Для этого использовали мерную емкость: Мензурка 1000.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались на персональном компьютере NITRO 5 с использованием специальной программы статистической обработки данных SigmaPlot 11.0. Полученная графическая зависимость была создана в редакторе векторной графики CorelDRAW X8.

Результаты и обсуждение. Излишний расход рабочей жидкости при очистке зерна ржи от ядовитых примесей по плотности в водном растворе соли может оказать существенное влияние на технико-экономические показатели разработанной машины МВС-1,0. Данный показатель во многом будет зависеть от зазора Δ между рабочим краем скребков транспортера семян ржи и поверхностью днища ванны, а также частоты n_1 вращения вала транспортера. Это обуславливает проведение практических экспериментов при варьировании данными параметрами при работе опытного образца машины МВС-1,0 без подачи зернового материала.

Зависимость относительного объема $V_{отн.ж}$ вынесенной жидкости из ванны опытного образца машины МВС-1,0 от зазора Δ между скребками транспортера семян ржи и поверхностью днища ванны и частоты n_1 вращения вала транспортера представлена на рисунке 2.

Зависимость относительного объема $V_{отн.ж}$ вынесенной жидкости из ванны опытного образца машины МВС-1,0 от зазора Δ между рабочим краем скребков транспортера семян ржи и поверхностью днища ванны и частоты n_1 вращения вала транспортера выражается формулой (%)

$$V_{отн.ж} = 0,187 - 0,342\Delta - 0,005n_1 + 0,079\Delta^2 + 0,001 n_1^2, \quad R^2 = 0,929. \quad (3)$$

Из полученного уравнения (3) следует, что на показатели $V_{отн.ж}$ существенное влияние оказывает зазор Δ между скребками транспортера семян ржи и днищем ванны, чем частота n_1 вращения транспортера, определяемая изменением числа z зубьев ведущей звездочки. Достоверность полученной регрессионной модели выражается малыми отклонениями фактических значений от расчетных $|V_{отн.ж} - \dots|$, составляющих по модулю 0,0020...0,0828 %. Скорректированный коэффициент множественной детерминации R^2 (Adj Rsqr) показывает, что 92,9 % изменения функции $V_{отн.ж} = f(\Delta, z)$ объясняется вариацией ее переменных Δ и z . Остальные 7,1 % изменения функции $V_{отн.ж} = f(\Delta, z)$ объясняются факторами, не учтенными в принятой модели. Потому можно считать полученную регрессионную модель хорошего качества.

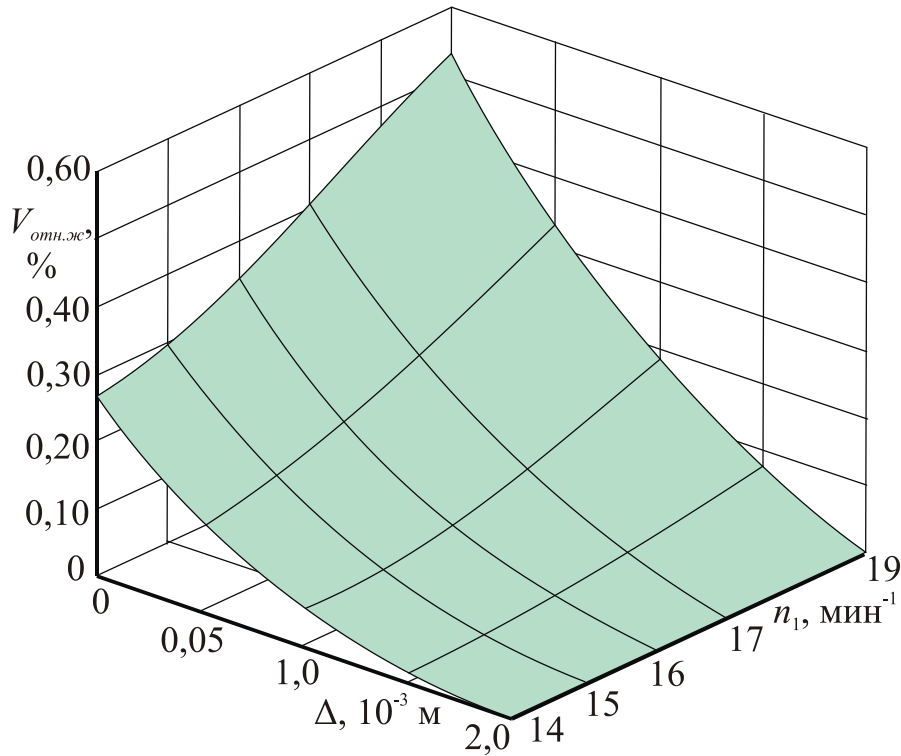


Рисунок 2. Зависимость относительного объема $V_{отн.жс}$ вынесенной жидкости из ванны опытного образца машины МВС-1,0 от зазора Δ между скребками транспортера семян ржи и дном ванны и частоты n_1 вращения вала транспортера

Поверхность отклика, представленная на рисунке 2, показывает, что при отсутствии зазора ($\Delta = 0$) между рабочим краем скребков и поверхностью дна при любой исследуемой частоте n_1 вращения вала транспортера семян происходит вынос части жидкости из ванны. Причем с увеличением частоты n_1 вращения вала транспортера относительный объем $V_{отн.жс}$ вынесенной жидкости из ванны возрастает. Так, при частоте вращения вала транспортера $n_1 = 14 \text{ мин}^{-1}$ ($z = 32$ шт.) относительный объем $V_{отн.жс}$ вынесенной жидкости из ванны составляет 0,267 %, а с увеличением частоты n_1 до 19 мин^{-1} ($z = 24$ шт.) относительный объем $V_{отн.жс}$ возрастает до 0,533 %.

С увеличением зазора Δ между рабочим краем скребков и поверхностью дна происходит снижение количества относительного объема $V_{отн.жс}$ вынесенной жидкости из ванны. Так, при установке зазора Δ между рабочим краем скребков и поверхностью дна величиной в $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и частоте вращения вала транспортера $n_1 = 14 \text{ мин}^{-1}$ ($z = 32$ шт.) относительный объем $V_{отн.жс}$ вынесенной жидкости из ванны составляет 0,053 %, а при $n_1 = 19 \text{ мин}^{-1}$ ($z = 24$ шт.) относительный объем $V_{отн.жс}$ равен 0,200 %. Наличие зазора $\Delta = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ между рабочим краем скребков и поверхностью дна обуславливает снижение относительного объема $V_{отн.жс}$ вынесенной жидкости из ванны в 2,7...5,0 раза по сравнению с показателями $V_{отн.жс}$ при $\Delta = 0$. Это связано с тем, что после выхода из жидкости скребков транспортера и движении их в направлении выгрузки значительное количество водного раствора соли стекает по наклонному дну обратно в ванну через данный зазор $\Delta = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и зазор между скребками транспортера семян и боковыми стенками ванны, равное $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Скребки вращающегося транспортера семян ржи не выбрасывают жидкость наружу из ванны при зазоре $\Delta = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ между рабочим краем скребков и поверхностью дна при любой частоте n_1 вращения вала транспортера. После выхода из жидкости скребков и движении их в направлении выгрузки жидкость с них полностью стекает по наклонному дну обратно в ванну через установленный зазор между рабочим краем скребков и поверхностью дна. Расстояние $L = 93,3 \text{ мм}$, вычисленное по выражению (1) и проходимое скребками вращающегося

транспортера после выхода из водного раствора соли, достаточно эффективно обеспечивает данный технологический процесс.

Выводы. Таким образом, при зазоре $\Delta = 2,0 \cdot 10^{-3}$ м между рабочим краем скребков транспортера семян ржи и поверхностью днища ванны опытного образца машины МВС-1,0 при любой исследуемой частоте вращения транспортера семян ржи ($14 \dots 19 \text{ мин}^{-1}$) исключается вынос наружу водного раствора соли. При этом с учетом линейных размеров зерна ржи [20] будет обеспечиваться его вывод из ванны данной машины без пересыпания в зазоре между скребками транспортера и поверхностью днища ванны. Это обстоятельство обусловит высокую технологичность рабочего процесса опытного образца машины МВС-1,0 выделения ядовитой спорыньи из зерна ржи по плотности в водном растворе соли.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алдошин Н. В. Пути улучшения работы очистки зерноуборочного комбайна // Техника и технология АПК. 1917. № 6. С. 43-47. DOI: <http://doi.org/10.268971/1728-7936-2017-6-43-47>.
2. Галкин В. Д., Галкин А. Д., Елисеев С. Л. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян : монография. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. 234 с.
3. Гиевский А. М., Гулевский В. А., Оробинский В. И. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 3 (85). С. 12-16. DOI: <https://doi.org/10.26897 / 1728-7936-2018-3-12-16>.
4. Патент № 2631556 Российская Федерация, МПК В65D 88/26. Бункер для сыпучих материалов : № 2016140581 : заявл. 14.10.2016 : опубл. 25.09.2017 / Саитов В. Е., Фарафонов В. Г., Суворов А. Н., Саитов А. В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия».
5. Патент № 2689470 Российская Федерация, МПК В03В 5/48, В02В 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2018136461/03 : заявл. 15.10.2018 : опубл. 28.05.2019 / Саитов А. В., Гатауллин Р. Г., Саитов В. Е. ; заявитель и патентообладатель Саитов Алексей Викторович.
6. Устойчивость сортов ржи к спорынье и содержание эргоалкалоидов в *Sclerotia claviceps purpurea* в условиях Кировской области / Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, В. П. Желифонова [и др.] // Микология и фитопатология. 2019. № 53 (3). С.177-182. DOI: <https://doi.org/10.1134 / S0026364819030127>.
7. Щеклеина Л. М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Slavicep spurpurea* (Fr.) Tul и уровень эрозии спорыньей в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (2). С.134–143. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2>.
8. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Проблема спорыньи пурпурной (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.): история и настоящее (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 1. С. 5-12. DOI: <http://doi.org/10.25750/1995-4301-2013-1-005-012>.