

УДК 631.361:633.1

АНАЛИЗ ВЕЛИЧИНЫ РАСХОДА РАБОЧЕГО ВОДНОГО РАСТВОРА СОЛИ ПРИ ОЧИСТКЕ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Сайтов А. В., аспирант¹

E-mail: alexeysaitov@yandex.ru

Гатауллин Р. Г., кандидат технических наук²

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

Сайтов 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

При проведении исследований рабочего процесса машины МВС-1,0 в опытах использовано зерно озимой ржи сорта Фаленская 4 влажностью 15 %. В качестве рабочей жидкости использован водный раствор хлористого натрия (NaCl) плотности $\rho_{ж} = 1150 \text{ кг/м}^3$, соответствующий 100 % всплытию склеротий спорыньи на поверхность раствора. Установлено, что удельный объем водного раствора соли, выносимого при очистке зерна ржи от ядовитой спорыньи, составляет 0,065 л/кг, а соответствующая удельная масса соли хлористого натрия (NaCl), необходимая для приготовления удаляемого раствора, равна 0,016. Проведенные исследования позволяют производителю зерновых культур планировать расходы на приготовление рабочей жидкости при очистке убранного урожая зерна от ядовитой спорыньи и получении элитных семян.

Ключевые слова: зерновой материал, машина для очистки зерна, водный раствор соли, вредная примесь, удельный объем водного раствора соли

ANALYZING THE CONSUMPTION VALUE OF WORKING AQUEOUS SALT SOLUTION WHEN CLEANING GRAIN CROPS SEEDS FROM HARMFUL IMPURITIES

Saitov A. V., postgraduate 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

Annotation

During the studies of the working process of the machine MVS-1.0, winter rye grain of the Falenskaya 4 variety with a moisture content of 15 % has been used in the experiments. The aqueous solution of sodium chloride (NaCl) with the density of $\rho_{\text{ж}} = 1150 \text{ kg/m}^3$ has been used as the working fluid, corresponding to 100 % floating of ergot sclerotia on the solution surface. It has been found out that the specific volume of the aqueous salt solution removed during the cleaning of rye grain from poisonous ergot is 0.065 l/kg, and the corresponding specific gravity of sodium chloride salt (NaCl), necessary for preparing the removed solution, is 0.016. The conducted studies allow the producer of grain crops to plan the costs of preparing the working fluid when cleaning the harvested grain from poisonous ergot and obtaining elite seeds.

Keywords: grain material, grain cleaning machine, aqueous salt solution, harmful impurity, specific volume of aqueous salt solution

Введение. Увеличение валового сбора зерна является важнейшей задачей любой страны для обеспечения населения продуктами питания. При этом для повышения производства зерна необходимо использование для посева качественных семян, которые должны быть очищены от различных примесей и болезнетворных микроорганизмов на зерноочистительном пункте [1, 6].

В бункерном зерновом ворохе комбайна могут содержаться, кроме зерна, также различные сорные и вредные примеси. К вредным примесям относятся склеротии спорыньи, которые являются ядовитыми [7, 8].

Для выделения склеротий спорыньи из зерна можно использовать водные растворы неорганических солей. Склеротии спорыньи, имеющие меньшую плотность по сравнению с зерном, будут всплывать на поверхность водного раствора соли, а зерно – тонуть в водном растворе соли. Данным способом можно выделить примеси из зернового материала за один технологический процесс разработанной зерноочистительной машиной [3-5].

Одними из параметров технологического процесса данной машины является расход рабочей жидкости и количество необходимой массы соли для приготовления расходуемого объема водного раствора соли. Знание данных параметров позволит производителю зерновых культур планировать расходы на приготовление рабочей жидкости при очистке зерна от ядовитой спорыньи для получения элитных семян.

Цель исследования – определение удельного объема водного раствора соли, выносимого при очистке зерна ржи от ядовитой спорыньи по плотности в водном растворе соли.

Материал и методы. Экспериментальные исследования по определению удельного объема водного раствора соли, выносимого при очистке зерна ржи мокрым способом, проводили с использованием опытного образца машины МВС-1,0 для выделения ядовитой спорыньи из зерна ржи по плотности массы в водном растворе соли. Общий вид рабочего процесса машины МВС-1,0 для выделения ядовитых примесей из зерна озимой ржи представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Общий вид рабочего процесса опытного образца машины МВС-1,0 для выделения ядовитых примесей из зерна озимой ржи:
 а – при удельной зерновой нагрузке $q_{\text{зд}} = 67,377 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$;
 б – при удельной зерновой нагрузке $q_{\text{зд}} = 143,553 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$

Для проведения испытаний в ванну машины МВС-1,0 наливался водный раствор хлористого натрия (NaCl) плотности $\rho_{\text{жс}} = 1150 \text{ кг}/\text{м}^3$. Эта плотность водного раствора соли соответствовала 100 % всплыванию склерозий спорыньи на поверхность раствора. Выпускное отверстие загрузочного бункера [2] устанавливалось на высоту 0,060 м относительно поверхности жидкости. В загрузочный бункер засыпали зерно озимой ржи Фаленская 4 и осуществляли запуск транспортера семян с последующим открытием регулировочной заслонкой выпускного отверстия загрузочного бункера. Частота вращения транспортера семян составляла 14 мин^{-1} .

Оценка выносимого объема водного раствора соли из ванны машины МВС-1,0 очищенным зерном и необходимого количества соли хлористого натрия (NaCl) для приготовления расходуемого раствора осуществлялась обработкой зернового материала массой 100 кг при варьировании через каждые 10 кг.

Определение расходуемого объема рабочей жидкости осуществляли доливкой водного раствора соли в ванну опытного образца машины МВС-1,0. Для этого использовали мерную емкость: Мензурка 1000.

Обработка полученных экспериментальных данных проведена на персональном компьютере NITRO 5 при помощи пакета программ офисной документации по статистической обработке информации Microsoft Excel 2013.

Результаты и обсуждение. Визуальными наблюдениями установлено, что потонувшая зерновая масса в ванне с водным раствором соли пребывает не более 20,0...30,0 секунд. За такое относительно короткое время проникновение жидкости внутрь зерна не происходит, смачивается только поверхность зерна. При выводе очищаемого зерна водный раствор соли с него и со скребков стекает по наклонному днищу обратно в ванну через зазор $\Delta = 0,002 \text{ м}$ между рабочим краем скребков и поверхностью днища на его участке выше поверхности раствора. При этом уровень воды был ниже на 0,060 м верхней кромки стенок ванны. Тогда расстояние, проходимое скребками в ванне после выхода их из воды, определяется по выражению

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

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

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

В результате зерновая масса поступает наружу из ванны с водным раствором соли только поверхностно увлажненная.

В результате проведенных экспериментов полученные зависимости объема $V_{жс}$ вынесенного водного раствора соли из ванны машины МВС-1,0 очищенным зерном и необходимого количества m_c соли хлористого натрия (NaCl) для приготовления расходуемого объема $V_{жс}$ раствора плотности $\rho_{жс} = 1150 \text{ кг/м}^3$ от массы m_z очищаемого зернового материала представлены на рисунке 2.

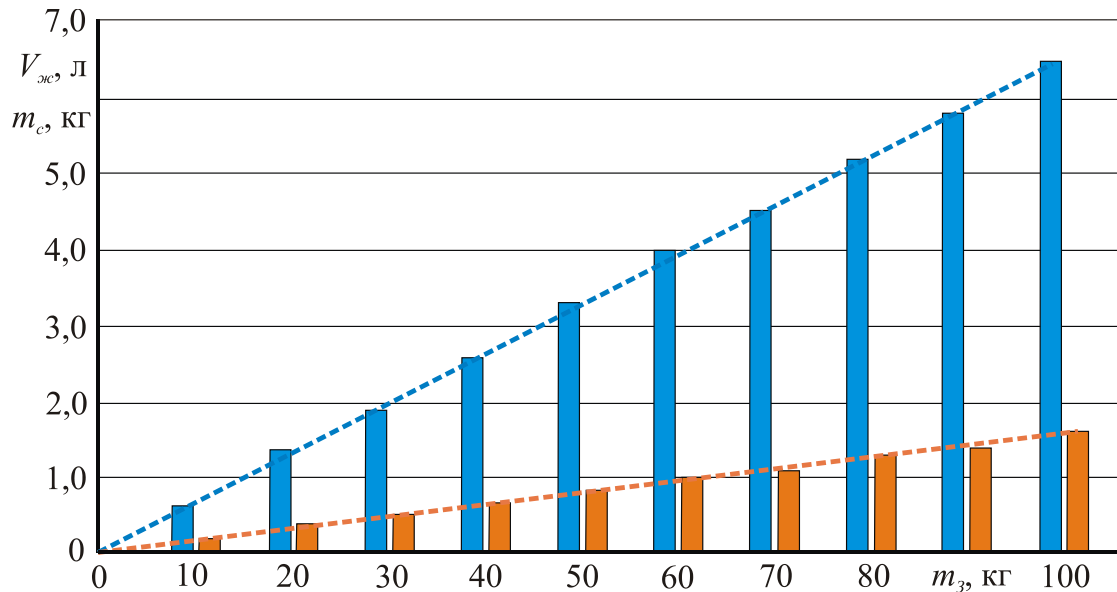


Рисунок 2. Зависимости объема $V_{жс}$ (■) вынесенного водного раствора соли из ванны машины МВС-1,0 очищенным зерном и необходимого количества m_c (■) соли хлористого натрия (NaCl) для приготовления расходуемого объема $V_{жс}$ раствора плотности $\rho_{жс} = 1150 \text{ кг/м}^3$ от массы m_z очищаемого зернового материала

Из полученных графиков следует, что зависимости объема $V_{жс}$ вынесенного водного раствора соли из ванны машины МВС-1,0 очищенным зерном и необходимого количества m_c соли хлористого натрия (NaCl) для приготовления расходуемого объема $V_{жс}$ раствора плотности $\rho_{жс} = 1150 \text{ кг/м}^3$ от массы m_z очищаемого зернового материала выражаются следующими линейными уравнениями:

$$V_{жс} = 0,027 + 0,065m_z, \quad r = 0,999, \quad (2)$$

$$m_c = 0,046 + 0,016m_z, \quad r = 0,999. \quad (3)$$

Из графика 2 видно, что линии тренда экспериментальных данных проходят через начало координат. Однако в выражениях (2) и (3) имеются свободные члены, не равные нулю, значения которых совершенно минимальны. Это объясняется тем, что параметры уравнений линейных регрессионных моделей являются случайными величинами. Они получены обработкой экспериментальных данных методом наименьших квадратов. А сами экспериментальные данные получаем с погрешностями. Это обстоятельство связано допустимыми погрешностями измерений при получении экспериментальных данных. При обработке зернового материала большими объемами значениями свободных членов можно пренебречь из-за их малости.

Коэффициенты r достоверности аппроксимации зависимостей (2) и (3) практически близки к 1,0, что свидетельствует о чрезвычайно высокой степени соответствия трендовой модели экспериментальным данным. Это характеризует аппроксимацию, как регрессионную модель практически абсолютно достоверную.

Из полученных зависимостей следует, что с увеличением массы m_z очищаемого зернового материала машиной МВС-1,0 объем $V_{жс}$ вынесенного водного раствора соли из ванны данной машины линейно возрастает. Соответственно, необходимое количество m_c соли хлористого натрия (NaCl) для приготовления расходуемого объема $V_{жс}$ раствора также подчиняется линейному закону.

В результате обработки зерновой массы m_z в количестве 100 кг объем $V_{жс}$ вынесенного водного раствора соли составляет 6,5 литров, а необходимое количество m_c соли хлористого натрия (NaCl) для приготовления данного объема $V_{жс}$ израсходованного раствора составляет 1,6 кг.

Исходя из полученных данных следует, что объем вынесенного водного раствора соли из ванны машины при обработке единицы зерновой массы m_z , определяющий удельный объем водного раствора соли, выносимый при очистке зерна ржи от ядовитой спорыньи, составляет 0,065 л/кг, а соответствующая удельная масса соли хлористого натрия (NaCl), необходимая для приготовления вынесенного раствора, равна 0,016.

Тогда из проведенных исследований с учетом удельных величин, оценивая расход рабочего водного раствора соли из ванны машины МВС-1,0 при варьировании зерновой массой m_z до 1000 кг через каждые 100 кг, прирост объема $V_{жс}$ вынесенного водного раствора соли зерновой массой m_z и массы m_c соли для приготовления данного объема $V_{жс}$ будут линейно возрастать. Соответственно, при обработке 1000 кг зерновой массы m_z расход $V_{жс}$ водного раствора соли составит 65,0 литров, а масса m_c соли для приготовления данного объема $V_{жс}$ израсходованной жидкости потребуется не более 16,0 кг.

Выводы. Установлено, что с увеличением массы m_z очищаемого зернового материала машиной МВС-1,0 объем $V_{жс}$ вынесенного водного раствора соли из ванны со смоченными семенами линейно возрастает. Необходимое количество m_c соли хлористого натрия (NaCl) для приготовления расходуемого объема $V_{жс}$ раствора подчиняется линейному закону. При массе очищенного зернового материала $m_z = 100$ кг расход $V_{жс}$ водного раствора соли составляет 6,5 литров, а необходимое количество m_c соли для приготовления данного объема $V_{жс}$ израсходованного раствора составляет 1,6 кг. Соответственно, удельный объем водного раствора соли при очистке зерна ржи от ядовитой спорыньи составляет 0,065 л/кг, а соответствующая удельная масса соли хлористого натрия (NaCl), необходимая для приготовления вынесенного раствора, равна 0,016. Проведенные исследования показывают достаточно невысокий расход $V_{жс}$ водного раствора соли и необходимой массы m_c соли для приготовления расходуемого объема $V_{жс}$ раствора, позволяют производителю зерновых культур оценить расходы на приготовление рабочей жидкости при очистке зерна ржи от ядовитой спорыньи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Патент № 2631556 Российская Федерация, МПК В65D 88/26. Бункер для сыпучих материалов : № 2016140581 : заявл. 14.10.2016 : опубл. 25.09.2017 / Сайтов В. Е., Фарафонов В. Г., Суворов А. Н., Сайтов А. В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия».
3. 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 / Сайтов А. В., Гатауллин Р. Г., Сайтов В. Е. ; заявитель и патентообладатель Сайтов Алексей Викторович.
4. Патент № 2701905 Российская Федерация, МПК В03В 5/48, В02В 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2017117998 ; заявл. 23.05.2017 ; опубл. 02.10.2019 / Сайтов А. В., Гатауллин Р. Г., Сайтов В. Е., Фарафонов В. Г. ; заявитель Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия».

5. Патент № 2757605 Российская Федерация, МПК В03В 5/48, В02В 1/04. Машина для отделения спорыньи из зерна злаковых культур : № 2021107620 : заявл. 22.03.2021 : опубл. 19.10.2021 / Сайтов А. В., Гатауллин Р. Г., Сайтов В. Е., Фарафонов В. Г.; заявитель ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НОВАТОР-АГРО» (ООО «НОВАТОР-АГРО»).

6. Разработка технических средств для послеуборочной обработки зерна / В. А. Сысуев, П. А. Савиных, Н. П. Сычугов [и др.] // Техника и оборудование для села. 2006. № 10. С. 20-24.

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>.