

Литература

1. Сапсалева, Т. Л. Использование рапса и продуктов его переработки в кормлении крупного рогатого скота / Т. Л. Сапсалева, В. Ф. Радчиков // Новые подходы, принципы и механизмы повышения эффективности производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 5–6 июня 2014 г. / ГНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции Россельхозакадемии, Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2014. – С. 28–31.
2. Эффективность использования минеральных добавок из местных источников сырья в рационах телят / В. Ф. Радчиков [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – Жодино, 2010. – Т. 45. – № 2. – С. 185–191.
3. Новые сорта зерна крестоцветных и зернобобовых культур в рационах ремонтных телок / В. Ф. Радчиков [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 2. – С. 64–68.
4. Радчиков, В. Ф. Скармливаем жом – деньги бережем / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, В. К. Гурин // Белорусское сельское хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 58.
5. Сыворотка молочная казеиновая в кормлении молодняка крупного рогатого скота / А. М. Глинкова [и др.] // Новые подходы, принципы и механизмы повышения эффективности производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 5–6 июня 2014 г. / ГНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции Россельхозакадемии, Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2014. – С. 26–28.
6. Жом в кормлении крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков [и др.] // Сахар. – 2016. – № 1. – С. 52–55.
7. Трансформация энергии рационов бычками в продукцию при использовании сапропеля / В. Ф. Радчиков [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – Жодино, 2014. – Т. 49. – № 2. – С. 148–158.
8. Яцко, Н. А. Местные источники энергии и белка в рационах племенных телок / Н. А. Яцко, В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, В. П. Цай // Ученые записки УО ВГАВМ. – Витебск: УО «Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины», 2011. – Т. 47. – № 1. – С. 471–474.
9. Шейко, И. П. Продуктивность бычков и качество мяса при повышенном уровне энергии в рационе / И. П. Шейко, И. Ф. Горлов, В. Ф. Радчиков // Зоотехническая наука Беларуси. – Жодино, 2014. – Т. 49. – № 2. – С. 216–223.
10. Радчиков, В. Ф. Физиологическое состояние и продуктивность ремонтных телок при использовании в рационах местных источников белка, энергии и биологически активных веществ / В. Ф. Радчиков, В. Н. Куртина, В. К. Гурин // Зоотехническая наука Беларуси. – Жодино, 2012. – Т. 47. – № 2. – С. 207–214.
11. Особенности рубцового пищеварения нетелей при скармливании рационов в летний и зимний периоды / В. П. Цай [и др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности животных и конкурентоспособности продукции животноводства в современных экономических условиях АПК РФ: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П. А. Столыпина». – Ульяновск, 2015. – Т. 1. Серия кормпроизводство, кормл. с.-х. животных. – С. 300–303.
12. Новые комбикорма-концентраты в рационах ремонтных телок 4–6-месячного возраста / С. И. Кононенко [и др.] // Сб. науч. тр. Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – Краснодар, 2014. – Т. 3. – С. 128–132.
13. Энергетическое питание молодняка крупного рогатого скота: монография / В. Ф. Радчиков [и др.]; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству». – Жодино, 2014.
14. Высококачественная говядина при использовании продуктов переработки рапса в кормлении бычков / В. Ф. Радчиков [и др.] // Инновации и современные технологии в сельском хозяйстве: сб. науч. ст. по материалам междунар. науч.-практ. Интернет-конференции (4–5 февраля). – Ставрополь: Агрус, 2015. – С. 300–308.
15. Экструдированный обогатитель на основе льносемени и ячменной крупки в рационах телят / В. Ф. Радчиков [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2015. – № 1. – С. 92–97.

УДК 624.954

Поступила в редакцию 24.08.2018
Received 24.08.2018

Э. В. Дыба

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: dibua-18@mail.ru*

ОЦЕНКА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ БУНКЕРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ КОРМОВ МЕТОДОМ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

В статье приводятся результаты выполненных исследований по оценке работы устройства очистки бункеров для хранения кормов методом регрессионного анализа.

Ключевые слова: бункер, манипулятор, давление, насадка, очистка, сопло, устройство, макетная установка, загрязнение.

E. V. Dyba

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: dibua-18@mail.ru*

EVALUATION OF THE WORK OF THE DEVICE OF CLEANING OF BUNKERS FOR STORAGE OF FORAGES BY METHOD OF THE REGRESSION ANALYSIS

Results of the executed researches on evaluation of the work of the device of cleaning of bunkers for storage of forages by method of the regression analysis are given in article.

Keywords: bunker, manipulator, pressure, nozzle, cleaning, device, model installation, pollution.

Введение

В АПК Республики Беларусь на животноводческих, свиноводческих и птицеводческих фермах и комплексах для хранения зерна, комбикормов или кормовых добавок используются более 2,5 тыс. металлических бункеров (силосов) различной вместимости [1]. В процессе их эксплуатации внутри хранилища накапливаются остатки корма, которые со временем в результате биологических изменений становятся источником размножения и дальнейшего распространения зерновых вредителей, а также патогенной микрофлоры, мха, плесени. Из-за появления источников загрязнений, их постоянного контакта с хранимым материалом значительно снижается кормовая ценность последнего, а при попадании в организм животного такой корм становится одной из причин заболеваний пищеварительной системы, нарушения обмена веществ.

Микозы и микотоксикозы наносят животноводству ощутимый экономический ущерб, связанный с большой потерей поголовья животных, снижением продуктивности и качества продукции [2, 3].

Для предупреждения образования физико-биологических загрязнений внутри бункеров для хранения кормов и снижения уровня бактериологической обсемененности из-за развития микроорганизмов и патогенной микрофлоры необходимо регулярно проводить внутреннюю очистку и дезинфекцию применяемого емкостного оборудования.

Технологическая очистка внутренней поверхности силоса необходима для обеспечения требуемых условий для правильной эксплуатации измерительных приборов (датчиков температуры, влажности, уровня), также она способствует повышению взрывобезопасности оборудования.

Особо необходимо отметить актуальность данной работы в свете требований технического регламента Таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна», в котором отражены обязательные для применения и исполнения требования к зерну и связанные с ними требования к процессам производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации в целях защиты жизни и здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений. Аналогичные требования изложены и в проекте технического регламента Таможенного союза «О безопасности кормов и кормовых добавок», который вступит в действие в ближайшее время.

Нарушение правил и изменение условий хранения кормов является одной из причин ухудшения их качества, что делает корма непригодными для скармливания в натуральном виде.

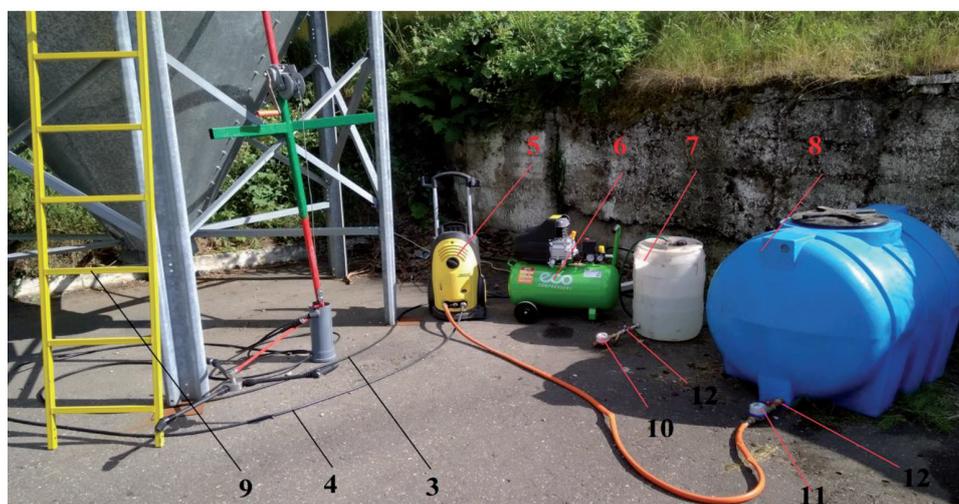
Таким образом, выполнение исследований по данному научному проекту направлено на обеспечение сохранности качества кормов, находящихся в емкостных хранилищах, за счет эффективной очистки внутренней поверхности бункера от физико-биологических загрязнений, продления срока эксплуатации оборудования.

С этой целью лабораторией механизации и автоматизации технологических процессов в свиноводстве и птицеводстве РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в рамках выполнения задания 4.25 «Исследование процесса внутренней очистки бункеров для хранения кормов на животноводческих фермах от физико-биологических загрязнений с обоснованием конструктивно-кинематических параметров устройства обработки» подпрограммы «Механизация и автоматизация процессов в АПК» ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства», 2016–2020 годы, разработана макетная установка устройства обработки

бункеров для хранения кормов (рисунок 1), предназначенная для очистки и дезинфекции внутренней поверхности бункеров (силосов) от остатков кормов, патогенной микрофлоры, мха, плесени и прочих вредоносных начал.



а



б

а – манипулятор со сменными пневмогидравлическими насадками; б – общий вид макетной установки

1 – манипулятор; 2 – пневмогидравлические насадки; 3 – шланг высокого давления подключения пневматической магистрали; 4 – шланг высокого давления подключения гидравлической магистрали; 5 – мойка высокого давления; 6 – компрессор; 7 – емкость для химического раствора; 8 – резервуар для оmyвающей жидкости; 9 – лестница; 10 – счетчик расхода химического раствора; 11 – счетчик расхода оmyвающей жидкости; 12 – кран шаровой

Рисунок 1. – Устройство очистки бункеров для хранения кормов

Основным критерием работоспособности устройства обработки бункеров является качество очистки внутренней поверхности силосов, которое характеризуется площадью очищенной поверхности. Поэтому исследование качества очистки внутренней поверхности силосов, которое характеризуется площадью очищенной поверхности, в зависимости от изменения давления подачи очищающей жидкости, угла наклона сопла и количества насадок является актуальной научной задачей.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являлось устройство очистки бункеров для хранения кормов. Программой исследований предусматривалось изучить влияние основных конструктивных и кинематических параметров устройства (давление подачи оmyвающей жидкости, угол наклона сопла

щелевой насадки и количество насадок) на качество (эффективность) очистки внутренней поверхности бункеров от загрязнений с целью обоснования их рациональных параметров.

Исследования проводились при очистке бункеров БСК-15 в производственных условиях. Внутреннюю поверхность бункеров по высоте разбивали на участки, равные 0,2 м. Затем проводили очистку поверхности при заданных параметрах настройки макетной установки. Эффективность очистки определяли прямым подсчетом площади очищенной поверхности. При подсчете площади очистки контур пятна обводили через прозрачную полиэтиленовую пленку, а затем, накладывая пленку на миллиметровую бумагу, считали площадь, заключенную в контуре, нанесенном на полиэтиленовую пленку. Затем определяли площадь очищенной поверхности бункера путем вычета из общей площади обрабатываемого участка площади оставшихся пятен.

Для изучения комплексного влияния конструктивных и кинематических параметров макетной установки устройства обработки бункеров для хранения кормов на качество очистки внутренней поверхности бункеров (силосов) применили методы физического моделирования и математической теории планирования эксперимента.

Основной задачей планирования эксперимента является получение статистической математической модели объекта исследования в виде полинома (уравнения регрессии) чаще всего первой или второй степени [4–9]. Уравнение регрессии позволит оценить влияние воздействующих факторов x_i на качество (эффективность) очистки внутренней поверхности бункеров (силосов) y :

$$y = b_0 + \sum_i^k b_i x_i + \sum_{i>j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=j}^k b_{ij} x_i^2, \quad (1)$$

где x_i, x_j – кодовое обозначение факторов; b_0 свободный член, равный выходу при $x_i = 0$; b_i – коэффициенты регрессии соответствующих факторов, указывающие на влияние того или иного фактора на изучаемый объект; b_{ij} – коэффициент регрессии соответствующих факторов двойного взаимодействия.

В качестве критерия оптимизации рассматривалась площадь очищенной внутренней поверхности бункеров (силосов) $S_{оч}$, характеризующая эффективность и качество очистки бункеров. Данный критерий предполагает, что после очистки бункеров на их внутренней поверхности не должны присутствовать остатки кормов и другие загрязняющие вещества.

В процессе очистки внутренней поверхности бункеров важное влияние на площадь очищенной поверхности оказывают следующие факторы: давление подачи очищающей жидкости ($P_{ж}$, МПа), угол наклона сопла (α , град.) и количество насадок (n_n , шт.).

Уровни варьирования факторов были определены из следующих соображений. Пределы изменения давления подачи очищающей жидкости, исходя из технической характеристики аппарата высокого давления, ограничены от 3 до 15 МПа. Изменение давления подачи жидкости осуществляют регулировочным маховиком, а контроль давления – по манометру. Поэтому данные значения давления (3–15 МПа) приняты в качестве нижнего и верхнего уровней варьирования фактора соответственно.

В манипуляторе в распределяющую шайбу вкручиваются сменные пневмогидравлические насадки с поворотным соплом. Угол наклона сопла по технической характеристике изменяется в пределах от 0 до 45 градусов. Минимальный угол, при котором происходит вращение механизма очистки, составляет 5 градусов. Установка угла наклона сопла насадки осуществляется с помощью транспортира. За нижний и верхний уровни варьирования фактора приняты значения угла наклона сопла, равные 5 и 45 градусам соответственно.

Из приведенного ранее обзора и анализа [10–16] следует, что для обеспечения качественной очистки внутренней поверхности бункеров количество насадок, при котором расход очищающей жидкости достигает минимального значения, не превышает пяти штук. Как отмечалось ранее, пневмогидравлические насадки с поворотным соплом вкручиваются в распределяющую шайбу, поэтому для проведения исследований были изготовлены три распределяющие шайбы с 1, 3 и 5 выходами (рисунок 2).

Уровни варьирования факторов и кодовые обозначения переменных приведены в таблице 1.

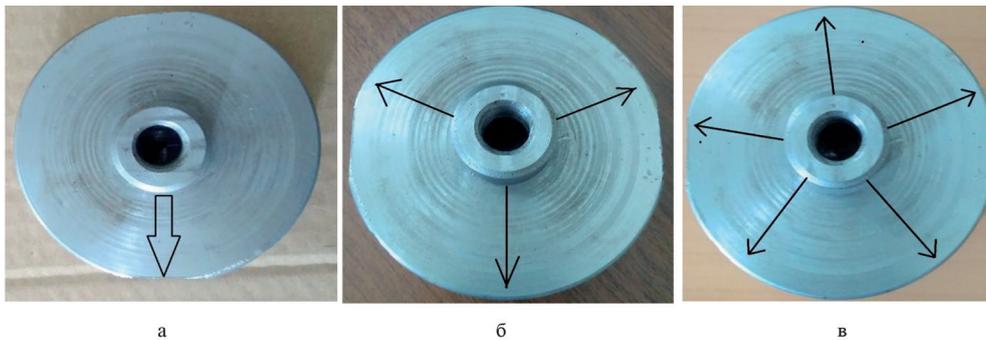


Рисунок 2. – Экспериментальные образцы распределяющих шайб с 1 (а), 3 (б) и 5 (в) выходами

Таблица 1. – Уровни варьирования факторов и их кодовое обозначение

Кодовое обозначение фактора	Давление подачи очищающей жидкости, ($P_{ж}$)	Количество насадок, (n_n)	Угол наклона сопла, (α)
	X_1	X_2	X_3
Размерность	<i>МПа</i>	<i>шт.</i>	<i>град.</i>
Верхний уровень	15	5	45
Базовый уровень	9	3	25
Нижний уровень	3	1	5
Интервал варьирования	6	2	20

Результаты исследований

Площадь очищенной внутренней поверхности бункеров (силосов) в зависимости от исследуемых параметров изменяется по параболическим кривым. Это послужило основанием предположить, что факторное пространство описывается уравнением регрессии в виде полинома второй степени, который имеет следующий вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3. \quad (2)$$

Для получения уравнения регрессии второго порядка проводился анализ с целью выбора метода планирования эксперимента, в результате которого было предложено реализовать некомпозиционный план по методу Бокса-Бенкина [17–20]. Выбранный план Бокса-Бенкина имеет тип 3^k . В данном плане выбранные переменные варьируются на трех уровнях: +1, 0, –1, что упрощает и удешевляет эксперимент по сравнению с центральными композиционными ротатабельными планами второго порядка, где предусматривается использование каждого фактора на пяти уровнях [4–9].

Таким образом, по результатам расчета было получено уравнение регрессии второго порядка, которое имеет вид:

$$y_{S_{i\div}} = 1,31 - 0,19x_1 + 0,04x_2 + 0,11x_3 + 0,14x_1^2 - 0,09x_2^2 - 0,3x_3^2 - 0,06x_1x_2 - 0,06x_1x_3. \quad (3)$$

Подставив в уравнение (3) натуральные значения факторов x_1 , x_2 , x_3 , получим функцию отклика в натуральных показателях:

$$S_{оч} = 0,8 - 0,074P_{ж} + 0,2n_n + 0,05\alpha + 0,004P_{ж}^2 + 0,023n_n^2 + 0,0008\alpha^2 - 0,0005P_{ж}\alpha - 0,005P_{ж}n_n. \quad (4)$$

При анализе уравнения регрессии второго порядка (3) установлено, что адекватность уравнения в кодированном виде при уровне значимости 0,05 % говорит о том, что погрешность вычислений при реализации полученных моделей на практике в установленном диапазоне варьирования факторов не превысит 5 %.

На основании реализации эксперимента и проверки воспроизводимости опытов $G = 0,259 \leq G_{0,05(15)} = 0,335$ получена полиномиальная адекватная $S_{\Delta U} = 0,023 \leq S_{y,0} = 0,049$ модель влияния конструктивных и кинематических параметров макетной установки на площадь очищаемой внутренней поверхности бункера. Уравнение (3) определяет характер и степень влияния факторов (x_1 , x_2 и x_3) на площадь очищаемой внутренней поверхности бункера. Графическая интерпретация уравнения регрессии представляет собой поверхности отклика и их двумерные сечения (рисунок 3, 4 и 5).

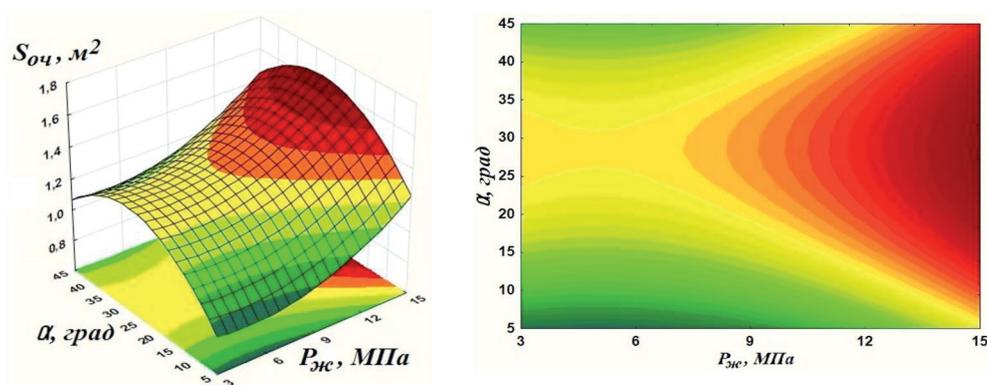


Рисунок 3. – Поверхность отклика и ее двумерное сечение $S_{оч} = f(P_{жс}; \alpha)$

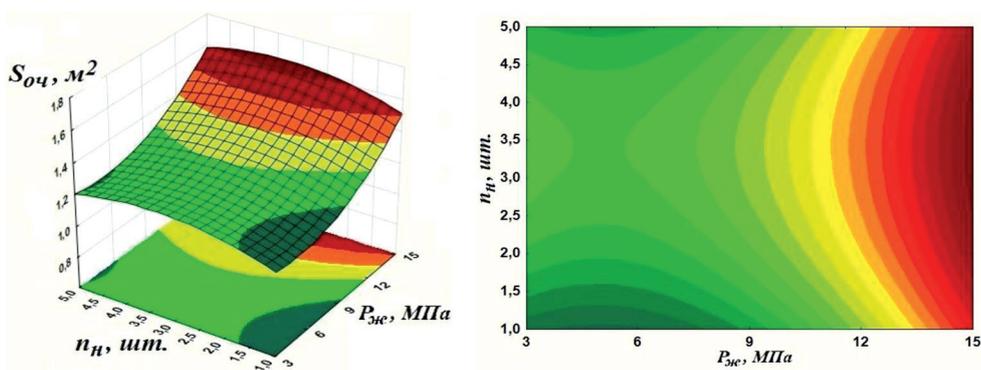


Рисунок 4. – Поверхность отклика и ее двумерное сечение $S_{оч} = f(P_{жс}; n_n)$

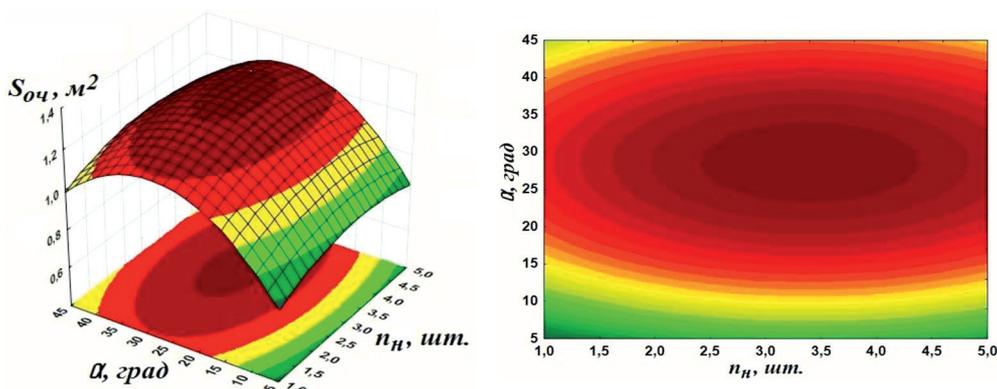


Рисунок 5. – Поверхность отклика и ее двумерное сечение $S_{оч} = f(n_n; \alpha)$

Знак « \leftrightarrow » перед b_i в уравнении (3) указывает на то, что изменение x_i вызывает увеличение площади очистки. Величина коэффициентов парных взаимодействий b_j говорит о том, что действие одного из рассматриваемых факторов незначительно зависит от уровня, на котором находится

другой фактор. Так как b_j имеет отрицательный знак, то площадь очистки увеличивается в тех случаях, когда оба фактора x_i и x_j находятся на базовых уровнях. Анализ полученного уравнения регрессии (3) и поверхностей отклика (рисунки 3–5) позволил выявить, что из варьируемых факторов наибольшее влияние на площадь очищаемой поверхности оказывает количество насадок, затем – давление подачи очищающей жидкости и в меньшей мере – угол наклона сопла. Вытянутость эллипса показывает преобладание одного фактора над другим, степень влияния его на площадь очищаемой поверхности. Анализ двумерных сечений показывает, что центры эксперимента находятся в исследуемой зоне, что позволяет установить оптимальные параметры для различных сочетаний факторов [4–9].

Уравнение регрессии, полученное в результате реализации факторного эксперимента, позволяет установить значение факторов (количество насадок, давление подачи очищающей жидкости, угол наклона сопла), при которых достигается максимальный эффект при очистке внутренней поверхности бункеров (силосов).

Для определения значений факторов, при которых функция (3) достигает экстремума (в данном случае максимума), необходимо взять частные производные по x_i и, приравняв к нулю, решить полученную систему уравнений:

– в закодированном виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = -0,19 + 0,28x_1 - 0,06x_2 - 0,06x_3; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0,04 + 0,18x_2 - 0,06x_1; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 0,11 - 0,9x_3 - 0,06x_1; \end{cases} \quad (5)$$

– в натуральном виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial S_{оч}}{\partial P_{жс}} = -0,074 + 0,008P_{жс} - 0,0005\alpha - 0,005n_n; \\ \frac{\partial S_{оч}}{\partial n_n} = 0,2 + 0,046n_n - 0,005P_{жс}; \\ \frac{\partial S_{оч}}{\partial \alpha} = 0,05 + 0,0016\alpha - 0,0005P_{жс}. \end{cases} \quad (6)$$

Затем полученные значения факторов подставляли в уравнения регрессии (3) и (4) и определяли коэффициенты вариации, сравнивали полученные данные.

Заключение

Согласно проведенному анализу, рациональными конструктивными и кинематическими параметрами устройства очистки бункеров, при которых обеспечивается высокая эффективность очистки внутренней поверхности бункеров (силосов), являются следующие значения: угол наклона сопла $\alpha = 25\text{--}30$ град., давление подачи очищающей жидкости $P_{жс} = 12\text{--}15$ МПа и количество насадок $n_n = 3$ шт.

Литература

1. Наличие сельскохозяйственной техники, машин, оборудования и энергетических мощностей в Республике Беларусь на 1 января 2017 года. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2017 – 56 с.
2. Мачихина, Л. И. Научные основы продовольственной безопасности зерна / Л. И. Мачихина, Л. В. Алексеева, Л. С. Львова. – М.: «ДеЛи принт», 2007. – С. 143–145.
3. Лугарев, А. Л. Особенности температурного режима периферийных участков зерновой насыпи ячменя, хранящегося в металлическом элеваторе / А. Л. Лугарев, Л. В. Алексеева, Л. И. Тихонова // Труды ВНИИЗ. – М., 1981. – Вып. 96. – 96 с.
4. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов: учеб. пособие / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Ленинград: Колос, 1972. – 199 с.

5. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 338 с.
6. Хайлис, Г. А. Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 169 с.
7. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / Г. Н. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
8. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
9. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
10. Apparatus for cleaning large containers (аппарат для чистки больших емкостей) DE102009035046 (A1): пат. Германии, МПК⁷ B08B9/0813; B08B9/0936 – Автор: Pragst Bernd (Германия). – Дата публикации: 03.02.2011.
11. Silo cleaning process (способ очистки силоса): пат. USA № 4,764,221, МПК⁷ B08B 1/00 / Авторы: Wesley D. Hartwigsen; Alan D. – Дата публикации: 16.08.1988.
12. Vorrichtung zur Innenreinigung eines Silos (устройство для внутренней очистки силоса): пат. Германии DE102014114145 (A1), МПК⁷ B08B9/08; B08B9/093 / Автор: Pragst Bernd (Германия). – Дата публикации: 29.08.2014.
13. Reinigungsvorrichtung (устройство очистки): пат. Германии DE 202012104022 (A1), МПК⁷ B08B9/08 / Автор: Лоббе Индустрисервис ГмбХ & Ко (Германия). – Дата публикации 19.10.2012.
14. Internal cleaning device for silos has trolley on fixed guide which can be fitted to longitudinal axis of container (внутренняя очистка устройств для силосов на неподвижных направляющих, которые могут быть установлены на продольной оси): пат. Германии DE 10256560, МПК⁷ B08B9/093 / Автор: Pragst Bernd (Германия). – Дата публикации: 04.12.2002.
15. Юдин, В. М. Применение современных ресурсосберегающих технологий очистки машин и оборудования в сельском хозяйстве / В. М. Юдин. – М.: Информагротех, 1998. – 48 с.
16. Дегтерев, Г. П. Механизм очистки загрязненных поверхностей молочного оборудования / Г. П. Дегтерев // Молочная промышленность. – 1999. – № 7. – 35 с.
17. Христофорова, И. А. Проведение активного эксперимента при разработке состава шихты для производства керамических изделий: метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Статистические методы исследования шихт в стекольной промышленности» / И. А. Христофорова. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2000. – 24 с.
18. Каледина, Н. Б. Влияние параметров печатного процесса на липкость краски / Н. Б. Каледина, Д. М. Медяк // Труды БГТУ. – Минск: БГТУ, 2011. – № 9 (147). – С. 23–27.
19. Голубцова, Е. С. Влияние температуры и времени спекания, марки порошка и количества добавки диоксида иттрия на теплопроводность нитрида алюминия / Е. С. Голубцова, Б. А. Каледина, Н. Б. Каледина // Теория и практика машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 88–90.
20. Леонов, А. Н. Основы научных исследований и моделирования: учеб.-метод. комплекс / А. Н. Леонов, М. М. Дечко, В. Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.

УДК 637.116.2

Поступила в редакцию 05.09.2018
Received 05.09.2018

С. Н. Бондарев, А. В. Китун

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: seregabondarev1991@yandex.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОРИСТОЙ ПОЛОСТИ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

Рассмотрен вопрос определения основных геометрических параметров пористой полости, расположенной в сосковой резине по высоте тела соска животного.

Ключевые слова: сосковая резина, доильный стакан, пористая полость, эластичность, коэффициент жесткости, адаптивная деформация.

S. N. Bondarev, A. V. Kitun

*Educational Establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: seregabondarev1991@yandex.ru*

DETERMINATION OF THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE POROUS CAVITY OF THE NIPPLE RUBBER OF THE MILKING MACHINE

The question of determination of the basic geometrical parameters of the porous cavity located in the nipple rubber on height of a body of a nipple of an animal is considered.

Keywords: nipple rubber, milking glass, porous cavity, elasticity, stiffness coefficient, adaptive deformation.