



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 3
июнь
2015

В номере:

*К вопросу исследования вальцового
измельчителя зернофуража*

*Финишная абразивная обработка
эвольвентных поверхностей
в магнитном поле*

*Исследование возможности параллельной
работы трансформатора со схемой
соединения обмоток Y/Y_n СУ
с трансформатором Y/Y_n*

*Экономические предпосылки интеграции
предприятий картофелепродуктового
подкомплекса*



25-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «БЕЛАГРО – 2015»



У стенда БГАТУ (слева направо): проректор по научной работе БГАТУ М.А. Прищепов; начальник главного управления образования, науки и кадров Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь В.А. Самсонович; директор Департамента научно-технологической политики и образования Министерства сельского хозяйства Российской Федерации Г.И. Сенченя

В период с 2 по 6 июня в Минске проходила 25-я Международная специализированная выставка «Белагро», на которой демонстрируются достижения отечественного и зарубежного сельского хозяйства и сельхозмашиностроения.

В этом году участниками «Белагро» стали более 500 организаций, фирм и компаний из 23 стран: Беларуси, России, Бельгии, Германии, Литвы, Латвии, Италии, Китая, США, Франции, Швейцарии и других государств.

Белорусский государственный аграрный технический университет – постоянный участник выставки. На стенде нашего университета в этом году были представлены наиболее значимые патенты на изобретения сотрудников, аспирантов и студентов, макеты инновационных научных разработок, образцы деталей, приборов и машин, созданных в университете, детское консервированное питание, приготовленное

по разработанным специалистами университета новым импортозамещающим технологиям производства экологически чистых и безопасных продуктов. Наибольший интерес посетителей экспозиции БГАТУ был проявлен к экспонатам: «Технология импульсного закалочного охлаждения жидкостью сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин», «Технологическая линия заполнения пластиковых кассет и высева в них семян», «Ультразвуковые бытовые и промышленные счетчики газа», «Измеритель-регулятор МТ 2», «Технология приготовления консервированных продуктов питания».

В рамках «Белагро – 2015» факультет «Технический сервис в АПК» совместно с РО «Белагросервис» провели международную научно-практическую конференцию «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК», на которой обсуждались вопросы, связанные с производством новой техники, освоением инновационных технологий в сельскохозяйственном производстве, повышением эффективности использования машин и оборудования, совершенствованием системы технического сервиса в АПК. В конференции приняли участие руководители и специалисты организаций РО «Белагросервис», представители Министерства промышленности, зарубежные гости.

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ провел международную научно-практическую конференцию «Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК». В конференции приняли участие более 100 ученых, руководителей и специалистов учреждений образования, научно-практических центров НАН Беларуси, сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь, России, Казахстана, Польши.

Агротехнический факультет организовал проведение международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции», в которой приняли участие ведущие ученые и специалисты Беларуси, России и других стран.

Экспозицию БГАТУ посетили: Первый заместитель Министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь Л.А. Маринич, директор Департамента научно-технологической политики и образования Министерства сельского хозяйства Российской Федерации Г.И. Сенченя, а также ряд иностранных делегаций.

За активное участие в работе выставки наш университет награжден дипломом 1-й степени Министерства сельского хозяйства и продовольствия, дипломом ЗАО «МинскЭкспо» и дипломом РО «Белагросервис» за активное участие в проведении международной научно-практической конференции.

АГРОПАНОРАМА 3 (109) июнь 2015

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал
для работников
агропромышленного комплекса.
Зарегистрирован в Министерстве
информации Республики Беларусь
21 апреля 2010 года.
Регистрационный номер 1324

Учредитель

*Белорусский государственный
аграрный технический университет*

Главный редактор

Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

И.М. Богдевич	П.П. Казакевич
Г.И. Гануш	Н.В. Казаровец
Л.С. Герасимович	А.Н. Карташев
С.В. Гарник	Л.Я. Степук
В.Н. Дашков	В.Н. Тимошенко
Е.П. Забелло	А.П. Шпак

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындрина – редактор

*Компьютерная верстка
В.Г. Леван*

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, д.99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14

Факс (017) 267-25-71

E-mail: AgroP@batu.edu.by

БГАТУ, 2015.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 23.06.2015 г. Зак. № 507 от 22.06.2015 г.

Дата выхода в свет 30.06.2015 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99, к.2

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 2-ое п/г 2015 г.:

для индивидуальных подписчиков - 111 900 руб.;

ведомственная - 152 052 руб.;

Цена журнала - 32 000 руб.

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны. Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

- Ю.Н. Гнедько, Д.Ф. Кольга, А.И. Пунько, Г.Г. Тычина**
К вопросу исследования вальцового измельчителя зернофуража.....2
- Л.М. Акулович, Н.С. Хомич, Л.Е. Сергеев**
Финишная абразивная обработка эвольвентных поверхностей в магнитном поле.....6
- Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, В.Н. Еднач**
Определение энергетических показателей вальцового ворохоочистителя.....10
- Г.Ф. Бетень, А.В. Кривцов**
Упрочнение деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин в условиях импульсного закалочного охлаждения.....15

Технологии переработки продукции АПК

- А.В. Китун**
Расчет параметров сепаратора-сливкоотделителя молока.....20

Энергетика. Транспорт

- Г.И. Янукович, Н.Г. Королевич, В.М. Збрадыга**
Исследование возможности параллельной работы трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y_nСУ с трансформатором Y/Y_n.....23
- Е.А. Городецкая, Н.Н. Вечер, В.С. Корко, И.Б. Дубодел, Ю.К. Городецкий**
Электрофизический метод сепарации для ускорения прорастания мелкосемянных культур.....26

Технический сервис в АПК. Экономика

- Ю.Т. Антонишин**
Влияние состава на самофлюсуемость наплавочных порошков для упрочнения почворезущих элементов.....30
- В.М. Синельников**
Экономические предпосылки интеграции предприятий картофелепродуктового подкомплекса.....34
- А.В. Чирич**
Анализ эффективности инвестиций в развитие социальной инфраструктуры села Республики Беларусь.....38
- М.М. Радько, Ю.А. Нарвойш**
Совершенствование управления интегрированными структурами агропромышленного комплекса Республики Беларусь.....42

**БГАТУ объявляет прием в
аспирантуру на 2015 - 2016 уч. г.**

УДК 631 363

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ВАЛЬЦОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ЗЕРНОФУРАЖА

Ю.Н. Гнедько,

нач. службы механизации ОАО «Г² Минская птицефабрика»

Д.Ф. Кольга,

зав. каф. технологии и механизации животноводства БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.И. Пунько,

зав. лабораторией механизации приготовления концентрированных кормов
РГУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук, доцент

Г.Г. Тычина,

доцент каф. технологии и механизации животноводства БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Представлено теоретическое обоснование двухступенчатой вальцовой схемы измельчения зернофуража, установлены математические зависимости для определения конструктивных параметров измельчителя.

The theoretical rationale for the two-stage roller circuit grinding grain forage is given, mathematical relationships to determine the design parameters of the chopper are established.

Введение

Комбикорм – один из важнейших и незаменимых компонентов в рационе всех сельскохозяйственных животных. Одним из основных требований, предъявляемых к нему, является то, что компоненты комбикорма должны быть измельчены до частиц требуемого размера, а смесь должна быть однородной, без пылевидных частиц. Традиционно для измельчения компонентов комбикорма используют молотковые дробилки. Полученный в результате измельчения на этих дробилках комбикорм обладает повышенным содержанием пылевидных частиц. Замена дробления плющением существенно снижает образование пылевидных частиц, но в процессе плющения зерно полностью не разрушается [1]. Для усовершенствования процесса приготовления качественного комбикорма разработаны двухступенчатые вальцовые измельчители зернофуража, представляющие собой бункер, под которым размещается пара вальцов, вращающихся навстречу друг другу с разной скоростью [2]. Степень измельчения компонентов комбикорма достигается путем изменения зазора между вальцами.

Основная часть

Минимальный радиус вальцов определим из условия нормального функционирования вальцового из-

мельчителя, которое выполняется при захвате вальцами частиц компонентов дробления.

На рисунке 1а и 1б представлена схема к определению условия захвата частицы 1 вальцами 2, каждый из которых получает привод от отдельного электродвигателя через клиноременную передачу, причем, правый валец с повышенной скоростью.

Условие захвата частицы может быть получено из явления заклинивания частицы между вальцами [3]. Для этого составим уравнение суммы моментов сил, действующих на частицу 1, относительно одной из точек контакта частицы с вальцом (на схеме 1б, левым вальцом в точке А). Тогда, исходя из рисунка 1б, получим

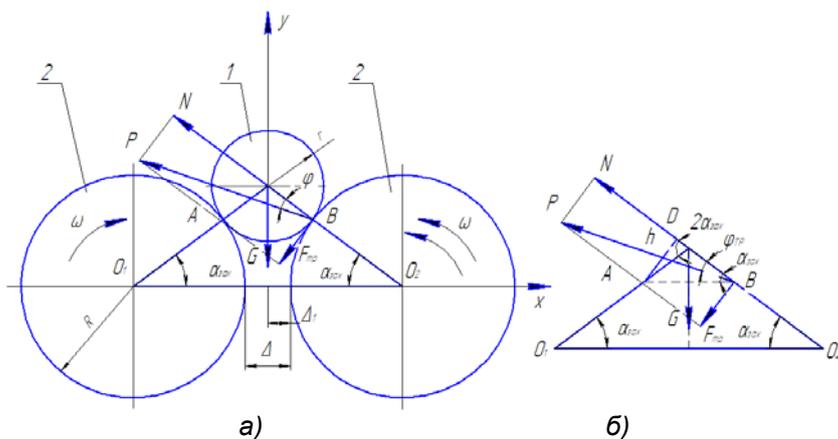


Рисунок 1. Схема к определению условия захвата частицы вальцами: а – общая схема; б – схема приложения сил: 1 – частица; 2 – валец

$$\Sigma M_A(F_i) = -Nh + Gr \cos \alpha_{\text{зах}} + F_{mp}(r + r \cos 2\alpha_{\text{зах}}) = 0,$$

где r – радиус частицы m ;
 $h = r \sin 2\alpha_{\text{зах}}$ – плечо действия силы N , м;
 G – сила тяжести, H .

Учитывая закон Кулона, что $F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}}N$, определим реакцию N

$$N = \frac{G \cos \alpha_{\text{зах}}}{\sin 2\alpha_{\text{зах}} - f_{\text{тр}}(1 + \cos 2\alpha_{\text{зах}})}. \quad (1)$$

Явление заклинивания частицы развивается следующим образом. Возникающая сила трения $F_{\text{тр}}$ стремится повернуть частицу по часовой стрелке, что вызывает увеличение реакции N . Это, в свою очередь, вызывает увеличение силы трения $F_{\text{тр}}$, что приводит к увеличению реакции N и т.д. до достижения предела прочности частицы, при котором происходит ее разрушение. Если гипотетически увеличивать предел прочности частицы до бесконечности, то реакция N также будет стремиться к бесконечности. При этом знаменатель дроби выражения (1) будет стремиться к нулю.

$$\sin 2\alpha_{\text{зах}} - f_{\text{тр}}(1 + \cos 2\alpha_{\text{зах}}) = 0.$$

Учитывая, что $\sin 2\alpha_{\text{зах}} = 2\sin\alpha_{\text{зах}}\cos\alpha_{\text{зах}}$ и $1 + \cos 2\alpha_{\text{зах}} = 2\cos^2\alpha_{\text{зах}}$, то получаем $f_{\text{тр}} = \text{tg}\alpha_{\text{зах}}$, а так как $f_{\text{тр}} = \text{tg}\varphi_{\text{тр}}$, то имеем, что $\varphi_{\text{тр}} = \alpha_{\text{зах}}$.

Очевидно, что заклинивание будет происходить и при $\varphi_{\text{тр}} > \alpha_{\text{зах}}$. Следовательно, окончательно имеем условие заклинивания

$$\varphi_{\text{тр}} \geq \alpha_{\text{зах}}, \quad (2)$$

где $\varphi_{\text{тр}}$ – угол трения частицы о валец (угол между результирующей силой от заклинивания P и нормальной составляющей N);

$\alpha_{\text{зах}}$ – угол захвата вальцов.

Полученное выражение 2 (условие захвата частицы вальцами) будет более точным, так как учитывает влияние силы тяжести G . Другим необходимым условием продвижения частицы через вальцы является смятие (или сжатие) этой частицы. Если частица абсолютно твердая, то механизм «частица – вальцы» заклинит в начальном положении. После заклинивания нарастание реакции N и силы трения $F_{\text{тр}}$ замедлится, и оно будет определяться характером смятия (сжатия) частицы.

Силы, действующие на частицу при ее заклинивании, определим при рассмотрении равновесия вальца (рис. 2).

Из рисунка 2 получим

$$F_{mp} R = M_{\text{об}}, \quad (3)$$

где $M_{\text{об}}$ – момент, вращающий валец, Нм;

R – радиус вальца, м.

Отсюда определим

$$F_{mp} = \frac{M_{\text{об}}}{R}, \quad (4)$$

тогда

$$N = \frac{F_{mp}}{f_{mp}} = \frac{M_{\text{об}}}{f_{mp} R}. \quad (5)$$

Если при этом значении N не произойдет смятие (сжатие) частицы, то механизм заклинит.

Если же частица подверглась смятию (сжатию), то есть она деформировалась, то под действием сил трения она будет затаскиваться между вальцами. Действительно, умножив выражение $f_{\text{тр}} = \text{tg}\alpha_{\text{зах}}$ на N , получим

$$Nf_{mp} = N \frac{\sin \alpha_{\text{зах}}}{\cos \alpha_{\text{зах}}}, \quad (6)$$

откуда с учетом первой части выражения (5) получим выражение

$$F_{mp} \cos \alpha_{\text{зах}} \geq N \sin \alpha_{\text{зах}} \quad (7)$$

Учитывая, что коэффициент трения постоянен и исходя из условия $f_{\text{тр}} \geq \text{tg}\alpha_{\text{зах}}$, определим радиус вальцов R .

Из прямоугольного треугольника KDO_2 (рис. 1а) имеем

$$KD^2 = DO_2^2 - KO_2^2 = (R+r)^2 - (R+\Delta_1)^2,$$

$$\text{tg}\alpha_{\text{зах}} = \frac{KD}{KO_2} = \frac{\sqrt{(R+r)^2 - (R+\Delta_1)^2}}{R+\Delta_1},$$

где $\Delta_1 = \Delta/2$ – половина зазора между вальцами, м.

Отсюда

$$f_{\text{тр}} \geq \text{tg}\alpha_{\text{зах}} = \frac{\sqrt{(R+r)^2 - (R+\Delta_1)^2}}{R+\Delta_1}. \quad (8)$$

Перепишем формулу (8) в относительных единицах, введя обозначения $R/r = \lambda$, $\Delta_1/r = \varepsilon$ – коэффициент сжатия. Для этого разделим числитель и знаменатель на r :

$$f_{\text{тр}} \geq \frac{\sqrt{(\lambda+1)^2 - (\lambda+\varepsilon)^2}}{\lambda+\varepsilon}. \quad (9)$$

Преобразуем данное выражение

$$[f_{\text{тр}}(\lambda+\varepsilon)]^2 \geq \left[\sqrt{(\lambda+1)^2 - (\lambda+\varepsilon)^2} \right]^2,$$

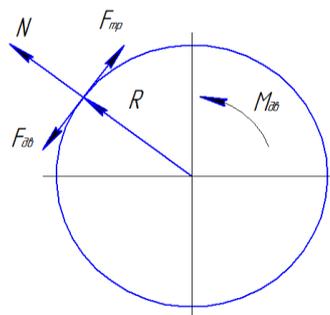


Рисунок 2. Равновесное состояние вальца

$$f_{mp}^2 \lambda^2 + 2\lambda \varepsilon f_{mp}^2 + f_{mp}^2 \varepsilon^2 \geq \lambda^2 + 2\lambda + 1 - \lambda^2 - 2\lambda \varepsilon - \varepsilon^2.$$

Далее получаем уравнение

$$\lambda^2 + 2 \frac{(1 + f_{mp}^2) \varepsilon - 1}{f_{mp}^2} \lambda + \frac{(1 + f_{mp}^2) \varepsilon^2 - 1^2}{f_{mp}^2} = 0$$

Корни уравнения

$$\lambda = - \frac{(1 + f_{mp}^2) \varepsilon - 1}{f_{mp}^2} \pm \sqrt{\frac{[(1 + f_{mp}^2) \varepsilon - 1]^2}{f_{mp}^4} - \frac{(1 + f_{mp}^2) \varepsilon^2 - 1^2}{f_{mp}^2}},$$

(знак «-» опускаем как не реальный).

Упрощая полученное выражение, получим

$$\lambda = \frac{1 - (1 + f_{mp}^2) \varepsilon + \sqrt{(1 + f_{mp}^2)(1 - \varepsilon)^2}}{f_{mp}^2} = (1 - \varepsilon) \frac{1 + \sqrt{1 + f_{mp}^2}}{f_{mp}^2} - \varepsilon. \quad (10)$$

Для надежности заклинивания введем коэффициент $\beta \approx 1,05 \div 1,1$.

Тогда

$$\lambda = \beta \left[(1 - \varepsilon) \frac{1 + \sqrt{1 + f_{mp}^2}}{f_{mp}^2} - \varepsilon \right]. \quad (11)$$

На рисунке 3 иллюстративно показан характер изменения зависимостей $\lambda = f(f_{mp})$, представляющих собой гиперболы. Данные теоритические зависимо-

сти λ от коэффициента трения f_{mp} для различного ε , имеющего значения 0,1; 0,25 и 0,5, рассчитаны по формуле (11).

Рисунки 3а и 3б имеют вертикальную асимптоту $f_{тр} = 0$ (при $f_{тр} \rightarrow 0, \lambda \rightarrow \infty$). При увеличении коэффициента трения $f_{тр}$ величина λ уменьшается, а значит и радиус вальца R , обеспечивающий заклинивание тела, так же уменьшается.

Из рисунка 3а видно, что изменение радиуса вальца весьма чувствительно к изменению коэффициента трения при малых его значениях: R быстро возрастает при уменьшении $f_{тр}$. При больших значениях $f_{тр}$ чувствительность быстро уменьшается.

Определим скорость изменения λ от $f_{тр}$

$$\begin{aligned} \frac{d\lambda}{df} &= (1 - \varepsilon) \frac{f_{mp}^2 \frac{2f_{mp}}{2\sqrt{1+f_{mp}^2}} - (1 + \sqrt{1+f_{mp}^2}) 2f_{mp}}{f_{mp}^4} = \\ &= -(1 - \varepsilon) \frac{2(1 + \sqrt{1+f_{mp}^2}) + f_{mp}^2}{f_{mp}^3 \sqrt{1+f_{mp}^2}} = \\ &= - \frac{1 + 2\sqrt{1+f_{mp}^2} + 1 + f_{mp}^2}{f_{mp}^3 \sqrt{1+f_{mp}^2}} = \\ &= \frac{(1 + \sqrt{1+f_{mp}^2})^2}{f_{mp}^3 \sqrt{1+f_{mp}^2}} (1 - \varepsilon). \quad (12) \end{aligned}$$

Знак минус в данном случае говорит о том, что коэффициент трения $f_{тр}$ и λ противоположны друг другу: с уменьшением $f_{тр}$ λ возрастает и наоборот.

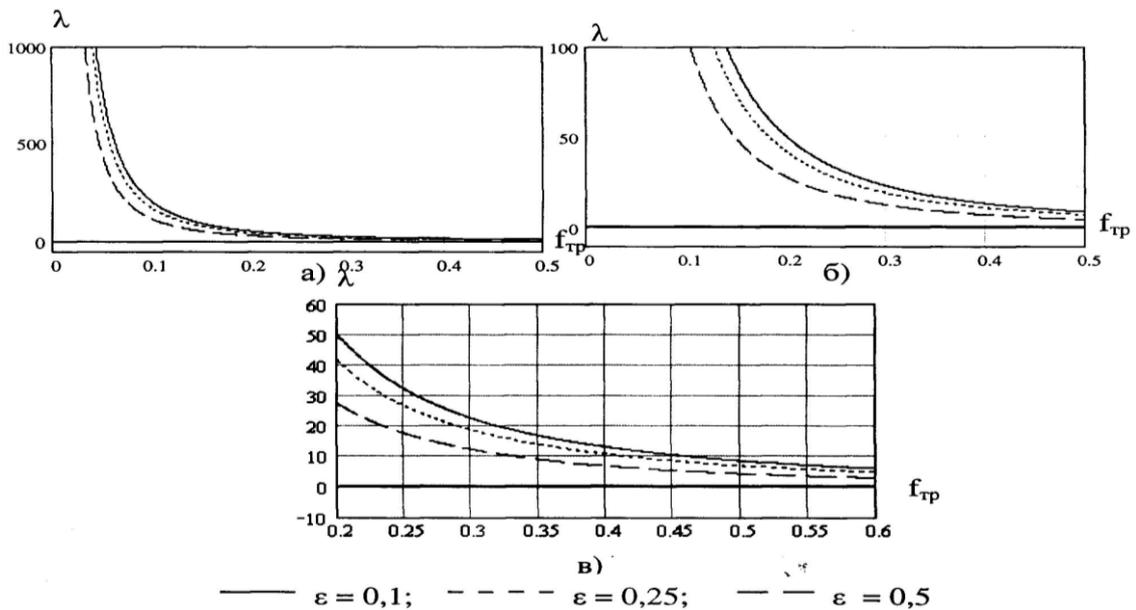


Рисунок 3. Зависимость изменения минимального радиуса R вальцов от коэффициента трения $f_{тр}$.

На рисунке 4 представлена теоретическая зависимость $\lambda = f(\varepsilon)$, рассчитанная по формуле (12) для различных значений коэффициента трения

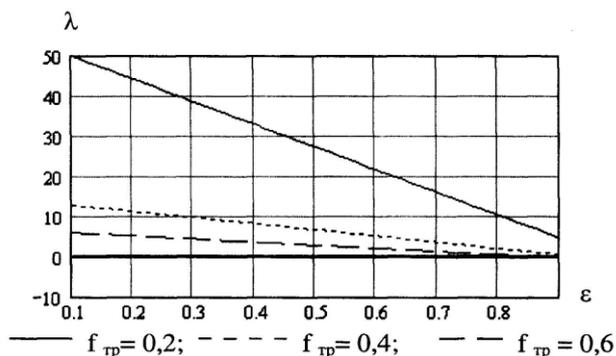


Рисунок 4. Графическая зависимость минимального радиуса вальца R от степени сжатия ε

Анализируя данную зависимость можно сказать, что чем меньше степень сжатия зерна, тем меньший радиус вальца можно применить.

На рисунке 5 показана графическая зависимость $f_{тр} = f(\varepsilon)$, рассчитанная по формуле (12) для различных значений λ .

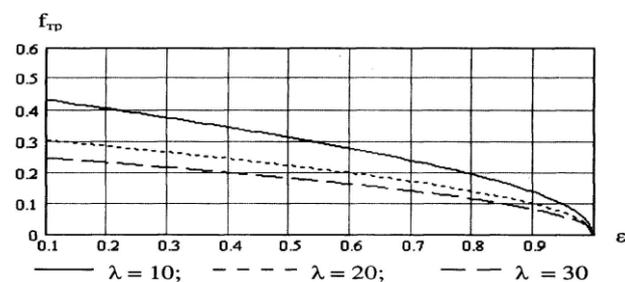


Рисунок 5. Графическая зависимость коэффициента трения $f_{тр}$ от степени сжатия ε

Из данной зависимости и формулы (12) следует, что чем меньше степень сжатия зерна, тем при меньшем коэффициенте трения происходит его заклинивание. В пределе при $\varepsilon \rightarrow 1$ (то есть $r \rightarrow \Delta_1$) коэффициент $f \rightarrow 0$, то есть при очень маленьком сжатии и близком равенстве поперечных размеров зерна расстоянию между вальцами Δ теоретически заклинивание будет происходить при бесконечно малом коэффициенте трения. Это вполне понятно, так как угол $\alpha \approx 0$, реакции N направлены почти горизонтально, а силы трения F почти вертикально, и в начальный момент соприкосновения зерна с вальцами сила тяжести зерна G вызывает значительные по величине силы N .

На рисунке 6 приведена номограмма для расчета необходимого диаметра вальца по формуле (12) и $\lambda = R/r$.

Задав коэффициент трения $f_{тр}$ (зерна о материал вальца) на рисунке 6а, поднимаемся по вертикали по стрелке до кривой, отвечающей требуемой степени сжатия (плющения) и определяем отношение λ . Затем на рисунке 6б находим соответствующее значение отношения λ и по горизонтали проводим стрелку по прямой, отвечающей соответствующему поперечному размеру r зерна и,

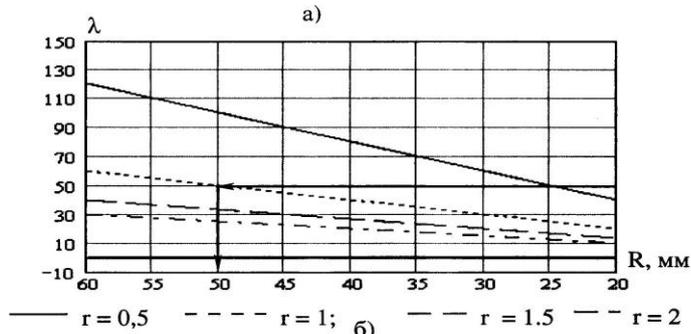
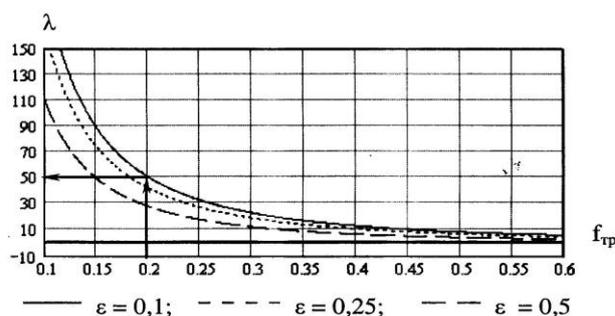


Рисунок 6. Номограмма для определения необходимого радиуса вальца R .

опускаясь по вертикали вниз, находим минимально необходимый радиус вальца.

При $f_{тр} \rightarrow 0$ и $\varepsilon \rightarrow 1$ необходимый радиус вальца $R \rightarrow 0$. Если предположить что в формуле (11) $\lambda = 0$, получим формулу связи $f_{тр}$ и ε :

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{1 + f_{тр}^2}}, \quad (13)$$

Из данной формулы вытекает, что при $f_{тр} = 0$ $\varepsilon = 1$. Если же коэффициент трения $f_{тр} \neq 0$, то $\varepsilon < 1$.

Заключение

В результате аналитических исследований установлено, что для поступления частицы материала на измельчение в вальцовый узел необходимо соблюсти условие: угол трения частицы по вальцам должен быть больше угла захвата вальцов.

Минимальный радиус вальцов определяется коэффициентом трения частицы о поверхность вальцов и радиусом частиц (размером частиц измельчаемого материала).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шило, И.Н. Современные технические средства для плющения зерна / И.Н. Шило, Н.А. Воробьев // Агропанорама, 2007. – № 4. – С. 4-7.
2. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методика испытаний: ОСТ 70.19.2-83 СССР.
3. Байдов А.В.: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01. – Рязань, 2005. – 22 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 31.03.2015

УДК 621.923

ФИНИШНАЯ АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л.М. Акулович,*профессор каф. технологии металлов БГАТУ, докт. техн. наук, профессор***Н.С. Хомич,***директор НИП «ПОЛИМАГ» БНТУ, канд. техн. наук***Л.Е. Сергеев,***доцент каф. технологии металлов БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

В статье рассмотрен процесс магнитно-абразивной обработки зубчатых колес, предложено использование реверсивного вращения детали, обеспечивающего равномерное распределение рабочей технологической среды при обработке зуба.

The article describes the process of magnetic-abrasive machining of gears, the use of reverse rotation of the parts proposed, providing a uniform distribution of the working environment at the technological processing of the coak.

Введение

В современном сельскохозяйственном машиностроении широкое распространение получили эвольвентные зубчатые передачи. От их работоспособности, качества и нагрузочной способности зависит долговечность, надежность машин и механизмов. Поэтому актуальными остаются вопросы совершенствования технологического процесса их изготовления на базе применения финишных методов обработки. Особое значение имеет шероховатость рабочей поверхности зубьев, так как для большинства зубчатых колес микронеровности, образовавшиеся на стадии механической обработки, сохраняются после химико-термической обработки и влияют на напряженно-деформированное состояние зубчатых колес при их эксплуатации [1].

В качестве финишных методов обработки зубьев для незакаленных зубчатых колес используются зубошевингование и калибрование, известен также способ, занимающий промежуточное место между калиброванием и шевингованием – «финишер» [2]. Для обработки закаленных зубчатых колес используются зубохонингование, обкатка и притирка [3]. Одним из широко применяемых методов является зубошлифование, которое позволяет обеспечить высокую точность зубчатого венца, устранить погрешности предварительной механической и химико-термической обработки. Однако выделяемое при шлифовании тепло вызывает структурные изменения в поверхностном слое в виде прижогов и внутренние растягивающие напряжения. При превышении этими величинами напряжений предела прочности появляются шлифовочные трещины [4].

К числу перспективных методов финишной обработки относится магнитно-абразивная обработка (МАО), при которой в роли режущего инструмента выступает рабочая технологическая среда (РТС), включающая частицы ферроабразивного порошка

(ФАП), смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) и электромагнитное поле (ЭМП). Ферроабразивная щетка из ФАП и СОТС формируется в зазоре между обрабатываемой поверхностью и полюсным наконечником электромагнита силами ЭМП.

Отличительной особенностью МАО от вышеперечисленных финишных способов чистовой обработки является возможность управления движением абразивных частиц в зоне обработки за счет изменения осциллирующего движения и, главным образом, за счет изменения величины магнитного потока и, как следствие, силы давления на обрабатываемую поверхность, что позволяет производить обработку без микротрещин, надрывов, шаржирования, равномерно удалять металл с обрабатываемой поверхности, упрочнять поверхностный слой, снижать остаточные растягивающие напряжения с переходом их в сжимающие. Однако одной из проблем МАО зубчатых колес среднего и крупного модуля ($m > 1,5$ мм) является то, что РТС самостоятельно не заполняет впадину между зубьями. Это связано со стремлением магнитного потока осуществить свое прохождение по энергетически выгодному участку магнитной цепи, концентрируясь на продольных кромках зубьев. Главной задачей в этом случае является реализация заполнения частицами ФАП впадин зубчатого колеса.

При проведении МАО зубчатых колес ($m = 2,5$ мм; сталь 18ХГТ, 62...64 HRC) выявлено, что на разных сторонах зуба значения шероховатости не равномерны, от вершины к ножке зуба шероховатость увеличивается [5]. Обусловлено это тем, что в процессе обработки осуществлялось движение зубчатого колеса только против часовой стрелки, что способствовало более сильному прижатию ФАП к обрабатываемой левой стороне зуба.

Цель настоящей работы – исследование процесса МАО эвольвентных поверхностей, учитывая режим

кинематического состояния РТС, поскольку знание распределения РТС в рабочей зоне при МАО позволит осуществить прогнозирование процесса финишной обработки зубчатых колес.

Основная часть

РТС можно представить как пористую среду, состоящую из частиц порошка и пор, в которых протекает СОТС. С технологической точки зрения подача СОТС и течение ее в зоне обработки представляет собой организованный поток веществ. Основными характеристиками технологии подачи и движения СОТС в рабочем зазоре являются: тип потоков, способ обеспечения требуемого уровня турбулентности (ламинарности), числовые характеристики потоков [6]. При МАО тип потока СОТС различен в начале его формирования и в зоне обработки (при выходе СОТС из сопла – движение жидкости ламинарно, а при контакте с вращающейся деталью и инструментом поток жидкости турбулентен). Тип потока СОТС в зоне обработки оказывает существенное влияние на эффективность его функционального действия. С повышением турбулентности потока усиливаются охлаждающее и моющее действия, а при ламинаризации – смазочное и проникающее.

Величиной, определяющей изменение типа потока, является число Рейнольдса (Re), а устойчивость течений – число Стюарта (N)

$$\text{Re} = \frac{w_0 R}{\nu}; \quad N = \frac{\sigma B^2 R}{\rho w_0}, \quad (1)$$

где w_0 – скорость потока жидкости, м/с;

R – радиус канала, мм;

ν – кинематическая вязкость, сСт;

σ – электрическая проводимость, См;

B – магнитная индукция, Т;

ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Обтекание паза зубчатого колеса при наложении магнитного поля в зоне обработки рассматривается на основе уравнения (2) [7], которое численно рассчитывалось при помощи метода матричной прогонки для уравнения четвертого порядка

$$A(\psi) \equiv \frac{1}{\text{Re}} \nabla^4 \psi + \frac{D(\psi, \nabla^2 \psi)}{D(x, y)} - N \left(\sin \alpha \frac{\partial}{\partial y} + \cos \alpha \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \psi = 0, \quad (2)$$

где A – оператор перехода от функции внешнего воздействия к функции отклика;

ψ – функция возмущения потока;

D – оператор дифференцирования потока;

α – угол между направлением магнитного поля, град;

x, y – координаты, м.

Уравнение (2) заменяется нестационарным уравнением

$$\frac{\partial \nabla^2 \psi}{\partial t} = L(\psi), \quad (3)$$

где L – оператор перехода от функции изменения возмущения потока по времени t , и решение стационарной задачи рассматривалось как предел при $t \rightarrow \infty$ решения нестационарной задачи. Уравнение (3) заменяется неявным разностным уравнением с порядком аппроксимации $O(h^2)$ ∗:

$$\frac{\nabla^2 \psi^{n+1} - \nabla^2 \psi^n}{\tau} = \frac{1}{\text{Re}} \nabla^4 \psi^{n+1} + \gamma \frac{(\psi^n, \nabla^2 \psi^{n+1})}{D(x, y)} + (1 - \gamma) \frac{D(\psi^{n+1}, \nabla^2 \psi^n)}{D(x, y)} - N \left(\sin \alpha \frac{\partial}{\partial y} + \cos \alpha \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \times \psi_n = L\psi^n; \quad (0 < \gamma \leq 1),$$

где γ – граничное условие;

n – целые положительные числа.

Модель обтекания паза зубчатого колеса имеет следующий вид (рис. 1). Из условия симметрии на S_0

$$\psi = 1; \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0;$$

на S_1 и S_2 условия периодичности:

$$\psi_1 = \psi_2; \quad \frac{\partial \psi_1}{\partial x} = \frac{\partial \psi_2}{\partial x};$$

на S_0 условие совмещения:

$$\psi = 0; \quad \frac{\partial \psi}{\partial n} = 0.$$

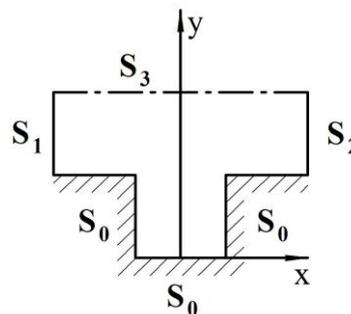


Рисунок 1. Модель обтекания паза зубчатого колеса

При задании начального условия использовался профиль Гартмана, отнесенный к наименьшей ширине канала. Для зазора зуба зубчатого колеса в начальный момент принималось $\psi = 0$.

Расчет производился при различных значениях Re и N, при различных отношениях размеров выступа к ширине канала и при различной ориентации магнитного поля [8].

На рисунке 2 приведены линии потока СОТС для различных случаев положения пазов при обработке

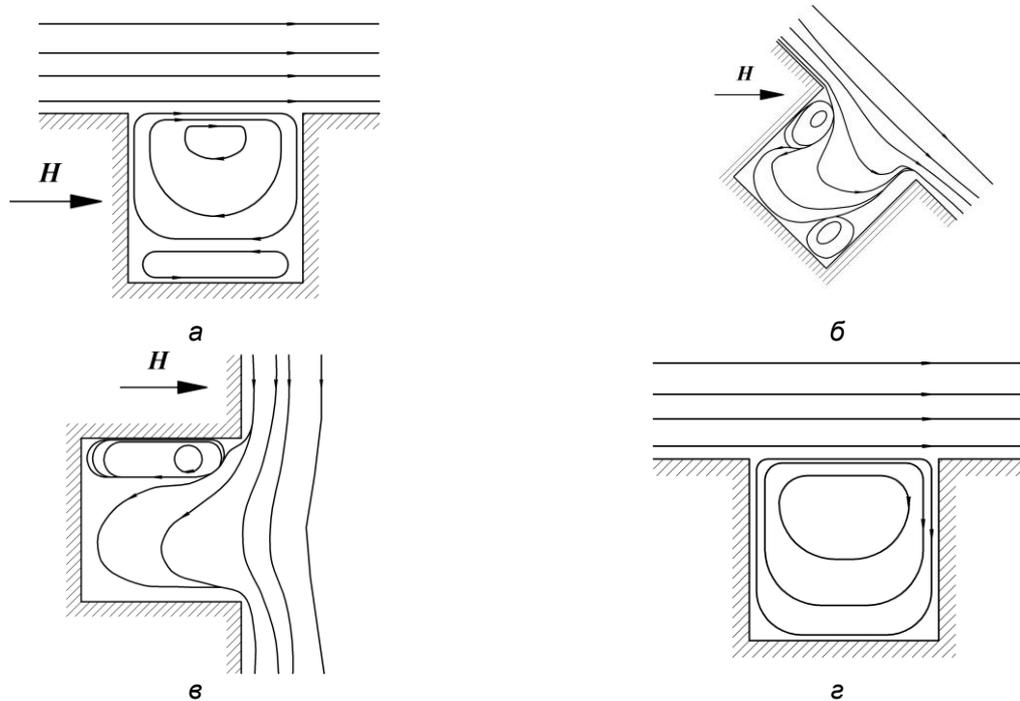


Рисунок 2. Линии тока СОТС при обтекании паза зубчатого колеса:
а – область I (рис. 4); б – область II (рис. 4); в – область III (рис. 4); г – без магнитного поля

зубчатого колеса (рис. 3) при наложении магнитного поля. При наложении поперечного магнитного поля (область I, рис. 3) зона вихря резко сокращается (рис. 2 а) и течение стремится к безотрывному. При $Re = 50$ и $N = 12$ отрыв потока, т. е. вихрь, при течении в поперечном поле не обнаруживается.

Совершенно иная картина наблюдается в продольном магнитном поле (область III, рис. 3). В этом случае вблизи дна образуется еще один вихрь с противоположным направлением (рис. 2 в). По мере возрастания поля размер этого вихря возрастает, и при $Re = 50$ и $N = 50$ этот вихрь занимает около половины паза.

Определенная картина течения получается, когда магнитное поле наклонено к оси паза под некоторым углом (область II, рис. 3). Течение в пазу ориентируется вдоль поля (рис. 2 б). Наблюдается также тен-

денция к безотрывности течения, хотя в правом углу образуется второй небольшой вихрь.

На основании вышеизложенного можно отметить, что для улучшения качества поверхности зубчатых колес при МАО целесообразно применять реверсивное движение детали, меняя несколько раз направление движения. Полученные расчеты показывают, что градиент давления, образуемый магнитной индукцией в зоне паза зубчатого колеса и определяемый давлением и типом потоков СОТС, направлен по ходу вращения обрабатываемой детали.

С целью проверки теоретических расчетов были проведены экспериментальные исследования по МАО зубчатого колеса ($m = 2,5$ мм, сталь 18ХГТ, 62...64 HRC в количестве 9 шт). Режимы обработки: частота вращения детали – $n = 12,5$ мин⁻¹; амплитуда осцилляции – $A = 2$ мм; скорость осцилляции – $V_o = 0,1$ м/с; зазор в рабочей зоне обработки – $\delta = 1$ мм; объем подаваемого порошка – $V_{пор} = 3,32 \times 10^{-3}$ дм³/с; магнитная индукция – $B = 1$ Т; время обработки $t = 2$ мин. Вращение осуществлялось по часовой стрелке и против часовой стрелки. ФАП – FeTiC ТУ 6-09-03-483-81; размер частиц – $\Delta = 100/160$ мкм; СОТС – СинМА-1 5% водный раствор. Измерение шероховатости производилось на профилографе-профилометре мод. 252 «Калибр».

Обработанные зубчатые колеса были разделены на 3 партии, каждая из которых обрабатывалась по часовой стрелке на 10 с дольше предыдущей. Шероховатость эвольвентной поверхности после МАО измеряли вдоль рабочих поверхностей в четырех точках.

Результаты исследований представлены на рисунке 4.

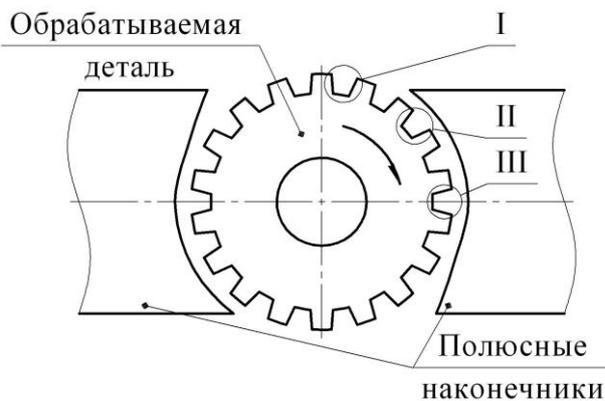


Рисунок 3. МАО зубчатого колеса

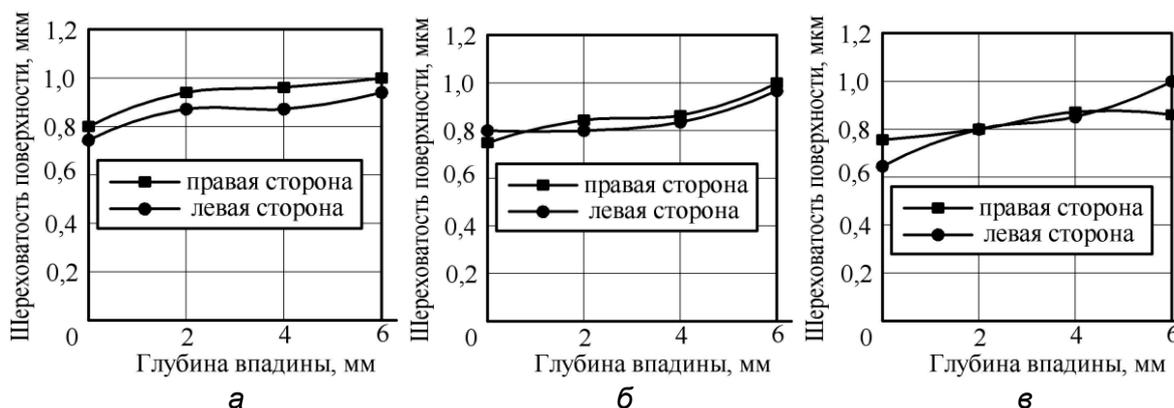


Рисунок 4. Зависимости изменения шероховатости по эвольвенте с разных сторон зуба после МАО: а – время обработки – 120 с против часовой стрелки, 10 с – по часовой; б – время обработки – 120 с против часовой стрелки, 20 с – по часовой; в – время обработки – 120 с против часовой стрелки, 30 с – по часовой

Заключение

Таким образом, для получения при МАО одинакового значения шероховатости с двух сторон эвольвентной поверхности зуба, целесообразно использовать реверсивное вращение детали, обеспечивающее равномерное распределение РТС на рабочие поверхности зуба. Цикл обработки детали необходимо выполнять в течение 120 с в одну сторону и 30 с – в обратную.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ящерицын, П.И. Работоспособность узлов трения машин / П.И. Ящерицын, Ю.В. Скорынин. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 288 с.
2. Калашников, А.С. Современные методы чистой обработки зубчатых цилиндрических колес / А.С. Калашников // Оборудование и инструмент для профессионалов: металлообработка, 2009. – №6. – С. 38-42.
3. Обработка износостойких покрытий / Ж.А. Мрочек [и др.]; под общей ред. Ж.А. Мрочека. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 208 с.

4. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач: учеб. пос. / В.Е. Антонюк [и др.]; под общей ред. В.Е. Антонюка. – Мн.: Технопринт, 2003. – 766 с.

5. Миронов, А.М. Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки зубчатых колес механическим уплотнением ферроабразивного порошка в рабочей зоне: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / А.М. Миронов. – Мн., 2007. – 153 л.

6. Сергеев, Л.Е. Формирование характеристик поверхностного слоя деталей при магнитно-абразивной обработке отверстий / Л.Е. Сергеев, Н.Я. Скворчевский. – Мн.: физико-технический институт акад. наук Беларуси, Деп. ВИНТИ, 1993. – 10 с.

7. Брановер, Г.Г. Магнитная гидродинамика несжимаемых сред / Г.Г. Брановер, А.Б. Цинобер. – М.: Наука, 1970. – 380 с.

8. Домбровский, В.В. Справочное пособие по расчету электромагнитного поля в электрических машинах / В.В. Домбровский. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 256 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18.05.2015

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 2-е полугодие 2015 года: для индивидуальных подписчиков - 111 900 руб., ведомственная подписка - 152 052 руб.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАЛЬЦОВОГО ВОРОХООЧИСТИТЕЛЯ

Д.И. Комлач,

*зам. генерального директора по внедрению и испытаниям
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

В.В. Голдыбан,

*зав. лабораторией механизации производства овощей и корнеклубнеплодов,
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук*

В.Н. Еднач,

ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ

Выполнен расчет потребной мощности на привод вальцового очистителя вороха, предусматривающий определение сил, возникающих в процессе сжатия и протаскивания растительных примесей вальцами, координат их приложения и крутящего момента на оси вальцов.

The calculation of the required power to the drive roller cleanse-telya heap, providing for the forces generated during compression and pulling vegetable impurities rollers coordinate their applications and torque on the axis of the rollers.

Введение

Для отделения растительных примесей из картофельного вороха предлагается использовать в картофелеуборочных машинах вальцовый ворохоочиститель [1], состоящий из гладких вальцов и вальцов со спиральными выступами, составленными попеременно.

Выкопанная масса, состоящая из почвы, камней, клубней, ботвы и сорняков, прошедшая предварительную очистку на прутковом элеваторе, попадает на вальцы ворохоочистителя. Вальцы, вращаясь попарно, обеспечивают защемление ботвы и других растительных примесей, а также способствуют продвижению продукции по ворохоочистителю к выносному транспортеру, с которого выносятся за пределы машины.

Основная часть

Для обеспечения работоспособности вальцового ворохоочистителя при минимальном повреждении продукции были обоснованы его конструктивные и кинематические параметры [2-4].

Определим потребную мощность для привода вальцового ворохоочистителя. Мощность затрачивается на протаскивание растительных примесей вальцами (N_{np}) и на перемещение клубней картофеля в транспортирующих потоках, образованных парами вальцов (N_{mp}), кВт

$$N_g = N_{np} + N_{mp} \quad (1)$$

Потребную мощность для протаскивания растительных примесей вальцами (кВт) определим как

$$N_{np} = \frac{M_k \cdot n_g \cdot k_{mn} \cdot L_g}{9750 \cdot \eta_{mp}}, \quad (2)$$

где

M_k – крутящий момент на оси вальцов, Нм;

n_g – частота вращения вальцов, мин⁻¹;

k_{mn} – количество транспортирующих потоков (пар вальцов), шт;

L_g – диаметр вальцов, м;

η_{mp} – к.п.д. механизма привода. Принимаем $\eta_{mp} = 0,8$.

С точностью, достаточной для практических целей, потребную мощность для перемещения материала вальцами (кВт) определим по известному выражению:

$$N_{mp} = \frac{W_c \cdot L_g \cdot \omega_c}{102}, \quad (3)$$

где $W_c = q_{umt} \cdot m_{кл}$ – производительность ворохоочистителя, кг/с;

q_{umt} – секундная подача картофеля со всего сепаратора, шт/с;

$m_{кл}$ – масса клубня картофеля, кг;

ω_c – эмпирический коэффициент сопротивления движению. В предварительных расчетах для угла наклона вальцов $\alpha_g = 15^\circ$ принимаем $\omega_c = 0,98$.

Для определения момента в выражении (2) рассмотрим процесс протаскивания вальцами ботвы картофеля и растительных остатков, когда оба вальца имеют одинаковый диаметр, принудительное вращение и равные окружные скорости. Следовательно, они будут одинаково воздействовать на протаскиваемую массу.

При этом примем следующие допущения:

- скорость протягивания вороха постоянна и ударные нагрузки отсутствуют;
- материал рассматривается как упруго-пластичное тело;
- наличием винтовой навивки на вальцах пренебрегаем.

При протаскивании растительная масса проходит две зоны вальцов [5, с. 116]:

1 – зона сжатия, где в процессе сжатия плотность материала увеличивается и достигает максимальной величины в минимальном зазоре между вальцами. Угол контакта материала с вальцами в этой

зоне равен $\frac{\pi}{2} - \alpha_n$;

2 – зона восстановления, где плотность материала уменьшается от максимальной до конечной, достигающей величины, несколько большей первоначальной плотности. Угол контакта материала с вальцами в

этой зоне равен $\alpha_k - \frac{\pi}{2}$.

Силы сжатия растительного слоя вальцом всегда направлены нормально к его поверхности, и в обеих зонах деформации могут быть приведены к двум равнодействующим: N_1 и N_2 (рис. 1). Место приложения сил определяется углами $\alpha_{1y,m}$ и $\alpha_{2y,m}$.

Разложив N_1 и N_2 по направлению сжатия мате-

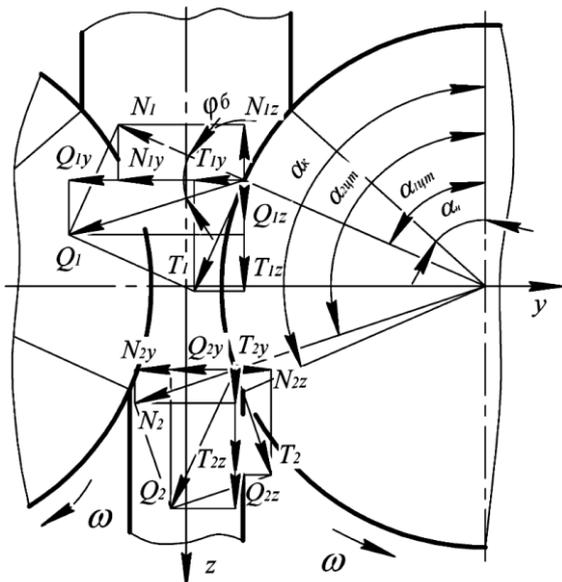


Рисунок 1. Схема сил, действующих на протаскиваемый материал

риала – вдоль горизонтальной оси y и по направлению движения слоя вдоль вертикальной оси z , получим составляющие силы N_{1y} и N_{2y} , которые сжимают материал, а также N_{1z} и N_{2z} , которые выталкивают его из вальцов. Естественно, что последние направлены в стороны, противоположные друг другу.

Кроме того, по касательной к поверхностям вальцов на материал действуют силы трения, которые можно заменить равнодействующими T_1 и T_2 . Раскладывая их по тем же направлениям, что и нормальные силы, получим составляющие, способствующие сжатию материала, и составляющие T_{1z} и T_{2z} , которые протаскивают его между вальцами. При этом заметим, что горизонтальные составляющие сил трения направлены всегда в одну сторону.

С учетом изложенного выше, условие протаскивания материала вальцами запишется:

$$N_{2z} + T_{1z} + T_{2z} \geq N_{1z}, \quad (3)$$

Здесь знак равенства соответствует установившемуся процессу протаскивания, а неравенства – движению слоя, сопровождающемуся пробуксовыванием материала по поверхности вальцов. Последнее явление можно наблюдать при уменьшении зазора между вальцами, когда силы трения уже не могут уравновесить сопротивление протаскиваемого слоя.

Согласно рисунку (1):

$$N_{1z} = N_1 \cdot \cos \alpha_{1y,m};$$

$$N_{2z} = N_2 \cdot \cos \alpha_{2y,m};$$

$$T_{1z} = N_{1y} \cdot \operatorname{tg} \phi_0 = N_1 \cdot \sin \alpha_{1y,m} \cdot \operatorname{tg} \phi_0;$$

$$T_{2z} = N_{2y} \cdot \operatorname{tg} \phi_0 = N_2 \cdot \sin \alpha_{2y,m} \cdot \operatorname{tg} \phi_0.$$

С учетом того, что

$$T_1 = \frac{Q_{1y}}{\sin \alpha_{1y,m} + \operatorname{tg} \phi_0 \cdot \cos \alpha_{1y,m}};$$

$$T_2 = \frac{Q_{2y}}{\sin \alpha_{2y,m} + \operatorname{tg} \phi_0 \cdot \cos \alpha_{2y,m}}.$$

Неравенство (3) относительно $\operatorname{tg} \phi_0$ после некоторых преобразований запишется в следующем виде:

$$\operatorname{tg} \phi_0 > \frac{(Q_{1y} + Q_{2y}) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{1y,m} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{2y,m} - (Q_{1y} - Q_{2y})}{2(Q_{1y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{1y,m} + Q_{2y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{2y,m})} \pm \sqrt{\frac{[(Q_{1y} + Q_{2y}) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{1y,m} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{2y,m} - (Q_{1y} - Q_{2y})]^2 + 4 \cdot (Q_{1y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{1y,m} + Q_{2y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{2y,m}) \cdot (Q_{1y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{2y,m} - Q_{2y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{1y,m})}{2(Q_{1y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{1y,m} + Q_{2y} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{2y,m})}}. \quad (4)$$

Для определения сил Q_{1y} и Q_{2y} , сжимающих материал в зонах сжатия и восстановления, примем во внимание, что удельное давление, необходимое

для деформации сжатия материалов растительного происхождения, принято определять экспериментально в виде функции от плотности, которой достигает сжимаемый материал – $p = f(\gamma)$ [5, с.52, 6].

Выделим элементарную зону деформации $ds = r_g \cdot d\alpha_1$ (рис. 2). Абсолютная поперечная деформация слоя протаскиваемой массы в элементарной зоне запишется:

$$\Delta h_1 = h_n - h_1, \quad (5)$$

где h_n – толщина слоя, поступающего в вальцы, м;
 h_1 – толщина слоя в элементарной зоне деформации, м.

Необходимо отметить, что сжатие материала между вальцами сопровождается его расширением в боковом направлении, т.е. вдоль вальцов. Это расширение учитывается введением коэффициента бокового расширения ε , величина которого определяется экспериментально. Тогда боковая абсолютная деформация в элементарной зоне сжатия может быть определена как

$$\Delta l_1^c = l_1^c - l_n = \varepsilon \cdot \Delta h_1 \quad (5a)$$

где l_n – ширина слоя, поступающего в вальцы, м;

l_1^c – ширина слоя в элементарной зоне, м.

Выражения (5) и (5a) позволяют нам написать $l_1^c - l_n = \varepsilon(h_n - h_1)$, или $l_1^c = l_n + \varepsilon(h_n - h_1)$.

Согласно рисунку (2), толщина слоя h_1 в элементарной зоне деформации определится как

$$h_1 = b + 2 \cdot r_g \cdot (1 - \sin \alpha_1), \quad (6)$$

где b – зазор между вальцами, м.

Тогда

$$l_1^c = l_n + \varepsilon \cdot (h_n - b - 2r_g \cdot (1 - \sin \alpha_1)). \quad (7)$$

Так как плотность слоя в любом сечении обратно пропорциональна его площади, запишем выражение для определения плотности в элементарной зоне деформации:

$$\gamma_1 = \gamma_n^h \cdot \frac{h_n \cdot l_n}{h_1 \cdot l_1^c}, \quad (8) \quad Q_{1y} = g \cdot r_g \int_{\alpha_n}^{\frac{\pi}{2}} [l_n + \varepsilon \cdot (h_n - b - 2r_g \cdot (1 - \sin \alpha_1))] \cdot \phi(\alpha_1) \cdot \sin \alpha_1 d\alpha_1 \quad (12)$$

где γ_n^h – плотность слоя ботвы, поступающей в вальцы, до деформации (начальная плотность), кг/м³.

С учетом (6) и (7), выражение (8) примет вид:

$$\gamma_1 = \gamma_n^h \times \frac{h_n \cdot l_n}{k_1^h + k_2^h \cdot \sin \alpha_1 - k_3^h \cdot \sin^2 \alpha_1}, \quad (9)$$

где

$$k_1^h = (b + 2r_g) \cdot (l_n + \varepsilon \cdot (h_n - b - 2r_g)),$$

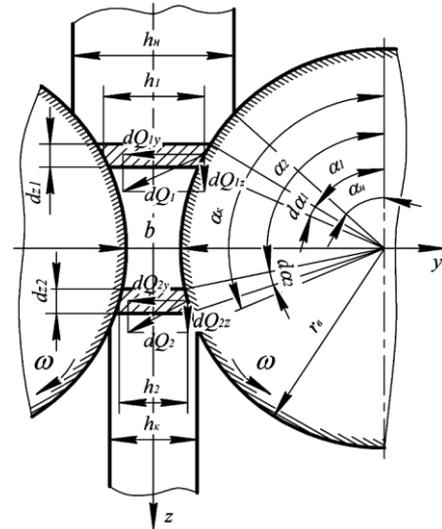


Рисунок 2. Схема деформаций

$$k_2^h = 2r_g \cdot (2\varepsilon \cdot (b + 2r_g) - \varepsilon \cdot h_n - l_n),$$

$$k_3^h = 4r_g^2 \cdot \varepsilon.$$

Давление вальцов q_1 в любом сечении протаскиваемого слоя зависит от угла α_1 (рис. 2) и начальной плотности материала γ_1 .

Эту взаимосвязь можно представить в виде функциональной зависимости:

$$q_1 = f(\gamma_1) = \phi(\alpha_1). \quad (10)$$

На элементарную площадку в зоне сжатия со стороны вальцов действует сила $dQ_{1y} = q_1 \cdot g \cdot l_1 \cdot dz_1$. Подставляя в это выражение значение q_1 из уравнения (10), l_1 из уравнения (7) и $dz_1 = r_g \cdot \sin \alpha_1 d\alpha_1$, получим:

$$dQ_{1y} = g \cdot r_g \cdot [l_n + \varepsilon \cdot (h_n - b - 2r_g \cdot (1 - \sin \alpha_1))] \cdot \phi(\alpha_1) \cdot \sin \alpha_1 d\alpha_1 \quad (11)$$

Интегрируя левую и правую часть уравнения (11) в

пределах от α_n до $\frac{\pi}{2}$, получим значение равнодействующей силы, сжимающей массу в зоне сжатия:

Проведя аналогичные рассуждения для зоны восстановления материала, получим

$$\gamma_2 = \gamma_n^k \cdot \frac{h_k \cdot l_k}{k_1^k + k_2^k \cdot \sin \alpha_2 - k_3^k \cdot \sin^2 \alpha_2}, \quad (13)$$

$$Q_{2y} = g \cdot r_g \int_{\frac{\pi}{2}}^{\alpha_k} [l_k + \varepsilon \cdot (h_k - b - 2r_g \cdot (1 - \sin \alpha_2))] \cdot \phi(\alpha_2) \cdot \sin \alpha_2 d\alpha_2, \quad (14)$$

где

$$\begin{aligned} k_1^k &= (b + 2r_g) \cdot (l_k + \varepsilon \cdot (h_k - b - 2r_g)); \\ k_2^k &= 2r_g \cdot (2\varepsilon \cdot (b + 2r_g) - \varepsilon \cdot h_k - l_k); \\ k_3^k &= 4r_g^2 \cdot \varepsilon; \\ q_2 &= f(\gamma_2) = \phi(\alpha_2). \end{aligned} \quad (15)$$

Представим выражения (12) и (14) в следующем виде:

$$Q_{1y} = \int_{\alpha_n}^{\frac{\pi}{2}} F_1(\alpha_1) d\alpha_1; \quad (16)$$

$$Q_{2y} = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\alpha_k} F_2(\alpha_2) d\alpha_2, \quad (17)$$

где

$$F_1(\alpha_1) = g \cdot r_g \cdot [l_n + \varepsilon \cdot (h_n - b - 2r_g \cdot (1 - \sin \alpha_1))] \cdot \phi(\alpha_1) \cdot \sin \alpha; \quad (18)$$

$$F_2(\alpha_2) = g \cdot r_g \cdot [l_k + \varepsilon \cdot (h_k - b - 2r_g \cdot (1 - \sin \alpha_2))] \cdot \phi(\alpha_2) \cdot \sin \alpha_2. \quad (19)$$

Углы $\alpha_{1ц.м.}$ и $\alpha_{2ц.м.}$, определяющие места приложения равнодействующих сил Q_{1y} и Q_{2y} , определим как координаты центров тяжести эпюр давления в зонах сжатия и восстановления:

$$\alpha_{1ц.м.} = \frac{\int_{\alpha_n}^{\frac{\pi}{2}} \alpha_1 F_1(\alpha_1) d\alpha_1}{Q_{1y}}, \quad (20)$$

$$\alpha_{2ц.м.} = \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\alpha_k} \alpha_2 F_2(\alpha_2) d\alpha_2}{Q_{2y}}. \quad (21)$$

Для определения Q_{1y} и Q_{2y} по уравнениям (16) и (17) воспользуемся эмпирической формулой И.А. Долгова [6], отражающей зависимость удельного давления от плотности:

$$q = \kappa \left[e^{c \cdot (\gamma - \gamma_n)} - 1 \right],$$

где κ , c – эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств и влажности материала.

По данным Хайлиса, зависимость деформации от удельного давления при сжатии картофельной ботвы в числовом интервале аналогична деформации стеблей столовой свеклы [7, с.98], а для последних в литературе [6] предложены следующие значения коэффициентов κ и c :

– для зоны сжатия: $\kappa = 0,152$; $c = 6,73 \cdot 10^{-3}$;

– для зоны восстановления: $\kappa = 0,1$; $c = 1,51 \cdot 10^{-2}$.

С учетом вышесказанного, выражения (10) и (15) примут вид:

$$\begin{aligned} q_1 &= \phi(\alpha_1) = \\ &= 0,152 \cdot \left[e^{6,73 \cdot 10^{-3} \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{h_n \cdot l_n}{k_1^k + k_2^k \cdot \sin \alpha_1 - k_3^k \cdot \sin^2 \alpha_1} - 1 \right)} - 1 \right], \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \phi(\alpha_2) = \\ &= 0,1 \cdot \left[e^{1,51 \cdot 10^{-2} \cdot \gamma_k \cdot \left(\frac{h_k \cdot l_k}{k_1^k + k_2^k \cdot \sin \alpha_2 - k_3^k \cdot \sin^2 \alpha_2} - 1 \right)} - 1 \right]. \end{aligned} \quad (23)$$

Функциональные зависимости (16), (17), (20) и (21) не могут быть проинтегрированы в общем виде. Поэтому следует обратиться к одному из методов приближенного интегрирования.

Для решения уравнений (16) и (17) воспользуемся формулой Чебышева с семью членами [91, с. 392]:

$$\begin{aligned} Q_{1y} &= \int_{\alpha_n}^{\frac{\pi}{2}} F_1(\alpha_1) d\alpha_1 = \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{7} \times (F_1(\alpha_{1_1}) + F_1(\alpha_{1_2}) + \\ &+ F_1(\alpha_{1_3}) + F_1(\alpha_{1_4}) + F_1(\alpha_{1_5}) + F_1(\alpha_{1_6}) + F_1(\alpha_{1_7})), \end{aligned} \quad (24)$$

где

$$\alpha_{1_1} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_n}{2} + \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{2} \cdot 0,8838;$$

$$\alpha_{1_2} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_n}{2} + \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{2} \cdot 0,5296;$$

$$\alpha_{1_3} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_n}{2} + \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{2} \cdot 0,3219;$$

$$\alpha_{1_4} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_n}{2};$$

$$\alpha_{1_5} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_n}{2} - \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{2} \cdot 0,3219;$$

$$\alpha_{1_6} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_n}{2} - \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{2} \cdot 0,5296;$$

$$\alpha_{1_7} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_n}{2} - \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{2} \cdot 0,8838.$$

$$Q_{2y} = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\alpha_k} F_2(\alpha_2) d\alpha_2 = \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{7} \times (F_2(\alpha_{2_1}) + F_2(\alpha_{2_2}) + F_2(\alpha_{2_3}) + F_2(\alpha_{2_4}) + F_2(\alpha_{2_5}) + F_2(\alpha_{2_6}) + F_2(\alpha_{2_7})) \quad (25)$$

$$\alpha_{2_1} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_k}{2} + \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{2} \cdot 0,8838;$$

$$\alpha_{2_2} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_k}{2} + \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{2} \cdot 0,5296;$$

$$\alpha_{2_3} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_k}{2} + \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{2} \cdot 0,3219;$$

$$\alpha_{2_4} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_k}{2};$$

$$\alpha_{2_5} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_k}{2} - \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{2} \cdot 0,3219;$$

$$\alpha_{2_6} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_k}{2} - \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{2} \cdot 0,5296;$$

$$\alpha_{2_7} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha_k}{2} - \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{2} \cdot 0,8838.$$

Аналогичным образом вычисляем значения интегралов, представляющих собой числители выражений (20) и (21):

$$\int_{\alpha_n}^{\frac{\pi}{2}} \alpha_1 F_1(\alpha_1) d\alpha_1 = \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha_n}{7} \times (\alpha_1 F_1(\alpha_{1_1}) + \alpha_1 F_1(\alpha_{1_2}) + \alpha_1 F_1(\alpha_{1_3}) + \alpha_1 F_1(\alpha_{1_4}) + \alpha_1 F_1(\alpha_{1_5}) + \alpha_1 F_1(\alpha_{1_6}) + \alpha_1 F_1(\alpha_{1_7})), \quad (26)$$

$$\int_{\frac{\pi}{2}}^{\alpha_k} \alpha_2 F_2(\alpha_2) d\alpha_2 = \frac{\alpha_k - \frac{\pi}{2}}{7} \times (\alpha_2 F_2(\alpha_{2_1}) + \alpha_2 F_2(\alpha_{2_2}) + \alpha_2 F_2(\alpha_{2_3}) + \alpha_2 F_2(\alpha_{2_4}) + \alpha_2 F_2(\alpha_{2_5}) + \alpha_2 F_2(\alpha_{2_6}) + \alpha_2 F_2(\alpha_{2_7})). \quad (27)$$

Величина момента, необходимого на протаскивание материала, определится по выражению:

$$M_k = Q_{1y} \cdot r_\sigma \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_{1y,m}\right) - Q_{2y} \cdot r_\sigma \cdot \sin\left(\alpha_{2y,m} - \frac{\pi}{2}\right) = r_\sigma (Q_{1y} \cdot \cos \alpha_{1y,m} + Q_{2y} \cdot \cos \alpha_{2y,m}). \quad (28)$$

Значения основных величин, входящих в уравнение (28), определяются по выражениям (16)-(21).

Если условие протаскивания нарушается, то между вальцами и материалом возникает буксование, и момент, необходимый для вращения вальцов, значительно возрастает. Величина его может быть определена так:

$$M_k^{\max} = r_\sigma \cdot f_\sigma \cdot \left(\frac{Q_{1y}}{\sin \alpha_{1y,m} + f_\sigma \cdot \cos \alpha_{1y,m}} + \frac{Q_{2y}}{\sin \alpha_{2y,m} + f_\sigma \cdot \cos \alpha_{2y,m}} \right), \quad (29)$$

$$\text{где } f_\sigma = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_n\right).$$

С учетом (1), (2), (3) и (29) выражение для определения общей требуемой мощности для привода вальцового сепаратора будет иметь вид:

$$N_\sigma = L_\sigma \cdot \left(\frac{Q_{1y}}{\sin \alpha_{1y,m} + f_\sigma \cdot \cos \alpha_{1y,m}} + \frac{Q_{2y}}{\sin \alpha_{2y,m} + f_\sigma \cdot \cos \alpha_{2y,m}} \right) \times \left(\frac{r_\sigma \cdot f_\sigma \cdot n_\sigma \cdot k_{mn}}{9750 \cdot \eta_{mp}} + \frac{W_c \cdot \omega_c}{102} \right), \quad (30)$$

Выражение (30) позволяет определить требуемую мощность на привод вальцового ворохоочистителя с учетом сил, возникающих в процессе сжатия и протаскивания растительных примесей вальцами, координат их приложения и крутящего момента, действующего на приводном валу вальцов.

Выводы

Согласно выполненному расчету, мощность на привод вальцового ворохоочистителя с учетом исходных данных, полученных ранее в работах [2-4], составляет: $N_\sigma = 1,74 \text{ кВт}$; диаметр вальцов $d_\sigma = 0,08 \text{ м}$; длина вальцов $L_\sigma = 0,85 \text{ м}$; количество транспортирующих потоков, $k_{mn} = 1,74 \text{ кВт}$.

Данное значение мощности позволяет выбрать марку и тип электродвигателя на привод вальцового ворохоочистителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Картофелекопатель: пат. 8109 Респ. Беларусь, МПК6 A01D17/00, 33/08 / Д.И. Комлач, В.Н. Полобок,

К.Н. Мисников; заявитель РУП «Научн.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – №20110704; заявл. 19.09.2011; опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.

2. Комлач, Д.И. Теоретическое обоснование диаметра вальцов ротационного ворохоочистителя / Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научн.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т.1. – С. 146-151.

3. Комлач, Д.И. Теоретическое обоснование угла наклона и частоты вращения ротационного ворохоочистителя / Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научн.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т.1. – С. 151-153.

4. Комлач, Д.И. Теоретическое обоснование длины вальцов ротационного ворохоочистителя / Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.М. Морозова // Меха-

низация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научн.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т.1. – С. 153-166.

5. Особов, В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В.И. Особов, Г.К. Васильев, А.В. Голяновский. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 231.

6. Долгов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Долгов, Г.К. Васильев. – Москва, 1967. – 203 с.

7. Хайлис, Г.А. Механика растительных материалов / Г.А. Хайлис. – Киев, 1994. – 332 с.

8. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов: учеб. пос. для втузов. – 13-е изд. / Н.С. Пискунов. – Т.1. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985.– 432 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 06.05.2015

УДК 621.785.616.2

УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОГО ЗАКАЛОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Г.Ф. Бетенья,

ведущ. науч. сотр. НИИМЭСХ БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.В. Кривцов,

директор частного предприятия «ФРОС-М», канд. техн. наук

Приведены режимы и параметры технологии ускоренного охлаждения стальных заготовок при импульсной закалке. Исследованы структура и прочностные характеристики упрочненных заготовок.

The modes and their parameters of the accelerated cooling for steel models at pulse tempering are given. The structure and strength characteristics of the strengthened models are investigated.

Введение

На современном этапе развития материаловедения, прочность, надежность, долговечность и износостойкость применяемых конструкционных материалов, в частности сталей, должны достигаться целенаправленным формированием в них субмикро- и нанокристаллического структурного состояния [1-3; 5-7]. Из теории сплавов и производственного опыта известно, что для формирования наиболее благоприятной структуры и обеспечения прочности и надежности получаемых стальных изделий должны применяться следующие основные варианты: рациональное легирование, измельчение зерна, металлургическое качество стали.

Технология упрочнения конструкционных углеродистых сталей путем импульсного ускоренного закалочного охлаждения быстро движущимся пото-

ком жидкости является высокопроизводительной, экологически чистой, отвечает требованиям энерго- и ресурсосбережения.

Стальная заготовка под импульсным тепловым воздействием в ходе реализации модифицирования со стороны охлаждающей среды испытывает «тепловой шок». В результате высокой скорости охлаждения аустенит переохлаждается до температуры, близкой к температуре охлаждающей жидкости. Переохлажденный аустенит является термодинамически неустойчивой фазой, и в поле внешних воздействий непрерывно фрагментируется.

Одним из практических направлений использования преимуществ технологии является упрочнение сменных деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин. Проблема повышения их физико-

механических и эксплуатационных свойств является важнейшей народнохозяйственной задачей. Типовые представители сменных деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин представлены на рисунке 1.

Цель данной работы – исследование микроструктуры и прочностных характеристик заготовок из конструкционных углеродистых сталей, полученных путем импульсного ускоренного закалочного охлаждения.

Основная часть

В практике термической обработки для достижения высоких скоростей закалки используются системы струйного охлаждения или регулируемого потока. Основной задачей систем закалочного охлаждения является обеспечение оптимальных параметров подачи охлаждающей среды на закаливаемую поверхность, предотвращение закалочных пятен, деформаций, коробления и трещин.

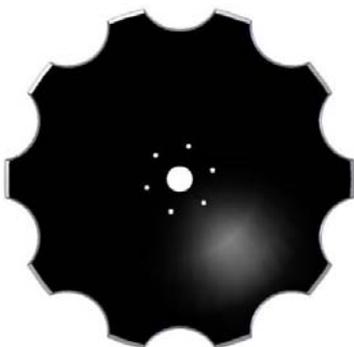
Техническое обеспечение технологии ускоренного охлаждения стальных заготовок включает функционирование взаимосвязанных технических средств, с помощью которых реализуются следующие процессы [4]:

- импульсная подача охлаждающей жидкости к закалочному устройству;
- управление продолжительностью технологического цикла охлаждения;
- поддержание температуры охлаждающей жидкости в заданном интервале (термостатирование);
- управление в автоматическом режиме оборотным снабжением охлаждающей жидкостью.

Исследование проводилось на образцах из сталей марок 35, 60ПП, 30ХГСА, химический состав которых приведен в таблице 1 (ГОСТ 1050-74, ГОСТ 4543-71).

Таблица 1. Химический состав сталей 35, 60ПП, 30ХГСА

Марка стали	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
35	0,32-0,4	0,5-0,8	0,17-0,37	до 0,25	до 0,25	до 0,035	до 0,04
60ПП	0,57-0,65	до 0,2	0,1-0,3	до 0,15	до 0,2	до 0,035	до 0,04
30ХГСА	0,28-0,34	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,7	до 0,3	до 0,025	до 0,025



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1. Сменные детали рабочих органов почвообрабатывающих машин: а – диск сферической бороны; б – диск сошника; в – долото плуга оборотное; г – долото плуга одностороннее

Оценка оптимальных технологических параметров термического цикла осуществлялась по показателям качества изделия. На первое место среди этих показателей ставилось структурное состояние металла заготовки, приобретаемое в процессе упрочнения.

Экспериментальные работы по охлаждению заготовок проводились с использованием установки ТМ-60 (рис. 2).

Заготовки нагревались до температуры закалки с точностью ± 5 °С, время охлаждения – в интервале 0,5-5 с в зависимости от толщины изделия. Интенсивность охлаждения исследовалась в интервале от 1000 °С/с до 20000 °С/с.

Результаты исследования твердости упрочненных деталей из стали 60ПП после закалки и низкого отпуска представлены на рисунке 3.

Микроструктура упрочненного слоя и сердцевин изучалась на световом микроскопе «MeF-3» «Reichert» (Австрия). Микроструктура упрочненных слоев дополнительно исследовалась на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения «Mira» «Tescan» (Чехия) и с использованием детектора обратно рассеянных электронов Nordlys II EBSD (Oxford Instruments).

Характеристика и балл мартенсита определялись по ГОСТ 8233, размеры фрагментов мартенсита с использованием метода секущих (метод подсчета пересечений границ зерен по ГОСТ 5639).

Фазовый состав, количество остаточного аустенита определялось на дифрактометре общего назначения ДРОН-3,0 в SiK монохроматизированном излучении, вторичная монохроматизация осуществлялась пиролитическим графитом с вращением образца в собственной плоскости. Количество остаточного аустенита и мартенсита рассчитывалось с помощью программ автоматизированного рентгеновского исследования «WinDif», по отношению интенсивностей линий всех фаз, присутствующих в образце.

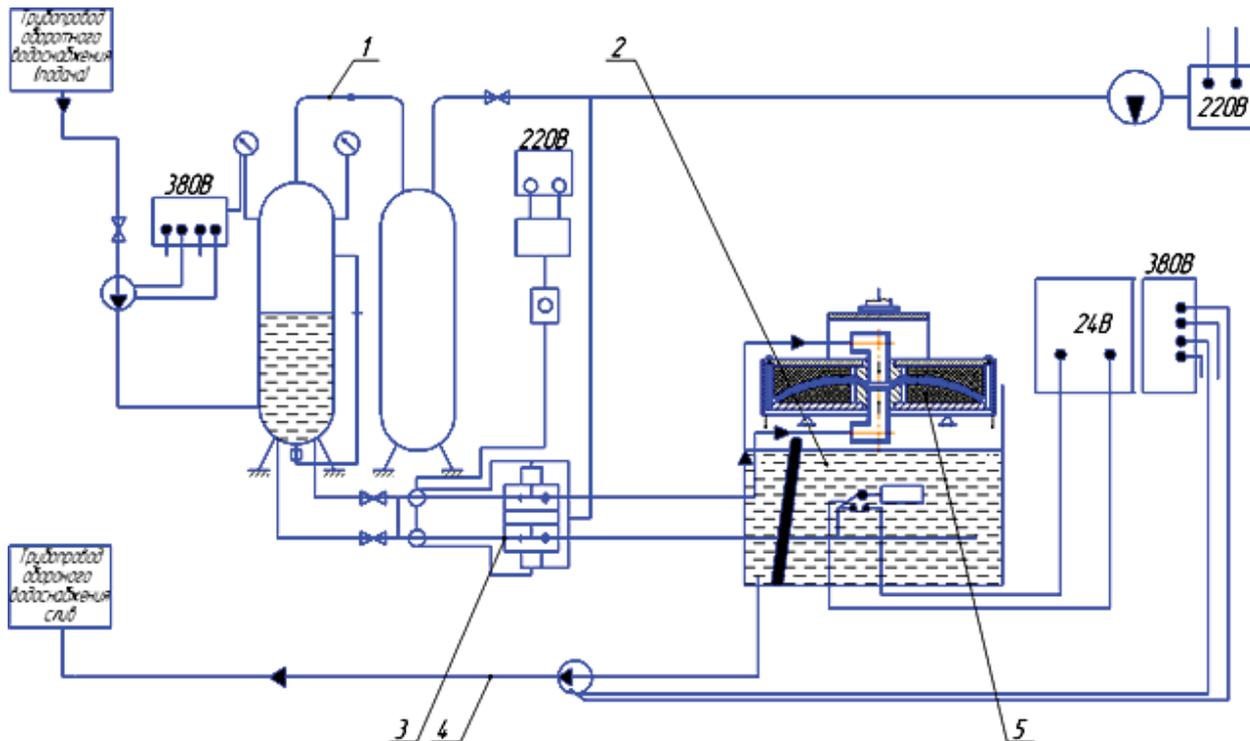


Рисунок 2. Принципиальная схема технологии модифицирования сталей пониженной прокаливаемости путем импульсного закалочного охлаждения: 1 – блок управления расходом ОЖ; 2 – блок управления отводом ОЖ; 3 – система управления клапаном «Бабочка»; 4 – система обратного водоснабжения; 5 – закалочное устройство

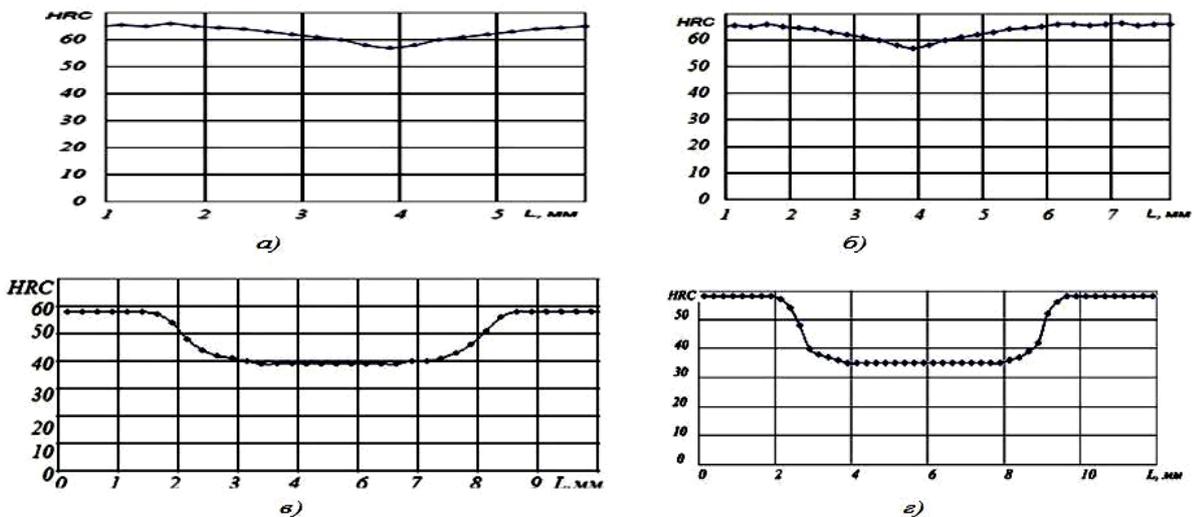


Рисунок 3. Результаты измерения твердости по толщине образцов из стали 60ГП.
Толщина образца: а – 6 мм; б – 8 мм; в – 10 мм; г – 12 мм

Твердость по Роквеллу определялась на твердомере ТК14-250 по ГОСТ 9013. Испытания на трехточечный изгиб проводили на универсальной испытательной машине «Инстрон 1195» в соответствии с ГОСТ 473.8.

Структурное состояние упрочненных образцов изучалось на макро – и микроуровне. Для этих целей из опытных образцов изготавливались шлифы с последу-

ющим травлением, а также использовались фасетки изломов образцов, испытанных на ударную вязкость.

Макроструктурным анализом выявлена неоднородность (негомогенность) структурного строения в поперечном сечении образцов. Видимы при визуальном просмотре макрошлифов (темплетов поперечного сечения) и фасеток изломов образцов зоны в поперечном сечении, отличающиеся своим отражением.

Зоны со стороны внешних поверхностей макрошлифов отсвечиваются более отчетливо с блестящим оттенком, зона его средней части – с матовым оттенком.

В связи с необходимостью изучения структурного строения проводилось измерение микротвердости в поперечном сечении макрошлифов. Было выявлено убывание (диссипация) значений (микротвердости) в направлении к сердцевине образца. Анализ численных значений микротвердости свидетельствует о наличии в поверхностных слоях структуры мартенсита, далее троосто-мартенситном (бейнитном), а в сердцевине – трооститной структуры.

Результаты исследований микроструктуры шлифов на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении $\times 500$ и $\times 80000$ представлены на рисунке 4.

Исследования образцов, модифицированных с высокими скоростями охлаждения ($10000\text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ и более), свидетельствуют о наличии фрагментации мартенсита наноразмерного масштаба, что можно классифицировать как наноструктурные материалы. На рисунке 5 (а, б) показаны микроструктуры упрочненного слоя образца стали 60ПП при увеличениях $\times 5000$, $\times 20000$. Максимальная длина игл мартенсита составляет 5-6 нм, толщина игл – порядка 0,2-0,3 нм. Структура образца характерна для мартенсита пакетного (реечного) типа со средним поперечным размером реек 450-55 нм. Твердость по Роквеллу упроч-

ненного слоя – 56-57 HRC.

Фрагментация мартенсита выявлена только при увеличениях $\times 50000$ и $\times 80000$ методом электронной микроскопии (рис. 4 в, г). В результате исследований определено, что мартенситные иглы частично фрагментированы, размер фрагментов находится в диапазоне 20-150 нм, их средний размер составляет 40-50 нм.

На отдельных фрагментах проявляются очерченная субмикрозерен. Края мартенситных пластин и фрагментов частично размыты, что говорит об их аморфнокристаллическом состоянии.

Изучение микроструктуры образцов из стали 60ПП показало, что размер фрагментов мартенситных пластин – в диапазоне 0,0144 – 0,0708 нм; 35 % имеют размер менее или равный 0,02 нм; 65 % составляют 0,02 – 0,06 нм (табл. 2).

Результаты исследования твердости, ударной вязкости и коэффициента относительной износостойкости образцов представлены в таблице 3.

Отличительными характеристиками изделий, изготовленных с применением технологии импульсного ускоренного закалочного охлаждения, являются: сочетание высоких показателей твердости (около 60 HRC); прочности (свыше 2000 МПа); ударной вязкости (не менее 1,0 МДж/м²); пластичности, наличие наноразмерного (30-80 нм) структурного строения; абразивной износостойкости (коэффициент 1,8...4,3).

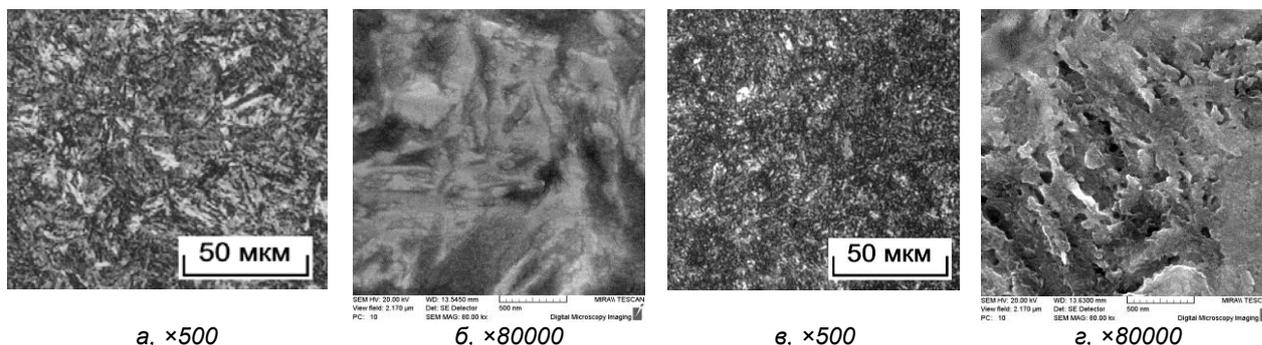


Рисунок 4. Микроструктура упрочненного слоя образцов из сталей 35 (а, б), 60ПП (в, г) после ускоренного охлаждения и низкого отпуска

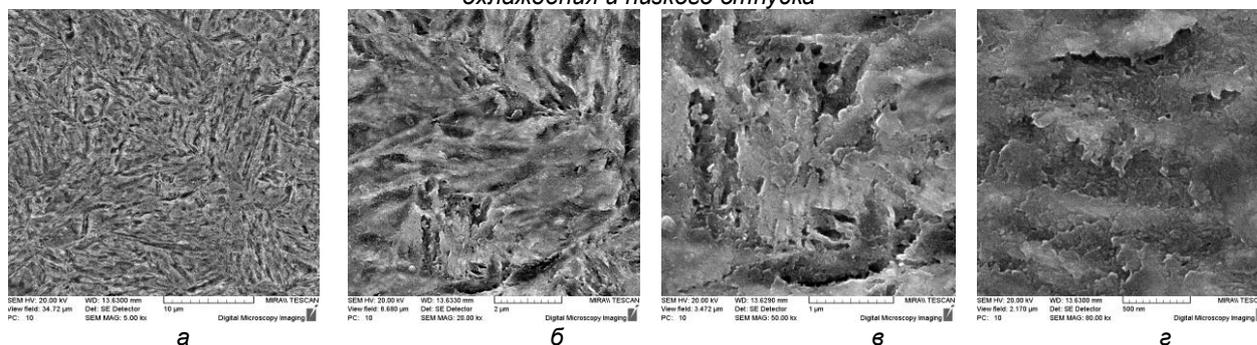


Рисунок 5. Микроструктура упрочненного слоя образца стали 60ПП, толщиной 8 мм после модифицирования импульсным закалочным охлаждением водой и низкого отпуска: а – $\times 5000$; б – $\times 20000$; в – $\times 50000$; г – $\times 80000$

Таблица 2. Разбиение на классы по длине фрагментов мартенситных пластин образца из стали 60ПП

Класс	Кол-во, штук	Интервал, нм	Доля по кол-ву, %	Доля по массе, %
1	35	0 – 0,02	0	11,49
2	48	0,02 – 0,04	35	37,10
3	16	0,04 – 0,06	48	48,08
4	1	0,06 – 0,08	16	6,32
5	0	0,08 – 0,1	1	0
6	0	0,1 – 0,12	0	0
7	0	0,12 – 0,14	0	0
8	0	0,14 – 0,16	0	0
9	0	0,16 – 0,18	0	0
10	0	0,18 – 0,2	0	0

Таблица 3. Результаты исследования твердости, ударной вязкости и коэффициента относительной износостойкости

Материал образца	Твердость, HRC	Ударная вязкость, МДж/м ²	Относительная износостойкость
Сталь 35	50	0,8...0,9 (КСУ)	1,8
Сталь 30ХГСА	50...52	0,9 (КСУ)	2,9
Сталь 60ПП (закалка+низкий отпуск)	54...58	2,7 (КС)	4,3

Выводы

1. Технология ускоренного охлаждения при импульсной закалке стальных заготовок из сталей 35, 60ПП, 30ХГСА обеспечивает получение в заготовках наноструктурированное строение с размером структурного характерного элемента в пределах 30...100 нм.

2. Измельчение структуры обеспечивается в результате высокой скорости охлаждения (около 10000 °С/с), значительно превышающей критические скорости исследуемых марок стали.

3. Технология ускоренного охлаждения при импульсной закалке заготовок из сталей 35, 60ПП, 30ХГСА приводит к повышению прочностных характеристик (на 30-40 %).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.

2. Ивашко, В.С. Ресурсосберегающая технология и материалы для получения почворезущих деталей сельскохозяйственной техники / В.С. Ивашко, Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович, Н.А. Зайко, А.В. Кривцов, Д.П. Литовчик // Вестник Полоцкого государственного университета, 2005. – №6. – С. 22-26.

3. Бетенья, Г.Ф. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью / Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 15. No 7. – S. 79-85.

4. Технологический модуль для закалки деталей: пат. 2139 Респ. Беларусь / Г.Ф. Бетенья, Н.А. Зайко, А.В. Кривцов, Д.П. Литовчик.

5. Бетенья, Г.Ф. Работоспособность почворезущих деталей сельскохозяйственной техники / Г.Ф. Бетенья, А.В. Кривцов // Агропанорама, 2003. – № 3. – С. 19-24.

6. Ивашко, В.С. Ресурсосберегающая технология изготовления почворезущих деталей / В.С. Ивашко, Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович, Н.А. Зайко, А.В. Кривцов // Машиностроение: сб. науч. тр. – Мн.: БНТУ, 2003. – С. 90-92.

7. Бутенко, В.И. Научно-технические технологии создания высокоресурсных деталей машин: монография / В.И. Бутенко, Д.С. Дуров, Р.Г. Шаповалов. – Таганрог: ЮФУ, 2014. – 404 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 06.05.2015

Радиоволновой влагомер зерна

Предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и обеспечивает автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход 4-20 мА, а также интерфейс RS-485.



Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна
Основная абсолютная погрешность
Температура контролируемого материала
Цена деления младшего разряда блока индикации
Напряжение питания
Потребляемая мощность

от 9 до 25%
не более 0,5%
от +5 до +65°С
0,1%
220 В 50Гц,
30ВА

УДК 637.1.02

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРАТОРА-СЛИВКООТДЕЛИТЕЛЯ МОЛОКА

А.В. Китун,

доцент каф. технологии и механизации животноводства БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

В статье рассматриваются физическая сущность процесса сепарирования молока, основанная на осаждении дисперсной фазы под действием центробежной силы, и параметры, влияющие на эффективность сепарирования.

The article deals with the physical nature of the process of separation of milk, based on the precipitation of the dispersed phase by centrifugal force, and the parameters that affect the quality and efficiency of separation.

Введение

Молоко представляет собой смесь жира плотностью 877-961 кг/м³ и плазмы (белки, вода, минеральные вещества) плотностью 1006-1036 кг/м³. Такую дисперсную смесь можно разделить сепарированием на механических центрифугах в поле центробежных сил на две фракции – сливки и обезжиренное молоко (обрат). При этом более тяжелые составляющие смеси перемещаются к периферии вращающегося ротора, более легкие – вытесняются ими к центру. Разделение в поле центробежных сил интенсифицирует процесс. При этом появляется возможность регулирования качества разделения путем изменения силового поля. В связи с этим важно определить факторы, влияющие на эффективность сепарирования при механическом разделении молока на обрат и сливки.

Основная часть

Для механического разделения молока на обрат и сливки применяется сепаратор-сливкоотделитель, основным рабочим органом которого является сливкоотделительный барабан, получающий вращение от электродвигателя через механические передачи.

Сливкоотделительный барабан (рис.1) состоит из корпуса, пакета разделительных тарельчатых вставок, тарелкодержателя, крышки, уплотнительного кольца и затяжной гайки [1]. Верхняя разделительная тарелка имеет в центральной части цилиндрическую вытяжку, в которой сбоку помещена впадка с отверстием для регулировочного винта. Поворотами винта изменяют выход и жирность сливок.

Разделительные тарелки имеют отверстия, образующие в пакете три канала для прохода молока. Свободное пространство между пакетом тарелок и крышкой корпуса образует грязевик. Зазор между парами тарелок в разных конструкциях находится в пределах 0,35–0,5 мм.

Физическая сущность процесса сепарирования молока основана на осаждении дисперсной фазы под действием центробежной силы.

Условия, при которых достигается концентрация жировых шариков в плазме молока и возможно более полное обезжиривание остальной ее части, выявляют расчетным путем.

При работе сепаратора-сливкоотделителя, молоко с поплавковой камеры через центральную трубку и каналы тарелкодержателя, поступает к каналам пакета тарелок и движется от центра барабана к его периферии по межтарелочным пространствам.

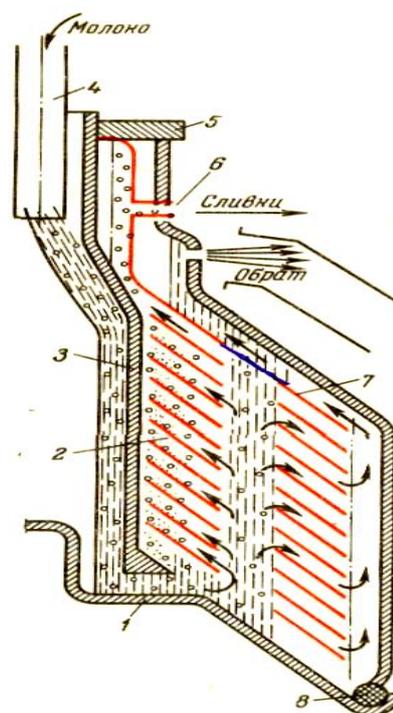


Рисунок 1. Схема работы барабана сепаратора сливкоотделителя:

1 – корпус; 2 – пакет тарелок; 3 – тарелкодержатель; 4 – центральная трубка поплавковой камеры; 5 – накидная гайка; 6 – винт регулировки жирности сливок; 7 – верхняя разделяющая тарелка; 8 – резиновое кольцо

Жировые шарики в межтарелочном пространстве вращающегося барабана сепаратора участвуют в сложном движении (рис. 2). Одна составляющая движения определяется скоростью потока молока и направлена по образующей тарелки, другая – центробежной силой и направлена перпендикулярно оси вращения (горизонтально).

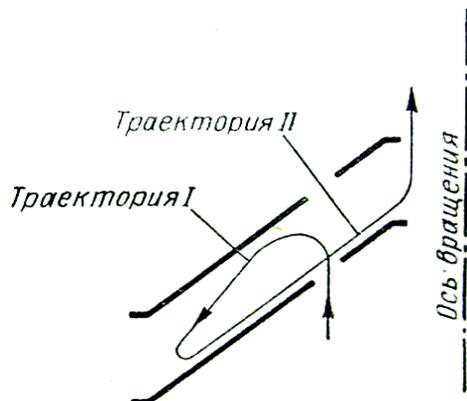


Рисунок 2. Траектория движения частиц в межтарелочном пространстве сепаратора-сливкоотделителя

В межтарелочных зазорах движение потока ламинарное, а частиц в молоке – плоскопараллельное без завихрений (стоксовое движение). Одним из необходимых условий сепарирования является проникновение жировых шариков через толщу жидкости в межтарелочном пространстве. Частицы (жировые шарики), не достигшие поверхности тарелки, выносятся в потоки плазмы.

Жировые шарики, проникшие на поверхность тарелки, перемещаются по ней. При этом, если скорость потока плазмы у поверхности больше скорости движения жировых шариков, вызываемой центробежной силой, то они будут унесены потоком. Если же скорость потока меньше скорости, вызываемой центробежной силой, то частицы (жировые шарики) будут перемещаться к оси вращения и попадут в обогащенный ими поток (сливки). Для сепарирования молока соблюдение второго условия является также обязательным.

Таким образом, траектория движения частицы, попадающей в сливки, состоит из траектории движения жировых шариков в направлении общего потока (1 стадия) и траектории движения жировых шариков в направлении, противоположном общему потоку (2 стадия).

Более легкая фракция (жир) выделяется из молока в межтарелочных пространствах и всплывает в направлении оси барабана. Снятое молоко идет к периферии барабана, где в грязевике из него выделяются механические примеси. Очищенное молоко (обрат) проходит над разделяющей тарелкой к отверстиям для выброса. Обрат выбрасывается в молочную посуду и собирается в емкость.

Схема движения фракций в межтарелочном пространстве представлена на рисунке 3.

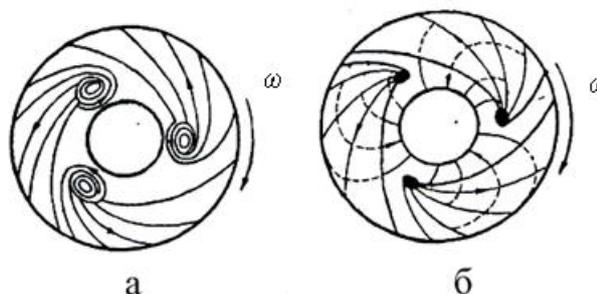


Рисунок 3. Траектории потоков жидкости в межтарелочном пространстве сепаратора-сливкоотделителя: а – однородной жидкости; б – легкой и тяжелой фракций

Одним из необходимых условий сепарирования является проникновение жировых шариков через толщу жидкости в межтарелочном пространстве. Частицы (жировые шарики), не достигшие поверхности тарелки, выносятся в потоки плазмы.

Более легкая фракция (жир) выделяется из молока в межтарелочных пространствах и всплывает в направлении оси барабана. Снятое молоко идет к периферии барабана, где из него выделяются механические примеси. Очищенное молоко (обрат) проходит над разделяющей тарелкой к отверстиям для выброса. Обрат выбрасывается в молочную посуду и собирается в емкость. Схема сечения межтарелочного пространства представлена на рисунке 4.

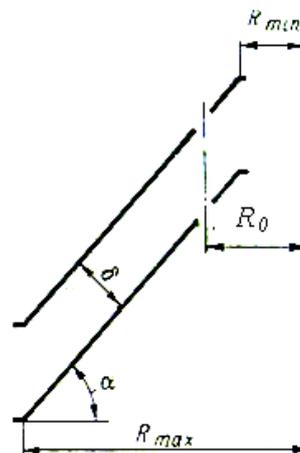


Рисунок 4. Схема сечения межтарелочного пространства

Радиальную скорость частиц можно определить по формуле:

$$v = \omega^2 R d^2 \frac{(\rho_c - \rho_v)}{\mu_c} \quad (1)$$

где ω – угловая скорость барабана, c^{-1} ;
 R – расстояние частицы от оси вращения, м;

d – диаметр частицы дисперсной фазы, м;
 ρ_c – плотность дисперсионной среды (жирового шарика), кг/м³;
 $\rho_{\text{ч}}$ – плотность частицы дисперсной фазы (молока), кг/м³;
 μ_c – вязкость дисперсионной среды, Па·с.

Предельно минимальный размер выделяемых сепаратором жировых частиц:

$$d_{\text{мин}} = \frac{2,94}{\omega} \times \sqrt{\frac{Q_c \mu_c}{\beta z \operatorname{tg} \alpha (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{мин}}^3) (\rho_c - \rho_{\text{ч}})}}, \quad (2)$$

где Q_c – производительность сепаратора, м³/с;
 β – технологический к. п. д. сепаратора;
 z – число тарелок в барабане, шт;
 α – угол подъема образующей конуса тарелки, град;
 R_{max} – максимальный расчетный радиус тарелки, м;
 $R_{\text{мин}}$ – минимальный расчетный радиус тарелки, м;
 μ_c – динамическая вязкость дисперсионной среды, Па·с.

Минимальный размер жирового шарика, который достигнув слоя сливок в межтарелочном пространстве, не смывается потоком обрата в грязевое пространство барабана:

$$d'_{\text{мин}} = \frac{17,2 Q_c \mu_c}{\omega^2 z \delta^2 R_{\text{max}}^2 (\rho_c - \rho_{\text{ч}}) \cos \alpha}, \quad (3)$$

где δ – расстояние между тарелками, м.
 Чем крупнее шарики, тем быстрее происходит сепарирование.

Оптимальное расстояние между тарелками, при котором происходит наилучшее разделение молока, соответствует условиям осаждения на поверхности тарелки частиц, возможно, меньших размеров. При этом частицы должны противостоять потоку во избежание уноса их за пределы межтарелочных зазоров:

$$\delta = \frac{2,43}{R_{\text{max}}} \sqrt[4]{\frac{V_{\delta} \mu_c \beta (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{мин}}^3) \operatorname{tg} \alpha}{\omega^2 z (\rho_c - \rho_{\text{ч}}) \cos \alpha}}, \quad (4)$$

где V_{δ} – объем междискового пространства, м³.
 Если расстояние между тарелками меньше размера, соответствующего максимальной частоте расстояний между ними, то снижается пропускная способность соответствующей группы тарелок, а качество разделения молока улучшается, и наоборот.

Оптимальное расстояние между осью тарелки и осями отверстий в них:

$$R_0 = \sqrt{\frac{\varphi R_{\text{max}}^2 + R_{\text{мин}}^2}{1 + \varphi}}, \quad (5)$$

где φ – объемное отношение легкой фракции к тяжелой.

Скорость потока жидкости в межтарелочном пространстве на произвольном расстоянии R от оси барабана:

$$v_{\text{ср}} = \frac{Q_c}{z 2\pi R \delta}, \quad (6)$$

Эффективность работы сепаратора-сливкоотделителя характеризуется степенью обезжиривания:

$$\sigma = 100 \frac{C_{\text{сл}} (C_{\text{м}} - C_{\text{об}})}{C_{\text{м}} (C_{\text{сл}} - C_{\text{об}})}, \quad (7)$$

где $C_{\text{об}}$, $C_{\text{сл}}$ и $C_{\text{м}}$ – жирность обрата, сливок и молока, соответственно, %.

С увеличением жирности молока подача его должна быть уменьшена. Максимальная жирность сливок ограничивается 30–35 %, при этом остаточная жирность обезжиренного молока не превышает 0,05 %.

Теоретическая объемная производительность сепаратора определяется по формуле:

$$Q_c = \beta \omega z \operatorname{tg} \alpha (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{мин}}^3) t. \quad (8)$$

На производительность сепаратора существенно влияют конструктивно-механические факторы.

Выводы

Теоретическая объемная производительность сепаратора, определяемая по формуле (8), зависит от угла подъема образующей конуса тарелки α . Для обеспечения максимальной производительности сепаратора угол наклона образующей тарелки принимают от 40 до 60°. Он должен обеспечивать скольжение отлагающихся масс по поверхности тарелок [2].

Качество и эффективность сепарирования зависят от температуры молока – оптимальная температура молока должна быть в пределах 45–50° С.

Скорость потока жидкости в межтарелочном пространстве на произвольном расстоянии от оси барабана, определяемая по формуле (6), зависит от расстояния между тарелками. Зазор между тарелками в разных конструкциях находится в пределах 0,35–0,5 мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурков, В.Д. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности: 2-е изд., перераб. и доп. / В.Д. Сурков, Н.Н. Липатов, Н.В. Барановский. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 368 с.
2. Томбаев, Н.И. Справочник по оборудованию предприятий молочной промышленности / Н.И. Томбаев. – М.: Пищевая промышленность, 1982. – 545 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.05.2015

УДК 621.314.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК Y/Y_n СУ С ТРАНСФОРМАТОРОМ Y/Y_n

Г.И. Янукович,

профессор каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук, профессор

Н.Г. Королевич,

зав. каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

В.М. Збрадыга,

и.о. зав. каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье рассмотрена возможность параллельной работы трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y_n СУ с трансформатором Y/Y_n при несимметричной нагрузке фаз.

The article considers the possibility of parallel operation of the transformer with winding connection scheme Y/Y_n СУ transformer Y/Y_n at asymmetrical loading of phases.

Введение

Промышленность Беларуси выпускает большое количество трансформаторов с различными схемами соединения обмоток, способных улучшать качество напряжения. Однако многие из них имеют одиннадцатую группу соединения обмоток и не могут работать параллельно с наиболее распространенными трансформаторами со схемой соединения обмоток Y/Y_n , имеющей нулевую группу. На кафедре электроснабжения БГАТУ разработаны два типа трансформаторов: Y/Y_n – разомкнутый треугольник и Y/Y_n СУ, способные улучшать качество напряжения и имеющие нулевую группу. Технические характеристики обоих трансформаторов практически одинаковы. Авторами публикации в лабораторных условиях была проверена возможность параллельной работы данных трансформаторов с трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Y_n .

В результате экспериментальных исследований определялись напряжения и токи с первичной и вторичной сторон параллельно работающих пар трансформаторов Y/Y_n СУ и Y/Y_n , а также Y/Y_n и Y/Y_n при несимметричной нагрузке фаз и распределения нагрузки между трансформаторами Y/Y_n СУ и Y/Y_n при их параллельной работе в несимметричных режимах.

Для определения возможности параллельной работы трансформатора Y/Y_n СУ в сетях с трансформаторами Y/Y_n исследования проводились методом сравнения указанных выше величин при параллельной работе двух трансформаторов с одинаковой схемой Y/Y_n и двух трансформаторов с разными схемами Y/Y_n СУ и Y/Y_n .

Режимы работы пар трансформаторов принимались одинаковыми:

1) в одной из фаз ток равнялся номинальному и оставался неизменным, в двух других фазах ток изменялся от номинального значения до нуля на одну и ту же величину;

2) в двух фазах ток равнялся номинальному и оставался неизменным, в третьей – изменялся от номинального значения до нуля на одну и ту же величину.

Нужные несимметричные режимы устанавливались по величине тока в цепи нагрузки. Расчетным путем по полученным данным рассчитаны коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности.

Основная часть

При экспериментальной проверке возможности параллельной работы трансформаторов Y/Y_n СУ и Y/Y_n замерялись токи и напряжения с высшей и низшей сторон параллельно работающих пар трансформаторов Y/Y_n , Y/Y_n и Y/Y_n , Y/Y_n СУ. По результатам экспериментов построены зависимости фазных напряжений питающей сети (рис. 1, 2) от тока нагрузки и фазных напряжений на нагрузке (рис. 3, 4) [1]. Для удобства сравнения параллельной работы соответствующих пар трансформаторов кривые напряжений приведены на одном рисунке для одного и того же режима.

Анализ кривых напряжений (рис. 1) работы пар трансформаторов в режиме $I_a = I_n \div 0$, $I_b = I_c = I_n = \text{const}$ показывает, что при работе пары трансформаторов Y/Y_n СУ и Y/Y_n даже при глубокой несимметрии (работа в неполнофазном режиме $I_a = 0$) расхождение фазных напряжений сети значительно меньше, чем при параллельной работе пары трансформаторов Y/Y_n и Y/Y_n и составляет 5,7 % против 19,4 %. Максимальное отклонение фазного напряжения от номинального значения для пары Y/Y_n СУ и Y/Y_n составля-

ет 3,5 %, в то время как для пары Y/Y_H и $Y/Y_H - 13,7 \%$, то есть почти в 4 раза меньше.

Подобный анализ кривых фазных напряжений (рис. 2) для режима $I_a = I_b = I_H \div 0, I_c = I_H = \text{const}$ пока-

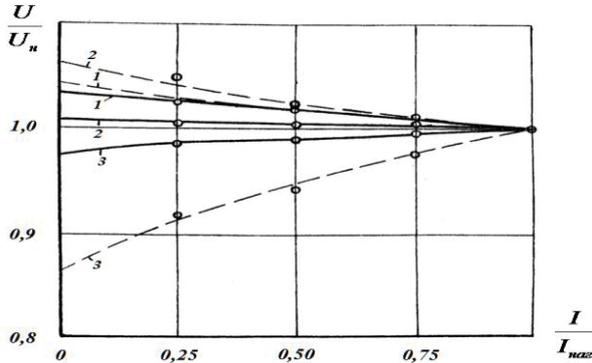


Рисунок 1. Зависимость фазных напряжений питающей сети от тока нагрузки при параллельной работе пар трансформаторов $Y/Y_HCSU, Y/Y_H$ и $Y/Y_H, Y/Y_H$ (режим $I_a = I_H \div 0, I_b = I_c = I_H = \text{const}$):

- параллельная работа трансформаторов Y/Y_HCSU и Y/Y_H ;
- - - параллельная работа трансформаторов Y/Y_H и Y/Y_H ;
- 1 – фаза А; 2 – фаза В; 3 – фаза С

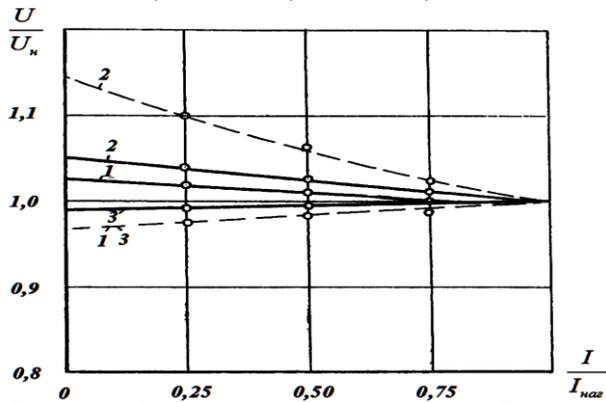


Рисунок 2. Зависимость фазных напряжений питающей сети от тока нагрузки при параллельной работе пар трансформаторов $Y/Y_HCSU, Y/Y_H$ и $Y/Y_H, Y/Y_H$ (режим $I_a = I_b = I_H \div 0, I_c = I_H = \text{const}$):

- параллельная работа трансформаторов Y/Y_HCSU и Y/Y_H ;
- - - параллельная работа трансформаторов Y/Y_H и Y/Y_H ;
- 1 – фаза А; 2 – фаза В; 3 – фаза С

зывает, что расхождение их и максимальное отклонение от номинального напряжения приблизительно в тех же пределах, что и для первого режима.

На рисунке 3 приведены кривые зависимости фазных напряжений на нагрузке, питающейся от параллельно работающих пар трансформаторов со схемами соединения обмоток Y/Y_HCSU и Y/Y_H , а также Y/Y_H и Y/Y_H для режима работы $I_a = I_H \div 0, I_b = I_c = I_H = \text{const}$.

Как видно из рисунка 3, при параллельной работе пары трансформаторов Y/Y_HCSU и Y/Y_H максимальное

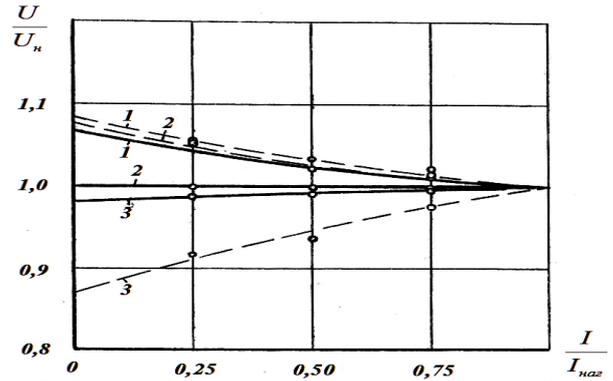


Рисунок 3. Зависимость фазных напряжений на нагрузке от тока при параллельной работе пар трансформаторов $Y/Y_HCSU, Y/Y_H$ и $Y/Y_H, Y/Y_H$ (режим $I_a = I_H \div 0, I_b = I_c = I_H = \text{const}$):

- параллельная работа трансформаторов Y/Y_HCSU и Y/Y_H ;
- - - параллельная работа трансформаторов Y/Y_H и Y/Y_H ;
- 1 – фаза а; 2 – фаза б; 3 – фаза с

расхождение фазных напряжений меньше, чем при параллельной работе пары трансформаторов Y/Y_H и Y/Y_H , и в процентном отношении соответственно составляет 8,1 % и 21,9 %. Максимальное отклонение напряжения от номинального значения в первом случае равно 6,8 %, а при работе пары трансформаторов Y/Y_H и $Y/Y_H - 13,8 \%$, то есть в 2 раза больше.

Кривые, приведенные на рисунке 4, характеризуют зависимость фазных напряжений нагрузки при питании ее от параллельно работающих пар трансформаторов в режиме $I_a = I_b = I_H \div 0, I_c = I_H = \text{const}$. Они показывают, что расхождение этих напряжений и их отклонение от номинального значения и по ха-

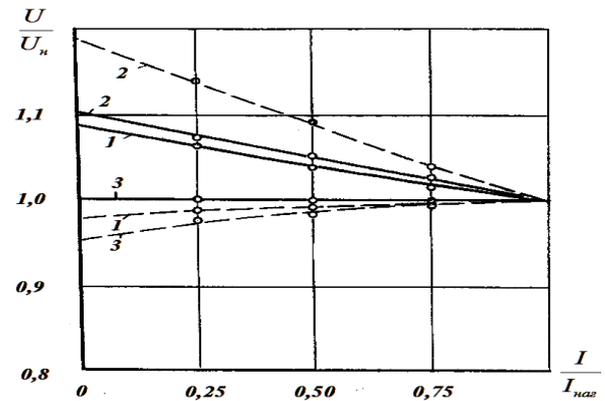


Рисунок 4. Зависимость фазных напряжений на нагрузке от тока нагрузки при параллельной работе пар трансформаторов $Y/Y_HCSU, Y/Y_H$ и $Y/Y_H, Y/Y_H$ (режим $I_a = I_b = I_H \div 0, I_c = I_H = \text{const}$):

- параллельная работа трансформаторов Y/Y_HCSU и Y/Y_H ;
- - - параллельная работа трансформаторов Y/Y_H и Y/Y_H ;
- 1 – фаза а; 2 – фаза б; 3 – фаза с

рактору и по величине практически соответствует режиму $I_a = I_n \div 0, I_b = I_c = I_n = \text{const}$.

Следовательно, использование трансформатора Y/Y_n СУ при параллельной работе с трансформатором Y/Y_n дает возможность значительно снизить несимметрию фазных напряжений не только у потребителя, но и в сети, питающей трансформаторы.

Способность трансформатора Y/Y_n СУ симметризовать напряжение, работая в параллель с трансформатором Y/Y_n при несимметричной нагрузке, можно определить также по значению коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности. Значения этих коэффициентов получены по формулам, приведенным в ГОСТ 13109-97 [2]. По результатам расчетов построены зависимости коэффициентов K_{2U} и K_{0U} от изменяющегося тока нагрузки (рис. 5, 6).

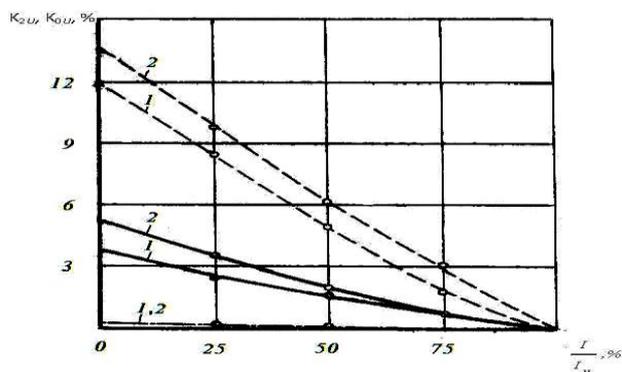


Рисунок 5. Зависимость коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности от тока нагрузки при параллельной работе пар трансформаторов Y/Y_n СУ, Y/Y_n и Y/Y_n , Y/Y_n

(режим $I_a = I_n \div 0, I_b = I_c = I_n = \text{const}$):

- K_{0U} при параллельной работе трансформаторов Y/Y_n СУ и Y/Y_n ;
- K_{0U} при параллельной работе трансформаторов Y/Y_n и Y/Y_n ;
- · — · — K_{2U} при параллельной работе трансформаторов;
- 1 – сеть; 2 – нагрузка

Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности при работе трансформатора Y/Y_n СУ в параллель с трансформатором Y/Y_n в режиме $I_a = I_n \div 0, I_b = I_c = I_n = \text{const}$ показывает уменьшение его величины и на нагрузку и в сети по сравнению с параллельной работой пары трансформаторов Y/Y_n и Y/Y_n . Так, при глубокой несимметрии, когда $I_a = 0$ (рис. 5), значение этого коэффициента на нагрузке равно 5,3 %, в то время как во втором случае при тех же условиях $K_{0U} = 13,8$ %. В сети этот коэффициент соответственно равен 3,9 % и 12,0 %.

Картина работы указанных пар трансформаторов в режиме $I_a = I_b = I_n \div 0, I_c = I_n = \text{const}$ по существу мало отличается от рассмотренной выше (рис. 6).

Значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности, как и следовало

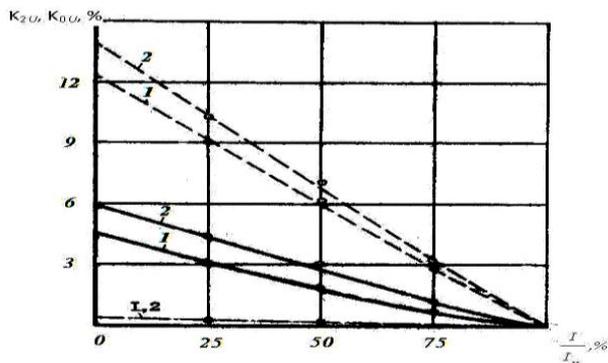


Рисунок 6. Зависимость коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности от тока нагрузки при параллельной работе пар трансформаторов Y/Y_n СУ, Y/Y_n и Y/Y_n , Y/Y_n

(режим $I_a = I_b = I_n \div 0, I_c = I_n = \text{const}$):

- K_{0U} при параллельной работе трансформаторов Y/Y_n СУ и Y/Y_n ;
- K_{0U} при параллельной работе трансформаторов Y/Y_n и Y/Y_n ;
- · — · — K_{2U} при параллельной работе трансформаторов;
- 1 – сеть; 2 – нагрузка

ожидать, не изменяется независимо от схемы соединения параллельно работающих пар трансформаторов.

Вследствие того, что смещение нулевых точек параллельно работающих трансформаторов Y/Y_n СУ и Y/Y_n при несимметричной нагрузке фаз не одинаковое, создается разность потенциалов между одноименными фазами этих трансформаторов. Это вызывает появление уравнивающего тока, который тем выше, чем больше несимметрия нагрузки. При работе тех же трансформаторов в симметричном режиме уравнивающий ток отсутствует.

Определение уравнивающего тока производилось по следующей формуле:

$$I_{\text{ур}(a)} = \frac{I_{T1(a)} - I_{T2(a)}}{2},$$

где $I_{\text{ур}(a)}$ – уравнивающий ток в обмотках низшего напряжения фазы a ;

$I_{T1(a)}$ – ток в цепи обмотки низшего напряжения трансформатора Y/Y_n СУ фазы a ;

$I_{T2(a)}$ – ток в цепи обмотки низшего напряжения трансформатора Y/Y_n фазы a .

Как показали результаты расчетов, величина уравнивающих токов по фазам неодинакова. При глубокой несимметрии (работа в неполнофазных режимах, когда $I_a = 0, I_b = I_c = I_n$) величина уравнивающего тока достигает в одной из фаз 25 % номинального, а в режиме, когда $I_a = I_b = 0, I_c = I_n = 37,5$ %. Однако такие

режимы соответствуют аварийному состоянию сети и в расчет не должны приниматься. Для реальных режимов работы трансформаторов в сельских электрических сетях величины уравнильных токов находятся в допустимых пределах.

Величины уравнильных токов с высшей стороны параллельно работающих трансформаторов (как показали эксперименты) незначительны.

Как известно, нагрузка электрических машин и аппаратов определяется силой тока, протекающего по обмоткам. Экспериментальные исследования параллельно работающих трансформаторов Y/Y_n и Y/Y_n показали, что появление уравнильных токов вызывает, в свою очередь, перераспределение нагрузки между фазами трансформаторов и самими трансформаторами.

Перераспределение нагрузки по фазам каждого трансформатора в отдельности в реальных условиях не представляет опасности, так как при высокой нагрузке одних фаз происходит разгрузка других. Следовательно, тепловой режим трансформаторов будет отличаться от номинального незначительно. Кроме того, следует учитывать высокую нагрузочную способность трансформаторов I и II габаритов в сельских электрических сетях.

Выводы

1. Исследования показали, что трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Y_n СУ, как имеющий нулевую группу, может работать в параллель с трансформатором Y/Y_n . При этом происходит значительное снижение несимметрии фазных напряжений, как у потребителя, так и в сети, питающей трансформаторы.

2. Возникающие уравнильные токи в реальных условиях эксплуатации существенного влияния на работу трансформаторов не оказывают.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янукович, Г.И. Пути улучшения показателей несимметрии и несинусоидальности напряжения в сельскохозяйственных электроустановках: монограф. / Г.И. Янукович. – Минск: БГАТУ, 2013.

2. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109–97.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.02.2015

УДК 631.531.011.3:53

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД СЕПАРАЦИИ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОРАСТАНИЯ МЕЛКОСЕМЯННЫХ КУЛЬТУР

Е.А. Городецкая,

доцент каф. электротехнологий БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.Н. Вечер,

доцент каф. основ агрономии БГАТУ, канд. биол. наук, доцент

В.С. Корко,

доцент каф. электротехнологий БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

И.Б. Дубодел,

доцент каф. электротехнологий БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Ю.К. Городецкий,

студент БГАТУ

Приведены результаты модернизации рабочего органа диэлектрического сепаратора и исследования влияния электрофизического воздействия на всхожесть семян пряноароматических культур.

The results the modernization of the working body of the dielectric separator and studies of the effect of electro effects on seed germination of aromatic crops.

Введение

Увеличение количества и качества продукции растениеводства является важной задачей в развитии агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Семена, носители биологических свойств, объективно определяют качество и количество получаемого урожая. Получение семян элиты в нашей стране позволило бы производить импортозамещающие и экспортно-

способные продукты, обрести продовольственную независимость. Немаловажным аспектом является снижение пестицидного уровня, получение «Green Food» – продукции, которая ценится во всем мире. Сегодня мировыми общественно-политическими и научными кругами активно продвигается концепция «зеленой» (или «экологичной») экономики. Относительно Беларуси международные эксперты отмечают,

что страна обладает значительным потенциалом для перехода к «зеленой» экономике. Однако тормозит этот процесс слабая подготовленность отечественного сельского хозяйства к экологически чистому производству [1]. Важны технологические приемы выведения семян и посадочного материала из покоя для получения более ранних, дружных и выровненных всходов, закладывающих основу увеличения урожая, получения продукции гарантированного качества. Ученые постоянно разрабатывают новые агроприемы и технические средства для предпосевной обработки семян с целью улучшения их агрономических показателей.

Основная часть

Для оценки влияния предпосевных обработок на физиологические качества, семена, в первую очередь, тестируют на всхожесть – основной параметр оценки жизнеспособности как способности к прорастанию. Методология определения всхожести хорошо развита и непрерывно совершенствуется в сторону повышения воспроизводимости и статистической достоверности результатов. Когда условия прорастания оптимальны, полевая всхожесть, как правило, коррелирует с лабораторной, и сила роста семян может не иметь определяющего значения в дружности и полноте всходов. Однако на практике редко встречаются идеальные условия и стрессорные факторы окружающей среды (например, низкая или высокая температура и/или влажность, нарушение агротехники) вызывают различия в полевой всхожести в зависимости от силы роста семян. Спрос же на продукцию зеленных и пряно-ароматических культур в последнее время резко вырос из-за их высоких питательных свойств и ставшей более рафинированной культуры питания.

Научными исследованиями доказана уникальная и жизненно важная роль пряноароматических и зеленных растений в поддержании тонуса организма человека и снижении степени риска его поражения патогенами, многие растения используются как лечебные средства в традиционной медицине и внесены в Фармакопею [2, 3]. Ценность зеленных растений заключается в том, что они являются «быстрым» источником биологически активных соединений, воздействующих на процессы жизнедеятельности человека, в том числе на защитные силы организма. Выращивание зеленных и пряновкусовых растений с повышенным содержанием биологически активных веществ и антиоксидантов, а также экологизация технологий их возделывания устранил дефицит полноценной экологически чистой продукции «Green Food».

Цель настоящей работы – разработка и исследование электрофизического метода обработки мелких семян пряноароматических растений, обеспечивающего более быструю всхожесть. Потребность в дополнительном, возможно электрофизическом, воздействии на семена *мелкосемянных культур*, с их скромным запасом фосфора, недостаточным для интенсивного начального роста. Кроме этого, они обладают высоким содержанием эфирных масел и требуют специальных усилий в проращивании в связи с

малой водопоглощающей способностью. Нужны воздействия, которые могут активизировать прорастание семян и усилить жизнедеятельность зародыша на начальном этапе. Положительный эффект от обработки различными стимуляторами может быть получен далеко не у всех видов и не со всеми веществами. Наши исследования подтверждают необходимость электрофизического воздействия на семена, т.к. кроме перечисленных проблем, существует целый ряд инфекционных, бактериальных и смешанных инфекций, поражающих семена и сами растения. Отмечен положительный эффект при использовании нетрадиционных микро-, радиоволновых и плазменных методов обработки растительных объектов [2]. В результате ранее проведенных работ, авторами публикации было выявлено ростостимулирующее действие электромагнитной обработки на диэлектрическом сепараторе семян зерновых культур. Семейство *Зонтичных* – это наиболее крупное и наиболее важное в хозяйственном отношении семейство растений, включающее около 300 родов и 3000 видов, распространенных повсеместно.

Электротехнологические методы основаны на преобразовании электромагнитной энергии в другие виды и их целенаправленном использовании. Особый интерес представляет выявление качественной и количественной связи между показателями электрофизических воздействий и технологических свойств семян, зерна и любой продукции на их основе.

Существующие технологии, обеспечивающие очистку и сортирование семян, основаны на различии их (семян) свойств. Вместе с тем, семена – потенциально живые организмы, их нельзя травмировать, нагревать и помещать в агрессивные среды. При электрических способах сепарации семенных смесей используют различие свойств электропроводности, диэлектрической проницаемости, поляризуемости, способности воспринимать и отдавать заряд. Следует отметить, что электрические свойства обрабатываемого семенного материала находятся в тесной взаимосвязи с их другими физическими и биологическими свойствами.

Метод диэлектрического разделения показал высокую эффективность при получении однородных фракций семян лекарственных, пряноароматических и красиво цветущих коллекционных растений. Диэлектрические сепараторы обладают научной и практической оригинальностью, реализуют конкурентоспособные технологии. Они разделяют сухие сыпучие смеси с учетом электрических свойств частиц на фракции гарантированного качества и нужных свойств [3, 4] (рис. 1). В результате электросепарации в первой фракции получают высококачественные семена.

Очевидно, что при использовании электросепарации можно значительно повысить эффективность использования сеялок при промышленном возделывании культур.

Несмотря на относительно мелкие размеры семян, они не являются абсолютно чистым и однородным материалом (зародыш, эндосперм, иные – т.е. наличие биохимическая неоднородность) и рассматриваются как неоднородный диэлектрик. Никакого отрицательного воздействия на семена после



Рисунок 1. Электросепарация семенного вороха календулы: а) исходная семенная смесь; б) 1-я фракция (чистые семена) после электросепарации; в) 3-я фракция - «сход» с электросепаратора («цветочный мусор» - остатки семенного вороха)

электрофизического воздействия не происходит [5]. Кроме этого, мы наблюдали улучшение фитосанитарного состояния проросших семян после диэлектрического сепарирования.

Соотношением сил в диэлектрических сепарирующих устройствах (ДСУ) можно управлять, что позволяет изменять режимы их работы и устанавливать наиболее оптимальные для получения фракций семян заданного качества. Недостаток бифилярной обмотки, заключающийся в просыпании мелких частиц в межэлектродный зазор и забивании эффективной рабочей зоны, устраняется натяжением пленочного покрытия. Для исследований были взяты тонкие полиэтиленовые пленки, изготавливаемые по ГОСТ 10354-82 (прозрачная полиэтиленовая пленка, получаемая методом экструзии из полиэтилена высокого давления (низкой плотности) и композиций на его основе, содержащих красители, стабилизаторы, скользящие антистатические и модифицирующие добавки) (рис. 2). Кроме этого, проведено обновление самого сепаратора, очистка и покраска соединений и корпуса.

Из таблицы 1 видно, что тонкие пленки, если не рвались на мелких и «мягких» семенах (амарант, ме-

лисса), то затягивали семена под щетку, и в первой фракции лучшего качества оказывалось мало семян. С увеличением толщины пленочного покрытия сепарация проходила все более оптимально (на толщине пленок 0,05...0,06 мм), а затем на толщине 0,07...0,08 мм сепарация, как процесс, прекращалась, и семена просто сыпались в первую фракцию вместе с частицами,



Рисунок 2. Пленочное покрытие рабочего органа

которые должны были отделяться, т.е. с примесями. На основании этих наблюдений можно сделать вывод

Таблица 1. Исследование сепарации семян на рабочем органе с покрытием разными пленками (масса образца – 30 г, напряжение на рабочем органе – 0,3-1,1 кВ)

Масса 1 фракции семян (напряжение на рабочем органе)	Толщина образцов пленки, мм					
	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080
Укроп (1,0 кВ)	пленка рвалась	22,0	30,0	30,0	28,0 (примеси)	28,0 (примеси)
Фенхель (0,9...1,1 кВ)	пленка рвалась	21,0	30,0	30,0	28,0 (примеси)	29,0 (примеси)
Петрушка (1,0 кВ)	пленка рвалась	20,0	30,0	30,0	28,0 (примеси)	30,0 (примеси)
Амарант (0,3 кВ)		10,0	15,7	29,8	29,9	30,0 (примеси)
Мелисса (0,4 кВ)		12,0	19,7	29,9	29,9	30,0 (примеси)

об оптимальной толщине пленочного покрытия рабочего органа для мелкосемянных культур пряноароматических и зеленных растений – это диапазон 0,05...0,06 мм. Использовалось ранее установленное для каждой культуры напряжение на рабочем органе, т.к. оперировать напряженностью электрического или магнитного поля становится сложнее в результате того, что здесь «работает» большое количество точечных поляризованных частиц (семена), а рабочий орган с бифилярной обмоткой представляет собой тело сложной формы с наличием нескольких слоев изоляции. После диэлектрической сепарации на луч-

Таблица 2. Изменение агрономических показателей после электрофизического воздействия

Культура	Посевные качества семян, %			Всхожесть после сепарации	Напряжение на рабочем органе, кВ
	Энергия прорастания до сепарации (контроль)	Энергия прорастания после сепарации	Всхожесть до сепарации (контроль)		
Амарант метельчатый (<i>Amaranthus paniculatus</i> L.)	92,5 ± 3,0	95,5 ± 3,0	96,5 ± 2,0	97,5 ± 2,0	1,5
Амарант хвостатый (<i>Amaranthus caudatus</i> L.)	91,7 ± 2,0	95,7 ± 2,0	94,5 ± 1,0	97,5 ± 1,0	1,5
Иссоп лекарственный (<i>Hysosopus officinalis</i> L.)	75,1 ± 1,8	77,1 ± 1,8	88,0 ± 3,0	91,0 ± 3,0	1,0
Мелисса лекарственная (<i>Melissa officinalis</i> L.)	75,1 ± 1,8	80,1 ± 1,8	88,0 ± 3,0	92,0 ± 3,0	1,0
Фенхель обыкновенный (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.)	67,5 ± 3,0	73,5 ± 3,0	76,5 ± 2,0	83,5 ± 2,0	1,5-1,7
Укроп	68,8 ± 3,0	72,5 ± 3,0	76,5 ± 2,0	83,5 ± 2,0	1,7-2,0

шем пленочном покрытии семена исследовались на изменение агрономических показателей. Результаты приведены в таблице 2.

Наблюдения показали, что прорастание обработанных семян всех указанных культур происходит на 2-4 дня раньше по сравнению с контрольными образцами. Кроме этого, на 2-6 % увеличилась всхожесть семян. Это очень хороший результат для труднопрорастаемых семян пряноароматических растений.

Заключение

Предложено и исследовано применение диэлектрической сепарации как высокоэффективного метода получения мелких семян высшей категории, что позволяет повысить эффективность работы высевающих агрегатов. Большая группа сельскохозяйственных культур относится к группе мелкосемянных: их очистка на механических ситах становится неэффективной, поэтому предложено использование пленочного покрытия рабочего органа сепаратора. Концепция улучшения качества семян была развита шире и затронула использование методов электрофизического воздействия. Проведенными исследованиями установлено, что под действием электромагнитного поля происходит сокращение сроков прорастания семян, что свидетельствует о мобилизации сил и высвобождении энергетических резервов семени, активизирующих физиолого-биохимические процессы на ранних этапах онтогенеза. Обработка семян на диэлектрическом сепараторе, по сравнению с целым рядом других методов обработки, не сопряжена с трудоемкими и дорогостоящими операциями, не оказывает вредного воздействия на обслуживающий персонал как, например, химическая, радионуклидная обработка или использование пестицидов. Кроме этого, такой метод повышает энергию прорастания семян, их лабораторную и полевую всхожесть, способствует формированию дружных всходов, улучшает фитосанитарное состояние семян и позволяет получать продукцию «Green Food». В данном случае можно говорить о переводе растениеводства в современную систему земледелия – интегрированную или адаптивную, где применяется точное зем-

леделие, когда имеет место использование новейшей техники, ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, способствующих охране почв и окружающей среды от загрязнения. Таким образом, в наших исследованиях встречаются интересы дальнейшего развития фундаментального и прикладного направлений.

Научно-исследовательская работа выполняется по заданию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Органическое сельское хозяйство – фактор диверсификации и конкурентной устойчивости производства продуктов питания / Г.И. Гануш, И.А. Грибоведа // Агропанорама, 2012. – №5. – С. 31-35.
2. Корко, В.С. Повышение эффективности процессов переработки и контроля влагосодержания злаков электрофизическими методами: монография / В.С.Корко. – Минск: БГАТУ, 2006. – 349 с.
3. Электросепарация и плазменно-микроволновое воздействие на семена и растительные объекты / В.Н. Решетников, Е.А. Городецкая, В.В. Ажаронек // Inzenieria i aparatura chemiczna, Республика Польша, 2006. – № 1-2. – С. 66-67.
4. Предпосевная доработка семян злаковых культур электрофизическими методами / В.С. Корко, А.Е. Лагутин, Е.А. Городецкая // Агропанорама, 2009. – №5. – С. 16-19.
5. Казакова, А.С. Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя электромагнитным полем переменной частоты на их посевные качества. / А.С. Казакова, М.Г. Федорищенко, П.А. Бондаренко // Технология, агрохимия и защита сельскохозяйственных культур: межвузовский сборник научных трудов. – Волгоград: РИО ФГОУ ВПО АЧГАА, 2005. – С. 207-210.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 31.03.2015

УДК 631.31

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НА САМОФЛЮСУЕМОСТЬ НАПЛАВОЧНЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ПОЧВОРЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.Т. Антонишин,

и.о. зав. каф. основ научных исследований и проектирования БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Статья содержит результаты экспериментальных исследований влияния состава на самофлюсуемость присадочных порошков для формирования износостойких покрытий рабочих органов почвообрабатывающих машин.

The article contains the results of experimental studies of the influence of the composition of the filler powders for the formation of wear-resistant coatings of working bodies of the soil-cultivating machines.

Введение

Рабочие органы почвообрабатывающих машин эксплуатируются при интенсивном абразивном износе. Их ресурс в 2-4 раза меньше средней наработки одного полевого сезона. Для восстановления и упрочнения рабочих органов широко используются намораживание, индукционная наплавка и другие процессы. Для наплавки или напыления покрытий применяют сплавы повышенной износостойкости [1]. Перспективно применение износостойкого чугуна, легированного карбидообразующими элементами.

Флюс определяет качество металла наплавки и условия протекания процесса. При наплавке под флюсом взаимодействие жидких металла и флюса происходит весьма энергично, несмотря на кратковременность соприкосновения двух фаз. Это объясняется высокими температурами, развивающимися в плавильном пространстве, большими поверхностями контакта металла и флюса, высоким соотношением масс реагирующих флюса и металла. Флюс обеспечивает защиту от окисления и обезуглероживания наплавляемой поверхности, создавая наплавленный слой химического состава, определяющий механические свойства.

Основная часть

Металлургические процессы, происходящие при наплавке малоуглеродистых и низколегированных сталей, приводят к восстановлению кремния и марганца, а иногда и фосфора, находящихся во флюсе, и переходу их в наплавленный металл. При этом окисляется углерод, содержащийся в наплавочном материале и стали, и происходит его удаление в атмосферу. В результате восстановления кремния и марганца флюс обогащается железом. При этом возможно окисление кремния и марганца, а при наплавке хромоникелевой стали и хрома, находящихся в ванне, и переход их во флюс.

Высокая стоимость и дефицитность самофлюсуемых сплавов на основе никеля потребовали разработки дешевых порошков самофлюсуемых сплавов

на основе железа, обеспечивающих повышение эффективности процессов нанесения защитных покрытий в сочетании с высокими эксплуатационными свойствами. Номенклатура самофлюсуемых порошков на железной основе крайне ограничена, к тому же в республике они не выпускаются, а высокий уровень самофлюсуемости таких порошков не получен.

Объект исследования – влияние состава сплавов на самофлюсуемость порошка на основе железа при наплавке малоуглеродистых и низколегированных сталей.

Цель данной работы – определение условий, обеспечивающих высокий уровень самофлюсуемости порошков для наплавки или напыления деталей, работающих в условиях абразивного износа.

Анализ работ по получению самофлюсуемых сплавов на основе железа показывает, что задача решается либо легированием сплавов никелем (до 30-40 мас. %) и охромом [2] при получении порошков распылением, либо разработкой трудоемких процессов получения порошков с композиционной структурой, позволяющих не вводить никель в состав сплавов (например, диффузионное насыщение бором и кремнием железного порошка [3]). Такая обработка формирует на поверхности боридный слой, при окислении которого обеспечивается взаимодействие бора с кислородом воздуха. В образующейся шлаковой фазе превалирует служащий флюсом легкоплавкий оксид бора.

Условием хорошей самофлюсуемости полученного порошка является преобладание в боридной оболочке Fe_2B , поскольку борид железа плавится incongruently с образованием эвтектики (температура плавления 1410 К [4]) с твердым раствором на основе железа. Если порошки содержат большое количество моноборида FeB , который плавится congruently при температуре 1920 К [4], то получаемые из них оплавленные покрытия отличаются повышенной пористостью и наличием шлаковых включений. Для предотвращения образования моноборида FeB предлагаются технологические

приемы, снижающие производительность метода [3]. Следовательно, для получения самофлюсующихся порошков на железной основе более эффективен метод распыления расплавов или использование отходов, образующихся при электроэрозионной обработке отливок.

В порошках легирующие элементы равномерно расположены по сечению частицы, поэтому искусственно не создаются условия преобладающего окисления флюсующих элементов, а более высокое средство железа к кислороду, чем никеля, повышает вероятность образования его оксидов при окислении порошка. Поэтому следует знать влияние состава сплавов на самофлюсуемость.

Самофлюсование сплавов на основе никеля и кобальта определяется окислением бора и кремния, а также свойствами образующегося шлака, выполняющего функцию флюса [5]. Последний состоит в основном из оксидов бора и кремния, которые в составе шлака имеют более низкую по сравнению со сплавом температуру плавления. Кроме того, в жидком состоянии он интенсивно растворяет в себе оксиды металлов.

Следовательно, высокая самофлюсуемость сплавов на основе железа обеспечивается выполнением двух условий: образованием при окислении флюсующей фазы с пониженной по сравнению со сплавом температурой плавления, и в результате растворения, например оксидов железа, сохраняющая легкоплавкость. Поэтому самофлюсуемость оценивают составом образующейся оксидной фазы и ее температурой плавления.

Исследовали наплавку порошков сплавов на основе железа ПГ-Ж1 и ПГ-КПИ и износостойкого чугуна ИЧХ28Н2 и порошка на основе никеля ПГ-АН9 фракции 50-63 мкм. Состав исследуемых порошков представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав исследуемых порошков, мас. %

Марка	Ni	Cr	B	Si	C	Fe
ПГ-АН9	основа	8,5	2,9	2,1	0,8	
ПГ-Ж1	-	5-10	3-4,5	0,7	< 0,2	основа
ПГ-КПИ	22	4,5	3,3	3,2	0,8	основа
ПГ-ИЧХ	1,5-3	28-30	-	0,7-1,4	2,7-3	основа

В результате оплавления в печи на воздухе, при скорости нагрева 20-35 К/с и изотермической выдержке в течение 10-15 с при температуре 1400 К порошка ПГ-Ж1 на поверхности покрытия образуются не сплавляющиеся с материалом покрытия капли. При температуре 1500 К на поверхности покрытия формируется слой окарины черного цвета, толщиной 0,5-1,5 мм. При оплавлении других порошков формируется однородное покрытие с гладкой поверхностью, свободной от окарины. Повышение температуры увеличивает количество шлаковой стеклообразной фазы. Для никелевого порошка стеклофазы практически бесцветна, а для порошка ПГ-КПИ и ПГ-ИЧХ – она черного цвета.

Установлено, что кристаллы черного цвета представляют собой оксиды железа Fe_2O_3 Fe_3O_4 . ИК-спектральный анализ стеклофазы свидетельствует о

наличии в составе оксидов бора для покрытий из порошка ПГ-Ж1 (абсорбция 1430 см^{-1}), а также оксидов кремния (абсорбция $1090, 1170\text{ см}^{-1}$) для остальных порошков.

Анализ причин отличия в оплавлении порошков и образовании различных покрытий связывается с отсутствием никеля и малым количеством кремния в порошке ПГ-Ж1. Рассмотрим влияние этих элементов на закономерности процесса самофлюсования.

Оксид бора, в отличие от оксида кремния, плохо взаимодействует с оксидами железа. Поэтому оксидная фаза из кислородных соединений бора и железа обогащена кристаллами Fe_2O_3 . Поскольку температура плавления Fe_2O_3 (1840 К) превосходит температуру оплавления порошка, в нем образуются твердые включения оксидной фазы, препятствующие оплавлению частиц [6].

Кремний при окислении (например, ПГ-КПИ и ПГ-ИЧХ) уменьшает долю Fe_2O_3 в шлаке за счет образования SiO_2 , и уменьшает количество нерастворенного Fe_2O_3 . При этом растет доля стеклообразной фазы с температурой плавления, меньшей по сравнению с Fe_2O_3 . Следовательно, самофлюсуемость порошков ПГ-КПИ и ПГ-ИЧХ лучше, чем ПГ-Ж1.

Рассматривая влияние кремния на самофлюсуемость сплавов на основе железа, следует отметить, что согласно диаграмме состояния системы $B_2O_3 - SiO_2$, при содержании SiO_2 выше 70 % ее температура ликвидус превышает 1273 К и при большем количестве SiO_2 может превысить температуру плавления сплава. Это может привести к невозможности получения качественного покрытия после оплавления из-за образования в структуре шлаковых включений. Похожее явления имеют место при обогащении оксид-

ной фазы тугоплавкими оксидами металлов (например, железа или хрома). Поскольку бор при окислении самофлюсующихся сплавов образует легкоплавкий оксид, то существует минимальное его количество, при котором образуется более легкоплавкий по сравнению со сплавом флюс.

Важнейшее свойство флюса – способность защищать материал от окисления. Представляется, что изменение соотношения оксидов B_2O_3 и SiO_2 в составе флюса приведет к изменению данного свойства.

Исследование кинетики окисления стали с добавкой порошка оксида бора показало, что он не только не защищает сталь от окисления, но и интенсифицирует ее взаимодействие с кислородом воздуха. В первую очередь это связано с особенностями строения данного оксида [6] и его низкой температурой плавления (730 К). Поэтому при температуре наплавки или оплавления покрытия (1273-1700 К) борный ангидрид представляет собой жидкость с низкой вязкостью (менее 10-70 Пз, и его расплав не является барьером для кислорода. Добавка тугоплавкого оксида (оксид кремния SiO_2) повышает как температуру плавления систе-

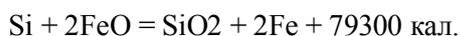
мы, так и ее вязкость. Хотя последнее свойство не является универсальным для оценки защитных свойств флюса, следует ожидать их улучшение по сравнению с чистым расплавом борного ангидрида.

Положительным моментом влияния кремния на самофлюсуемость сплавов является то, что с увеличением содержания SiO_2 в системе $\text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ расширяется ее температурный интервал солидус – ликвидус. Так, при содержании SiO_2 в количестве 20 % (моль) интервал плавления составляет около 150 К, а при 60 % – более 400 К.

Для повышения флюсующего действия шлаковой фазы, образующейся при окислении бора и кремнийсодержащих сплавов на основе железа, в состав вводят кремний в количестве, обеспечивающем повышенное содержание его оксида в шлаке. При этом температура плавления шлака не должна превышать таковую у сплава.

Массообмен кремнием между металлом капель и шлаком происходит почти исключительно между жидкими фазами и при нарушении контакта между ними практически не наблюдается.

Кремний – активный раскислитель. В процессе наплавки кремний, входящий в состав порошка и не успевший выгореть в газовой и шлаковой фазах, переходит непосредственно в жидкую фазу ванны и растворяется в ней. При выходе из зон высоких температур он окисляется закисью железа



Неизрасходованная часть кремния после реакции растворения в наплавляемом металле, легирует последний. Охлажденные металл и шлак создают благоприятные условия для выгорания кремния, при этом температура ванны повышается, активизируя реакцию углерода с закисью железа



При 1193 К фиксируется второй экзотермический пик. Его появление связано с образованием жидкой фазы и увеличением скорости окисления.

У порошка ПГ-КПИ фиксируются два экзотермических эффекта значительной интенсивности и один эндозэффект (плавление порошка). Увеличение массы порошка начинается при температуре около 923 К, а температура появления первого экзозэффекта – 1023 К.

Для порошка, содержащего 7,5 % хрома (при том же содержании остальных легирующих элементов), температура появления первого экзозэффекта повышается и равна 1135 К. Смещение его в сторону более высоких температур вызвано увеличением количества оксида хрома в оксидной пленке, следовательно, повышения ее защитных свойств.

Качественный наплавленный слой из износостойкого чугуна можно получить добавлением флюса или введением в сплав флюсующих элементов.

Перспективный материал для изготовления наплавочных порошков – чугун ИЧХ28Н2. Чугун предназначен для изготовления деталей, работающих в условиях абразивного износа. Обрабатываемость резанием его затруднена, из-за чего детали из него получают методом электроэрозионной обработки. Образующиеся порошкообразные отходы в настоящее время не утилизируются и подвергаются захоронению, нанося ущерб окружающей среде. Структура его состоит из специального карбида хрома $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ и металлической основы из легированного аустенита или продуктов его распада в зависимости от скорости охлаждения отливки и термической обработки.

Матричной фазой в чугуне является аустенит или продукты его превращения, а разветвленной – карбиды типа M_7C_3 и M_{23}C_6 . Образование этих карбидов обусловлено высоким содержанием хрома в чугуне. Хром растворяется в карбидах и в матрице чугуна, а также образует специальные высокохромистые карбиды. Хорошая износостойкость в условиях абразивного воздействия обеспечивается высокой твердостью карбидов (13000-18000 МПа) и прочностью матрицы. Можно отметить, что наиболее высокое сопротивление многократным ударным нагрузкам зафиксировано при содержании кремния 1,45%. С учетом повышения жидкотекучести содержание кремния в износостойких чугунах следует поддерживать в пределах 0,8-1,4 %.

Хром, при сравнительно небольших содержаниях в чугуне (до 5-8 %), входит в карбид цементитного типа $(\text{Fe, Cr})_3\text{C}$ с микротвердостью HV 9500-10500 МПа. Лишь при высоком содержании хрома образуются специальные карбиды $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ и $(\text{Cr, Fe})_{23}\text{C}_6$ с микротвердостью 13000-18000 МПа. Минимальное содержание хрома, необходимое для образования карбидов типа $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ составляет примерно 10 %.

Введение хрома в состав самофлюсующихся сплавов на основе железа в количестве 10-17 % и легирование никелем обеспечивают повышение защитных свойств оксидной пленки до одного уровня с никелевыми самофлюсующимися сплавами. Тем самым создаются условия для предотвращения образования при окислительном нагреве порошка оксидов железа в температурном интервале от комнатной температуры до начала образования оксидов бора и кремния (1000-1100 К). Таким образом, обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к шлаку для обеспечения хорошей флюсуемости.

Повышение жаростойкости сплавов на основе железа за счет легирования хромом в количестве, превышающем 10-15 %, не всегда возможно из-за подъема температуры плавления сплавов, а также их охрупчивания в результате образования в структуре большого количества заэвтектических карбоборидных кристаллов $(\text{Fe, Cr})_x(\text{B, C})_y$.

Следовательно, при получении распыленных самофлюсующихся порошков на основе железа с высо-

ким уровнем флюсуемости не избежать введения в их состав никеля. Оценим его количество.

Жаростойкость сплавов системы железо – никель увеличивается при возрастании содержания в них никеля. При этом степень окисленности сплавов резко снижается при содержании никеля до 25-30 мас. %, а при более высоком его количестве изменяется незначительно. Поскольку самофлюсующиеся порошки на основе железа содержат еще и хром, то при прочих равных условиях указанная концентрация никеля обеспечит им самофлюсуемость и технологичность, сравнимую с никелевыми порошками.

Существующие самофлюсующиеся твердые сплавы на никелевой основе имеют: неоднородность и многообразие эвтектических структур для частиц различных размеров; значительный угар бора, который вводят в расплав при их производстве в виде карбида бора или ферробора; высокие цены на никель – основной компонент этих сплавов, который определяет и высокую их стоимость, а также высокий коэффициент трения скольжения, делают их чувствительными к ударным нагрузкам и вибрациям и труднообрабатываемыми при механической обработке.

Выводы

Исследование кинетики окисления стали с добавкой порошка оксида бора показало, что он не только не защищает сталь от окисления, но и интенсифицирует ее взаимодействие с кислородом воздуха.

Оксид бора в отличие от оксида кремния, плохо взаимодействует с оксидами железа, поэтому оксидная фаза из кислородных соединений бора и железа обогащена кристаллами Fe_2O_3 , а поскольку температура плавления Fe_2O_3 , (1840 К) превосходит температуру плавления порошка, в нем образуются твердые включения оксидной фазы, препятствующие оплавлению частиц

Для повышения флюсующего действия шлаковой фазы, образующейся при окислении бора и кремнийсодержащих сплавов на основе железа, в состав

следует ввести кремний в количестве, обеспечивающем повышенное содержание его оксида в шлаке.

Увеличение содержания хрома позволяет снизить количество никеля.

Введение хрома в состав самофлюсующихся сплавов на основе железа и легирование их никелем обеспечивают повышение защитных свойств оксидной пленки до уровня никелевых самофлюсующихся сплавов.

Применение порошка из износостойкого чугуна дает возможность обходиться при нанесении покрытий без дополнительных затрат на флюсы и защитные среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетенья, Г.Ф. Восстановление и упрочнение почворезущих элементов диффузионным намораживанием износостойкими сплавами / Г.Ф. Бетенья. – Мн.: БГАТУ, 2003. – 188 с.
2. Хасуй, А. Наплавка и напыление / А. Хасуй, О. Моригаки. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
3. Ворошнин, Л.Г., Пантелеенко Ф.И., Любецкий С.Н. и др.// Защит. Покрытия на металлах. – М., 1991. – Вып. 25. – С 25-28.
4. Банных, О.А. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: справочник / О.А. Банных, М.Е. Дриц. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с.
5. Гершензон, С.М., Бороненков В.Н. / Изв. вузов. Цвет. металлургия. – 1978. – № 3. – С. 89 – 92.
6. Попель, С.И. Теория металлургических процессов / С.И. Попель, А.И. Сотников, В.Н. Бороненков. – М.: Металлургия, 1986. – 462 с.
7. Роусон, Г. Неорганические стеклообразующие системы / Г. Роусон. – М.: Мир, 1970. – 312 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.02.2015

Ботводробитель

Предназначен для предуборочного удаления ботвы картофеля, ее измельчения и разбрасывания по полю.

Данная конструкция позволяет повысить полноту уборки картофельной ботвы обеспечением копирования поверхности картофельной грядки.

Изношенные или разрушенные режущие элементы могут быть быстро изготовлены и заменены даже в полевых условиях.

По сравнению с аналогами материалоемкость устройства ниже на 22-27 %, энергоемкость – на 13,3 %.



Основные технические данные

Габаритные размеры, мм	1740x1100x1050
Ширина захвата, м	1,4
Масса, кг	228
Рабочая скорость, км/ч	6-10
Частота вращения рабочего органа, мин ⁻¹	2200

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНТЕГРАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ КАРТОФЕЛЕПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА

В.М. Синельников,

зав. каф. моделирования и прогнозирования экономики АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

В статье рассматриваются экономические предпосылки дальнейшего развития картофелепродуктового подкомплекса, основанного на процессах кооперации и интеграции. Описывается структурная экономико-математическая модель взаимодействия сельскохозяйственных и перерабатывающих организаций при их кооперации и интеграции.

The article discusses the possibility of further development potato production subcomplex based on the processes of co-operation and integration. The economic and mathematical model of the interaction of agricultural and processing organization in their co-operation and integration is described.

Введение

Одной из задач современных рыночных отношений и важнейшим условием устойчивого развития картофелепродуктового подкомплекса как составной части агропромышленного комплекса (АПК) является повышение экономической эффективности деятельности всех субъектов хозяйствования. При современном уровне развития производственных отношений между сельскохозяйственными, перерабатывающими и торговыми предприятиями невозможна их эффективная работа без создания кооперативно-интеграционных объединений. Обособленность и организационная разобщенность в работе этих организаций часто является тормозом для дальнейшего развития картофелепродуктового подкомплекса и других отраслей АПК. Поэтому установление гармоничных связей между сельскохозяйственными, перерабатывающими и торговыми предприятиями в настоящее время приобретает особую значимость и обуславливает актуальность указанной темы. До настоящего времени проблема экономического обоснования параметров функционирования агропромышленных формирований картофелепродуктового подкомплекса изучена недостаточно. Для обоснова-

ния параметров функционирования кооперативно-интеграционных структур необходимо учитывать сложившиеся производственные типы предприятий, входящие в зоны заготовок картофеля картофелеперерабатывающих предприятий, а также проанализировать их экономическую эффективность. Оценка экономической эффективности функционирования кооперативно-интеграционных структур по разработанным количественным взаимосвязям проведена по максимальному получению прибыли, производительности труда и рентабельности производства.

Основная часть

Картофель является одной из основных продовольственных, технических и кормовых сельскохозяйственных культур в Беларуси. Его посевные площади за 2005-2014 гг. в среднем составили 406,5 тыс. га, валовой сбор продукции во всех категориях хозяйств – 8,16 млн т, урожайность – 196 ц/га. В 2013 г. соответственно, посевные площади – 308,6 тыс. га, валовой сбор – 5,914 млн т и урожайность – 194 ц/га (табл. 1).

Беларусь является страной развитого картофелеводства. Успешному выращиванию картофеля благоприятствуют почвенно-климатические и экономиче-

Таблица 1. Площадь, урожайность, валовой сбор картофеля в Беларуси за 2011-2014 годы

Области	Посевная площадь, тыс. га				Валовой сбор, тыс. т				Урожайность, ц/га			
	Годы				Годы				Годы			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Брестская	69,2	68,2	64,2	65,1	1507	1512	1197	1270	221	221	190	198
Витебская	37,8	35,1	32,9	33,5	617	527	533	557	165	152	163	167
Гомельская	58,3	57,4	49,7	50,3	1022	1017	851	940	178	182	174	189
Гродненская	53,8	51,3	46,5	47,3	1321	1276	1007	1066	246	249	217	226
Минская	86,6	83,8	78,1	75,5	1942	1835	1575	1636	227	220	203	218
Могилевская	39,1	38,8	37,3	38,8	739	745	751	810	191	194	204	211
Всего по республике	334,7	335,2	308,6	310,3	7148	6911	5914	6280	210	208	194	204

ские условия. Средняя температура почвы в период роста клубней составляет 17-18 °С, воздуха – 21-23 °С, разница температур дня и ночи – 10-12 °С, количество осадков за период вегетации – 300-320 мм. Все эти параметры наилучшим образом соответствуют биологическим потребностям культуры.

Товарное картофелеводство – одна из наиболее выгодных отраслей аграрного производства. Реализация клубней с 1 га при урожайности 300 ц/га дает прибыль в размере 1000-1500 долл США, что в 4-5 раз больше, чем у любой другой культуры, кроме рапса, выращиваемого в Беларуси [1].

За внешне благополучными фактами вхождения Беларуси в десятку мировых лидеров картофелеводства в 1990-2014 гг. скрываются негативные тенденции развития отрасли в сельскохозяйственных предприятиях. Одной из причин спада развития картофелеводства стало разрушение плановой системы заготовок продукции. Государственные закупки в среднем за 1986-1990 гг. составляли 1824 тыс. т, в 2001-2005 гг. всего лишь 298 тыс. т, в 2010-2014 гг. – 369,7 тыс. т. Сказалось перепроизводство картофеля населением, а также уменьшение объемов переработки.

Начиная с 2000 года, спрос на белорусский картофель постоянно возрастает. Его цена и качество привлекают покупателей России и других стран СНГ. Хорошо известны на рынке продовольственного картофеля белорусские сорта с характерными вкусовыми характеристиками, а также технического картофеля – для производства чипсов, крахмала и других картофелепродуктов. Это очень благоприятная ниша мирового рынка, которую Беларусь может отстаивать в конкурентной борьбе с другими поставщиками, благодаря ранее достигнутым успехам отечественной селекции, оптимальным почвенно-климатическим условиям и географическому положению.

Однако на практике выяснилось, что белорусские производители картофеля пока не могут удовлетворять современный спрос. Европейские эксперты имели возможность на ежегодных международных выставках по картофелю «РОТАТО» (Германия) продегустировать сорта картофеля со всего мира, и оценить преимущества белорусского картофеля по вкусу, содержанию крахмала, срокам хранения. Здесь же наши специалисты ближе познакомились с мировыми требованиями, предъявляемыми к продовольственному картофелю по чистосортности, выравненности партий по размеру клубней, качеству упаковки, товарному виду, своевременности доставки.

В большинстве случаев белорусский картофель, выращиваемый в настоящее время, – это внутренний национальный продукт, который трудно продать на европейском рынке из-за сортосмеси, высокой степени механических повреждений, поражения паршой, фитофторой, проволочником. Любой субъект товарного картофелеводства должен устранить эти недостатки, иначе он не выдержит конкуренции на рынке. Это, прежде всего, касается сельскохозяйственных организаций.

Крупнотоварные хозяйства Республики Беларусь упускают благоприятные возможности для восстановления и расширения площадей для выращивания картофеля, интенсификации отрасли из-за экономической несостоятельности, недостатка оборотных средств на сортосмену и сортообновление, на приобретение техники, пестицидов, удобрений. Подтверждением этому служит не достаточно высокий уровень урожайности (табл. 1). Картофелеводство Беларуси имеет хорошие условия для интенсивного развития, но воспользоваться ими необходимо сейчас, с учетом значимости отдельных агротехнических моментов формирования урожайности и качества продукции. Наши исследования и сделанные группировки показывают, что формирование урожайности определяется подбором сорта и качеством семенного материала, оптимальным обеспечением минеральными и органическими удобрениями, эффективной защитой растений. Эти факторы в сумме затрат с учетом интенсивных технологий составляют свыше 46 %.

Для повышения экономической эффективности работы предприятий картофелепродуктового подкомплекса требуются не отдельные изменения технологического процесса, а кардинальное улучшение процессов производства, переработки и сбыта картофеля [2]. В настоящее время важно осуществить переход на возделывание картофеля по целевому назначению. Страны с развитым картофелеводством перешли на специализированное производство картофеля в зависимости от хозяйственного назначения, так как только в этом случае можно обеспечить получение продукции требуемого качества.

Анализ балансовых расчетов по картофелю показывает, что в Беларуси предложение по картофелю превышает спрос, в среднем за прошедшие десять лет в 1,8-2 раза. Следовательно, страна в состоянии обеспечить себя картофелем собственного производства, а также осуществить вывоз части данной продукции за пределы республики. Превышение предложения над спросом позволяет говорить о том, что в картофелепродуктовом подкомплексе необходимо уделить внимание двум основным направлениям: рынку сбыта картофеля и его переработке на собственных перерабатывающих предприятиях. В Беларуси пришло время четко специализировать картофелеводческую отрасль и производить картофель, отвечающий конкретным требованиям, то есть товарный картофель, соответствующий тому или иному назначению. Здесь на первый план выдвигается продовольственный картофель и картофель для технической переработки.

В результате проведенных исследований, установлено, что решить эти вопросы можно путем формирования в зонах перерабатывающих предприятий кооперативно-интеграционных структур (КИС). В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана модель кооперативно-интеграционной структуры в картофелепродуктовом подкомплексе, ориентирующая товаропроизводителей на инновационное развитие и конкурентоспособное производство. Модель основана на использова-

нии метода экономико-математического моделирования, обеспечивающего единство и увязку различных потоков экономической информации в виде натуральных, стоимостных, объемных и нормативных показателей в разрезе растениеводческих культур, сырья для переработки и видов животных, производственных типов сельскохозяйственных предприятий и картофелеперерабатывающих заводов различной мощности с наилучшим режимом функционирования системы при заданных ограничениях и критерии оптимальности, позволившая определить:

- рациональную отраслевую структуру сельскохозяйственного и промышленного производства;
- рассчитать и рекомендовать нормативы производственных ресурсов и планируемые уровни производства валовой, товарной продукции и прибыли от ее реализации;
- установить результативные показатели экономической эффективности производственно-финансовой деятельности кооперативно-интеграционной структуры и на этой основе совершенствовать дальнейший процесс развития интеграции.

В качестве критерия оптимальности принят показатель максимальной прибыли (F_{\max}), равный совокупной прибыли всех участников, входящих в кооперативно интегрированную технологическую цепочку. Структурная запись целевой функции и основных ограничений модели имеет следующий вид.

Требуется найти максимум прибыли от реализации продукции кооперативно-интеграционной структуры (F_{\max}):

$$F_{\max} = \sum_{i=1}^n \bar{y}_i - \sum_{i=1}^n y_i,$$

где y_i – затраты материально-денежных средств (ресурса вида i) в кооперативно-интеграционной структуре;

y_{ir} – затраты материально-денежных средств (ресурса вида i) в сельскохозяйственной организации типа r ;

\bar{y}_i – выручка (ресурс вида i) от реализации продукции.

Схематическая модель экономико-математической задачи имеет блочно-диагональный вид. Каждый блок задачи соответствует определенным типам предприятий кооперативно-интеграционной структуры. В экономико-математической задаче сформулированы общие цели кооперативного формирования, позволяющие учесть производственные связи в процессе функционирования. Размер матрицы задачи – 70×77 , то есть задача имеет 70 неизвестных и 77 ограничений, основными из которых являются следующие ограничения:

- 1) по использованию земельных угодий;
- 2) по использованию труда;
- 3) по балансу отдельных видов кормов и формированию рационов (по балансу основных видов кор-

мов, по балансу покупных кормов, кормов побочных и животного происхождения, кормов, полученных от переработки сельскохозяйственной продукции, по производству побочных кормов, по покупке кормов);

- 4) по величине скользящей переменной;
- 5) по балансу питательных веществ;
- 6) по содержанию питательных веществ в дополнительных кормах, обозначенных скользящими переменными;
- 7) технологические ограничения по площади отдельных сельскохозяйственных культур и размерам отраслей;
- 8) технологические ограничения по площади посева однородных сельскохозяйственных культур;
- 9) по реализации продукции;
- 10) по поголовью приплода;
- 11) по формированию затрат материально-денежных средств;
- 12) по заготовке сырья на переработку;
- 13) по распределению сырья по направлениям переработки;
- 14) по производству продукции в ассортименте;
- 15) по предельным объемам производства продукции в ассортименте;
- 16) по использованию мощности перерабатывающего предприятия;
- 17) по формированию затрат материально-денежных средств в кооперативно-интеграционной структуре;
- 18) выручка от реализации продукции;
- 19) неотрицательность переменных.

Решение экономико-математической задачи позволило определить структуру производства кооперативно-интеграционного объединения по показателям структуры товарной, валовой продукции и трудовых затрат, а также выделить производственные типы предприятий. К ним относятся:

- откорм и дорашивание крупного рогатого скота, производство технического картофеля и крахмала;
- выращивание первотелок и производство молока;
- производство молока, зерна и картофеля.

Между этими типами предприятий устанавливаются тесные связи по размещению и организации промышленного и сельскохозяйственного производства.

Для полного обеспечения загрузки производственной мощности среднего для республики крахмального завода необходимо 12 тыс. т сырья (технического картофеля) за сезон при месячной производственной мощности 4 тыс.т. При этом кооперативное объединение должно иметь площадь посевов картофеля размером 720 га, из них 500 га технического и 220 га для семеноводческих целей. Валовой сбор технического картофеля (12 тыс. т) позволит получить при его переработке (с крахмалистостью 10,5%) 1357 т крахмала, соответственно при 15% – 1939 т, при 18 % – 2325 т, при 20 % – 2586 т и при 30 % – 3870 т. Переработка картофеля с крахмалистостью 15 % обеспечивает валовое производство крахмала – 1939 т, рентабельность его производства при этом составит 10 %.

Оптимизация производственной структуры кооперативного формирования отраслей растениеводства и животноводства позволила установить соотношение объемов производства крахмала и размеры требуемой площади пашни, определить, что на каждые 100 т производства крахмала необходимо иметь не менее 1170 га пашни. Общее поголовье коров в кооперируемых хозяйствах составит 7100 голов, валовое производство молока при удое 5 тыс. кг в год – 355000 ц, привес крупного рогатого скота – 33490 ц.

Предложенная специализация обеспечивает прибыльное ведение производства всех предприятий, вовлеченных в кооперативный процесс. По реализуемой продукции относительно типов предприятий рентабельность составляет: первый – 22 %; второй – 30%; третий – 22 % и в целом по кооперируемым предприятиям – 24 %.

Оптимизация взаимодействия сельскохозяйственных товаропроизводителей и переработчика сельскохозяйственной продукции, представленного крахмальным заводом, позволяет рекомендовать нормативы необходимых производственных ресурсов и возможного производства продукции для заводов различной мощности. Нормативы производственных ресурсов производимой продукции и прибыли в кооперативно-интеграционных формированиях с крахмальными заводами различной мощности представлены в табл. 2.

Проверка нормативных параметров производственных ресурсов производимой продукции и прибыли кооперативно-интеграционных формирований для большой совокупности сельскохозяйственных организаций и картофелеперерабатывающих предприятий различной мощности с учетом природно-климатических условий показала, что с вероятностью 0,98–0,99 или уровнем значимости 0,01–0,02 можно утверждать, что ошибка исследований математической модели не превышает 2 %.

Заключение

На основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. В Беларуси существуют объективные предпосылки дальнейшего развития и интенсификации картофелеводческой отрасли в силу благоприятных природно-климатических условий, накопленного опыта, агротехнической целесообразности, экспортной направленности сбыта в сочетании с социальной значимостью этой культуры для населения.

2. С учетом научно обоснованной нормы потребления картофеля в пищу (170 кг/чел. в год), мощностей перерабатывающих предприятий, емкости рынков сбыта, производство картофеля в сельскохозяйственных организациях должно составить не менее 1,0 млн т. Из этого количества для промышленной переработки должно предназначаться не менее 350 тыс. т, а для поставки на экспорт – до 250 тыс. т.

3. На основании разработанной модели эффективного функционирования кооперативно-интеграционной структуры в картофелепродуктовом подкомплексе представляется возможным совершенствовать кооперативный метод хозяйствования, маневрировать капиталом, производственными мощностями, трудовыми ресурсами, потоками сырья, продукции, а также внедрить новые технологии на основе концентрации финансовых и иных ресурсов, избежать резкой ликвидации рабочих мест и зависимости от поставщиков сырья, использовать контролируемые источники его поступления и достигнуть устойчивой

Таблица 2. Рекомендуемые нормативы производственных ресурсов, объемов производства продукции и размеров полученной прибыли в кооперативно-интеграционных формированиях по картофелю

Показатели	При переработке картофеля, тыс. т				
	10	12	15	20	25
Сельхозгодья, га	27300	32675	40950	54600	68250
Пашня, га	17612	21151	26418	35224	44030
Количество работников, чел.	1644	1973	2466	3288	4110
Производство					
– валовой продукции, млн руб.	31667	38154	47692	63335	79360
– товарной продукции, млн руб.	22812	27485	34356	45625	57169
Прибыль, млн руб.	5875	7050	8812	11745	14687

платежеспособности предприятий, дополнительно привлекать средства, как из внутренних источников (за счет перераспределения финансовых потоков внутри группы), так и внешних, повысить уровень концентрации землепользования, углубить специализацию отраслей растениеводства и животноводства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шпак, А.П. Повышение эффективности картофелепродуктового подкомплекса на основе кооперации и интеграции / А.П. Шпак, В.М. Синельников. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 159 с.

2. Кулага, И.В. Развитие первой сферы картофелепродуктового подкомплекса как предпосылка эффективной работы картофелеперерабатывающих предприятий / И.В. Кулага, Л.П. Квачук // Агропанорама, 2014. – № 3. – С. 28–34.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.05.2015

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.В. Чирич,

ст. преподаватель каф. экономической теории и права БГАТУ

В статье проанализирована эффективность инвестиций в социальную инфраструктуру села Республики Беларусь по областям с использованием ранее предложенной автором методики.

The article analyzes the efficiency of investment in social infrastructure in rural areas of the Republic of Belarus using techniques previously proposed by the author.

Введение

В Республике Беларусь большое внимание уделяется развитию социальной инфраструктуры села. В нашей стране реализована Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы, в рамках которой на развитие социальной сферы села выделено 26218,98 млрд руб., что составляет 20,4 % от всего объема мероприятий программы.

В соответствии с Государственной программой устойчивого развития села на 2011-2015 годы на совершенствование социальной сферы намечено направить 2,8 трлн руб. Возрастающие объемы инвестиций обуславливают необходимость оценки эффективности использования вложенных средств. С учетом актуальности проблемы, в данной статье на основании разработанной методики [1] проведен анализ эффективности инвестиций в социальную инфраструктуру села (СИС) по регионам республики.

Основная часть

В предложенной автором методике [1] комплексной оценки эффективности инвестиций в СИС в качестве оценочных критериев предусматривается использование коэффициентов эффективности. Эта методика позволяет без вычленения отдельного инвестиционного проекта комплексно оценить эффективность инвестиций в развитие СИС в разрезе областей и сделать объективные выводы о том, в какой из областей нашей страны получена большая или меньшая отдача от вложенных средств в СИС, т.е. количественно оценить эффективность инвестиций и ранжировать области в зависимости от полученных значений коэффициентов эффективности.

Эта методика позволяет сравнивать показатели эффективности инвестиций в СИС каждой области Республики Беларусь в рассматриваемом году с их значениями по всей стране в целом в том же году, яв-

ляющимися (принятыми) базой для сравнения.

Показатели эффективности инвестиций в СИС [1] сгруппированы в четыре блока. Так, в первом блоке (табл. 1) «Обеспеченность объектами социальной инфраструктуры и персоналом, обслуживающим эти объекты» отражены показатели, характеризующие условия жизни сельского труженика, ее комфортность. Методом экспертных оценок определена значимость каждого показателя этого блока в баллах, которые представлены в таблице 1.

В блоках 2-4 представлены соответственно производственные, демографические и социальные показатели, которые являются косвенными для оценки эффективности инвестиций в социальную инфраструктуру села.

При использовании показателей блоков 2-4 для оценки эффективности инвестиций в СИС целесообразно учитывать временной лаг, имеющий место между

**Таблица 1. Значимость показателей
эффективности инвестиций блока 1, баллы**

Наименование показателя	Значимость показателей, баллы
Обеспеченность населения жильем, на одного жителя, м ²	45
Ввод в эксплуатацию жилых домов на 1000 человек населения, м ² общей площади	10
Обеспеченность населения квартирными телефонными аппаратами, подключенными к сети электросвязи общего пользования на 1000 человек населения, штук	5
Охват детей учреждениями дошкольного образования, % от численности детей в возрасте 1-5 лет	15
Число коек в больничных организациях (на конец года) на 10000 человек населения	10
Численность врачей-специалистов на 10000 человек населения	5
Численность средних медицинских работников на 10000 человек населения	5
Торговая площадь на 10000 человек населения, м ²	5

моментом вложения средств в социальную инфраструктуру и ожидаемой от них косвенной отдачи в производственной и социальной сферах и демографии.

С целью обоснования целесообразности использования косвенных показателей эффективности инвестиций в СИС, отраженных в блоках 2-4 методики [1], для ее оценки автором построены однофакторные корреляционные модели взаимосвязи объемов инвестиций в СИС и каждого из этих показателей с учетом вышеупомянутого временного лага. Характеристики полученных корреляционных моделей позволяют использовать их для целей анализа и прогноза.

После построения однофакторных корреляционных моделей взаимосвязи каждого из косвенных показателей эффективности инвестиций в СИС блоков 2-4 и объемов инвестиций в развитие социальной инфраструктуры села установлено, что временной лаг между моментом вложения средств в развитие социальной инфраструктуры села и этими показателями составляет 3 года.

Для балльной оценки значимости показателей блоков 2-4 (табл. 2) может быть использован метод экспертных оценок, как и для показателей блока 1. Значи-

мость показателей 2-4 блоков приведена в табл. 2.

В данной методике в рамках каждого блока предлагается оценить значимость каждого базового показателя (n_6) в баллах. Базовый показатель тот, который является базой для сравнения, в качестве которого выступает значение соответствующего показателя по республике в целом. При этом суммарная значимость базового показателя по каждому из четырех блоков принята за 100 баллов.

Каждый из четырех представленных блоков имеет определенный вес в методике [1] комплексной оценки эффективности инвестиций в развитие социальной инфраструктуры села (табл. 3).

Как видно из таблицы, сумма весов всех четырех блоков равняется единице.

Данные об итоговых суммах баллов, набранных каждой областью в 2011-2013 гг., приведены в таблице 4.

Анализируя данные этой таблицы, можно сделать вывод, что наиболее высокие значения показателей, представленных в блоках 1-4, достигнуты в 2011 году Брестской областью, а в 2012-2013 гг. – Гродненской.

Однако полученные итоговые суммы баллов по областям позволяют лишь количественно оценить

результат вложений средств в СИС соответствующей области, т.е. их эффект, но по ним нельзя судить об эффективности сделанных вложений. Для того, чтобы оценить эффективность инвестиций в СИС необходимо учитывать, какой объем инвестиций был потреблен соответствующей областью для получения определенной суммы итоговых баллов. Чем меньше потрачено средств областью для набора одного из итоговых баллов, тем выше будет эффективность инвестиций в СИС, или чем больше баллов набрала область, израсходовав одну единицу инвестиционных ресурсов, тем также будет выше эффективность инвестиций.

Так как при расчетах временной лаг принят – 3 года, то необходимо учитывать какой объем инвестиций 3 года назад был потрачен на получение определенной суммы баллов соответствующей областью. Данные об инвестициях в СИС в 2008-2010 гг., произведенных в рамках Государственной программы возрождения и развития села на

Таблица 2. Значимость показателей эффективности 2-4 блоков, баллы

№ блока	Наименование показателей	Значимость показателя, баллы
2	ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ БЛОК	100
2.1.	Валовой региональный продукт, % к предыдущему году	17,5
2.2.	Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий, % к предыдущему году	25,1
2.3.	Производительность труда по валовой добавленной стоимости, % к предыдущему году	18,7
2.4.	Рентабельность продаж в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве, %	20,5
2.5.	Численность населения в трудоспособном возрасте, % к общей численности населения	18,1
3	ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ БЛОК	100
3.1.	Родившихся на 1000 человек сельского населения	26,7
3.2.	Умерших на 1000 человек сельского населения*	17,9
3.3.	Браков на 1000 человек населения	35,4
3.4.	Разводов на 1000 человек населения*	20,0
4	СОЦИАЛЬНЫЙ БЛОК	100
4.1.	Удельный вес расходов на питание (включая питание вне дома) в структуре потребительских расходов домашних хозяйств, %*	19,0
4.2.	Реальные располагаемые денежные доходы населения, % к предыдущему году	25,1
4.3.	Удельный вес населения с уровнем среднедушевых располагаемых ресурсов ниже бюджета прожиточного минимума, % к общей численности населения*	12,8
4.4.	Реальная заработная плата, в процентах к предыдущему году	24,8
4.5.	Число зарегистрированных преступлений на 10000 человек населения*	18,4

Примечание: * – обозначены показатели, имеющие обратную динамику по принципу «чем меньше, тем лучше»

Таблица 3. Структура предложенной методики оценки эффективности инвестиций в социальную инфраструктуру села с учетом удельного веса каждого блока

№ блока	Наименование блока	Удельный вес блока
1	Обеспеченность объектами социальной инфраструктуры и персоналом, обслуживающим эти объекты	0,1
2	Производственный блок	0,4
3	Демографический блок	0,4
4	Социальный блок	0,1
	Итого	1

Таблица 4. Итоговая сумма баллов по областям Республики Беларусь в 2011-2013 г. г., рассчитанная по предлагаемой методике

Год	Итоговая сумма баллов по областям					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
2011	102,7	94,4	99,7	100,5	99,8	100,3
2012	102,3	94,7	98,9	102,6	101,7	99,0
2013	102,9	88,8	98,5	104,2	103,4	98,9

Источник [2, 3]

2005-2010 годы, приведена в таблице 5.

Объем инвестиций в СИС, произведенных в 2008-2010 годах в рамках Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 годы, рассчитан в долларах США по среднему официальному курсу белорусского рубля [4].

Из таблицы видно, что наибольший объем инвестиций в СИС в 2008-2009 годах вложен в Брестскую область, а в 2010 году – в Минскую.

Для того чтобы оценить эффективность инвестиций в СИС области предлагается [1] ввести взаимнообратные коэффициенты эффективности инвестиций в СИС:

$K_{и.о.}$ – коэффициент инвестиционной отдачи;

$K_{и.е.}$ – коэффициент инвестиционной емкости.

Эти коэффициенты определяются:

$$K_{и.о.} = \frac{n_{о.общ.}}{I_{о.общ.}} \quad (1)$$

$$K_{и.е.} = \frac{I_{о.}}{n_{о.общ.}} \quad (2)$$

где $n_{о.общ.}$ – итоговая сумма баллов четырех блоков по объекту;

$I_{о.}$ – инвестиции в СИС объекта с учетом временного лага в сопоставимых ценах.

Из формулы (1) видно, что, чем выше значение коэффициента инвестиционной отдачи $K_{и.о.}$, тем выше эффективность инвестиций в развитие СИС объекта, и наоборот.

Из формулы (2) следует, что чем ниже значение коэффициента инвестиционной емкости $K_{и.е.}$, тем выше эффективность инвестиций в развитие СИС объекта, и наоборот.

Так как при расчетах временной лаг принят – 3 года, то необходимо учитывать, какой объем инвестиций 3

года назад был потрачен на получение определенной суммы баллов соответствующей области.

В соответствии с методикой [1] рассчитаны коэффициенты инвестиционной отдачи и инвестиционной емкости.

Результаты расчетов коэффициента инвестиционной отдачи отражены в таблице 6.

Результаты расчетов и динамика коэффициента инвестиционной емкости в 2011-2013 годах представлены на рис. 1.

Чем ниже значение коэффициента инвестиционной емкости, тем выше эффективность инвестиций в СИС области. Самое низкое значение коэффициента инвестиционной емкости свидетельствует о том, что в соответствующей области меньше всего потреблено инвестиционных ресурсов для получения одного бал-

Таблица 5. Объем инвестиций в СИС в 2008-2010 гг. по областям и в целом по республике

Годы	Объем инвестиций в СИС, тыс. долл США						Всего по республике
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская	
2008	10506,65	3162,34	865,68	958,68	331,16	176,79	16001,29
2009	13707,03	3539,97	686,77	979,14	170,98	8591,07	27674,97
2010	32486,12	44246,56	46161,62	38856,71	59162,99	16670,59	237584,59

Таблица 6. Значения коэффициента инвестиционной отдачи, балл/тыс. долл. США

Год	Значения коэффициента инвестиционной отдачи по областям, балл/тыс. долл США					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
2011	0,0098	0,0299	0,1152	0,1048	0,3013	0,5672
2012	0,0075	0,0268	0,1440	0,1048	0,5948	0,0115
2013	0,0032	0,0020	0,0021	0,0027	0,0017	0,0059

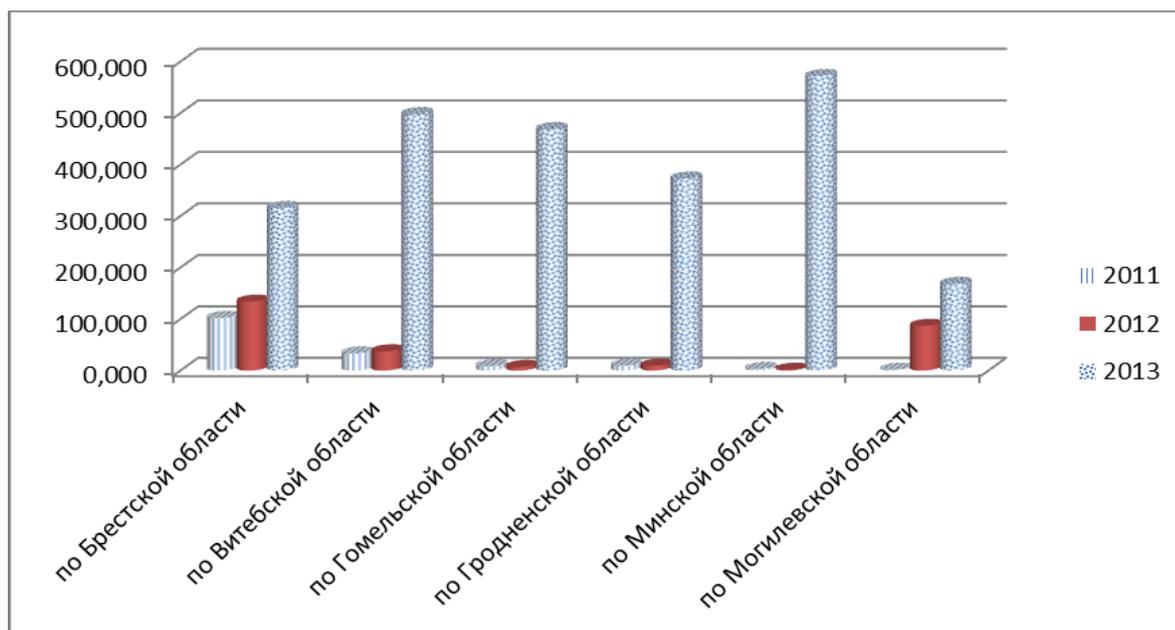


Рисунок 1. Динамика коэффициента инвестиционной емкости по областям Республики Беларусь в 2011-2013 гг.

ла. Так, в 2011 году для набора одного балла Могилевской областью было затрачено в 2008 году меньше всего инвестиций (в размере 1763 долл. США), в 2012 году для набора Минской областью – затрачено инвестиций в 2009 году 1681 долл. США.

В 2013 году эффективность инвестиций в СИС во всех областях Беларуси снизилась по сравнению с 2011 и 2012 годами. Это можно объяснить тем, что наибольший объем инвестиций в СИС был произведен в 2010 году – в последний год реализации Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 годы.

В результате использования данной методики ранжированы области в зависимости от значений коэффициента инвестиционной отдачи. Так, чем выше значение этого коэффициента, тем выше эффективность вложенных средств в развитие социальной инфраструктуры села соответствующей области Республики Беларусь. Данные о том, какие области являются лидерами по эффективности инвестиций в развитие СИС в 2011-2013 годах приведены в таблице 7.

Таблица 7. Ранжирование областей Беларуси по эффективности инвестиций в СИС

Место	Годы		
	2011	2012	2013
1	Могилевская	Минская	Могилевская
2	Минская	Гомельская	Брестская
3	Гомельская	Гродненская	Гродненская

Показатели 2011 и 2013 годов свидетельствуют о том, что средства, вложенные в СИС Могилевской области, соответственно в 2008 и 2010 годах, дали большую отдачу, чем инвестиции в СИС других областей в тот же период.

Предложенная методика позволяет не только относительно, но и количественно оценить эффективность инвестиций в СИС по областям. Кроме того, при дальнейшем совершенствовании методики представляется возможным использовать ее как для оценки эффективности инвестиций в СИС, так и прогнозировать эффективность.

Заключение

Представленные результаты оценки эффективности инвестиций в развитие СИС по ранее предложенной методике показывают, что с ее помощью представляется возможным производить сравнительную оценку эффективности инвестиций в СИС в разрезе областей Республики Беларусь и определять направления наиболее эффективных вложений.

Выявив область Республики Беларусь, в которой достигнута наибольшая эффективность инвестиций в СИС, можно использовать положительный опыт этой области для внедрения его в других областях.

После соответствующей корректировки перечня косвенных показателей эффективности инвестиций в СИС методика [1] может использоваться для сравнительной оценки эффективности инвестиций в СИС в разрезе районов Беларуси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чирич, А.В. Методика комплексной оценки эффективности инвестиций в развитие социальной инфраструктуры села // Аграрная экономика, 2015. – N. 1. – С. 37-41.

2. Беларусь в цифрах. Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://belstat.gov.by/bgd/public_compilation/index_13/1/ – Дата доступа: 05.04.2015.

3. Регионы Республики Беларусь. Социально-экономические показатели, 2014 (том 1). Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://belstat.gov.by/bgd/public_compilation/index_512/ – Дата доступа: 05.04.2015.

4. Средний официальный курс белорусского рубля по отношению к иностранным валютам. Официальный сайт Национального банка Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nbrb.by/statistics/Rates/AvgRate/?yr=> Дата доступа: 05.04.2015.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.04.2015

УДК 005:631.145

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫМИ СТРУКТУРАМИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

М.М. Радько,

доцент каф. менеджмента и маркетинга БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Ю.А. Нарвойш,

ст. преподаватель Института управления и предпринимательства

В статье рассмотрены кооперативно-интегрированные формирования, а также возможность применения зарубежных моделей корпоративного управления в кооперативно-интегрированных формированиях АПК Беларуси на современном этапе их развития. Обосновывается авторская позиция о необходимости заимствования с учетом отечественной специфики наиболее эффективных элементов, применяемых в зарубежной практике корпоративного управления.

The article deals with the formation of co-operative and integrated, as well as the possibility of using foreign models of corporate governance in cooperative-integrated units of the agro-industrial complex of Belarus at the present stage of their development. The author's position on the need for borrowing is confirmed, taking into account national specifics of the most effective elements used in the international practice of corporate governance.

Введение

В отечественном агропромышленном комплексе интенсивно протекает процесс создания интегрированных формирований, эффективное функционирование которых выступает одним из ключевых факторов обеспечения его конкурентоспособности. Одним из направлений интеграции в настоящее время является объединение товаропроизводителей в рамках отдельных продуктовых подкомплексов в интегрированные формирования. В настоящее время разработаны организационно-экономические основы создания продуктовых интегрированных формирований, включая обоснование включения отдельных предприятий в объединение и степень их интеграции, модели и схемы развития интеграционных отношений в условиях оптимизации структур предприятий АПК, принципы и механизмы, обеспечивающие управление отдельными подсистемами и процессами.

Целью данного исследования является разработка теоретических и методологических положений формирования управленческих отношений в интегрированных структурах АПК. Достижение изложен-

ной цели предполагает постановку и решение комплекса взаимосвязанных задач, в том числе:

- раскрыть сущность и содержание категории «корпоративное управление» применительно к агропромышленным формированиям;
- рассмотреть существующие модели корпоративного управления и факторы, оказывающие влияние на их выбор;
- дать обобщающую оценку применимости зарубежных моделей корпоративного управления на современном этапе развития интеграционных формирований в АПК Республики Беларусь.

Основная часть

За последние годы в стране немало сделано для развития сельского хозяйства и сельских территорий. Осуществлены крупномасштабные меры по модернизации материально-технической базы аграрной отрасли и перерабатывающей промышленности, укрупнению производства. Все это позволило не только обеспечить продовольственную безопасность страны, но и существенно нарастить объемы экспорта агропродовольственных товаров.

Одним из способов увеличения объемов производства и повышения эффективности функционирования сельскохозяйственных предприятий является создание интеграций и коопераций как форм их реорганизации. В научных публикациях широко освещаются вопросы преимуществ и недостатков различных форм интеграции, разработаны методические основы формирования интегрированных структур в отдельных подкомплексах АПК Беларуси. По оценкам специалистов, наиболее эффективными являются интегрированные формирования, имеющие в своем составе предприятия, представляющие все звенья технологической цепочки – от производства и заготовки сырья до реализации готовой продукции. Именно в такие структуры объединяются, как правило, ранее самостоятельные и специализирующиеся на отдельных стадиях производства организации, что приводит к необходимости согласования их деятельности. Одним из результатов кооперации и интеграции предприятий АПК является значительное укрупнение субъектов хозяйствования, появление крупнотоварных производителей, что признается многими специалистами как позитивное явление с точки зрения эффективности их деятельности и дальнейшего развития процессов объединения.

Как показали исследования, интеграция предприятий АПК имеет и социально-экономическую значимость, которая состоит в следующем:

- создаются условия для обеспечения населения качественными продуктами питания по ценам сравнительно более низким, чем цены конкурентов;
- эффективно используются действующие рабочие места и создаются предпосылки для организации новых рабочих мест;
- труд в кооперативно-интеграционных формированиях и на предприятиях аграрного сектора в целом становится мотивированным и привлекательным;
- своевременная оплата труда является фактором роста уровня и качества жизни работников;
- создаются необходимые условия для дальнейшего развития территорий, на которых осуществляется деятельность кооперативно-интеграционных формирований, в том числе строительство объектов производственной и социальной инфраструктуры [1].

Установлено, что в среднем за 2009–2014 годы производительность труда в интегрированных структурах была на 20 % выше, чем в остальных сельскохозяйственных организациях. Кроме того, темпы прироста основных производственных показателей за последние пять лет (2009–2014 гг.) в интегрированных объединениях значительно выше – производство зерна на 100 га сельхозугодий возросло почти в 2 раза (против 10 % по всей совокупности предприятий), молока в 2,2 раза (против 30 %) и т. д. [2].

Однако вместе с положительными результатами интеграции также появляются и проблемы, к числу которых относится усложнение отношений управления в интегрированных формированиях. Разработка

научно обоснованных методов управления создаваемыми интегрированными формированиями вызывает необходимость более глубокого изучения категории «корпоративное управление», в том числе применительно к особенностям взаимоотношений субъектов агропромышленного производства. В первую очередь, это связано с тем, что большинство предприятий, вошедших в состав интегрированных формирований, помимо того, что специализируются на отдельных видах производства (растениеводство, животноводство, переработка и т.п.), представляют собой открытые акционерные общества, в которых есть мажоритарный и миноритарные собственники. В роли мажоритарного собственника чаще всего выступает государство. Миноритарии – это бывшие и действующие сотрудники предприятия, получившие свои акции в ходе приватизации.

Необходимость применения корпоративного управления обусловлена тем, что предприятие как бизнес и субъект хозяйствования принадлежит собственникам (инвесторам), а право управления этим предприятием делегировано наемным руководителям, что порождает ситуацию, при которой решения и действия наемных руководителей не всегда направлены на удовлетворение интересов собственников. Помимо решения потенциального конфликта интересов собственников и наемных руководителей, корпоративное управление призвано обеспечить баланс экономических интересов всех участников кооперативно-интеграционных объединений [3].

При формировании модели корпоративного управления интегрированными формированиями в АПК Беларуси целесообразно изучить зарубежный опыт и проанализировать факторы, повлиявшие на их выбор.

Исследователи выделяют три модели корпоративного управления: американскую, европейскую и азиатскую [4].

Американская модель корпоративного управления формировалась в условиях развитого рынка ценных бумаг. Как правило, структура собственности имеет один уровень. Индивидуальные акционеры имеют права на денежные потоки и формальные права контроля. Однако реальные права контроля принадлежат менеджерам компании. Реальный контроль над предприятием в этой ситуации получают менеджеры, которые, как правило, начинают действовать в своих личных интересах, вопреки выгоде собственника.

Для европейской модели корпоративного управления характерно наличие трех уровней в системе управления и четкое отделение наблюдательных функций (совет директоров) от функций управленческих или распорядительных (правление). Высшим органом управления является общее собрание акционеров (третий уровень). Исполнительный орган (правление) руководит текущей деятельностью общества и несет за нее ответственность. Члены правления не избираются, а назначаются наблюдательным сове-

том и имеют право руководить обществом только совместно или коллегиально. К основным чертам, характеризующим европейскую модель корпоративного управления, относятся:

- ключевая роль банков;
- финансовый рынок не играет такой роли, как в американской модели;
- перекрестное владение акциями;
- высокий уровень концентрации владения акциями;
- система участия работников в управлении компанией;
- относительно слабая ориентация на роль фондовых рынков и акционерная стоимость в корпоративном управлении [4].

В европейской и, в частности, немецкой модели корпоративного управления значительную роль играют банки. Это связано с тем, что часто акционеры – физические лица – делегируют банкам свои полномочия по управлению компанией. Поэтому банки имеют возможность влиять на формирование советов директоров и основных стратегий развития корпораций.

Также к особенностям немецкой модели относятся высокая концентрация собственности. По данным исследований, в более чем 71 % акционерных корпораций собственник контролирует свыше 50 % акций, причем в 35 % акционерных корпораций все 100 % акций принадлежат одному собственнику. Другие категории юридических лиц характеризуются столь же высококонцентрированной структурой собственности [4].

В азиатской модели корпоративного управления, как правило, банк становится ядром корпорации. Он выполняет разнообразные управленческие функции, выступая кредитором, крупным акционером, планируя финансовую и инвестиционную политику.

Как показывают результаты исследований, ни одна модель не обладает очевидными преимуществами перед другими и не может быть названа универсальной. Рассмотрев различные модели корпоративного управления, можно выделить ряд факторов, под влиянием которых они были сформированы:

- законодательная база;
- степень развитости фондовых рынков;
- степень концентрации собственности.

Ключевой задачей в развитии институтов корпоративного управления Республики Беларусь является настройка существующей модели в соответствии со стадией трансформационных изменений экономики Беларуси [5]. С точки зрения авторов, для создания системы корпоративного управления агропромышленными предприятиями в Республике Беларусь в качестве основы целесообразно использовать немецкую модель, как наиболее соответствующую уже сформированной системе отношений между собственниками.

В мае-июне 2012 года Минэкономики провело экспресс-исследование практики корпоративного управления в обществах с участием государства. Общий вывод заключается в том, что состояние корпоративного управления в них оставляет желать лучшего. Однако, как и в любом правиле, в данном случае есть исключения. Речь идет о банках, которые в общей совокупности имеют положительные отличия по всем аспектам корпоративного управления [6]. Для повышения эффективности отношений управления в интегрированных агропромышленных формированиях можно рекомендовать использование практики привлечения к принятию стратегических решений представителей финансовых структур, которые не являются собственниками или доверительными управляющими, но в силу «закредитованности» большинства таких предприятий имеют возможности влиять на качество таких решений и их эффективность.

При формировании кооперативно-интегрированных объединений важной задачей является создание мощных республиканских компаний, структурно объединяющих предприятия АПК с целью выхода Республики Беларусь на внешние рынки.

Чтобы предотвратить монополизацию региональных агропродовольственных рынков создаваемыми аграрными интегрированными формированиями необходимо предусмотреть меры по предотвращению возможного диктата создаваемых крупных агропродовольственных объединений над малыми формами хозяйствования, налаживанию их тесного взаимовыгодного сотрудничества с целью умножения общего производственного потенциала аграрного сектора. Поскольку включение всех сельскохозяйственных производителей в создаваемые кооперативно-интегрированные формирования практически неосуществимо, следует предусмотреть проведение полномасштабных мероприятий по обеспечению их более тесного и взаимовыгодного сотрудничества с перерабатывающими предприятиями на контрактно-договорной основе.

Успешное осуществление вертикальной агропромышленной интеграции обуславливает необходимость кардинального совершенствования сложившейся системы управления агропромышленным производством. Оно должно быть направлено:

- на оптимизацию структуры и функций централизованного управления и самоуправления в АПК, завершение перехода на программно целевое регулирование агропромышленного производства, разграничение функций и ответственности центральных государственных и местных органов управления, выстраивание сквозной хозяйственной системы управления и регулирования АПК во главе с Министерством сельского хозяйства и продовольствия;
- максимальную концентрацию усилий республиканских и местных органов власти и управления агропромышленным производством на повышении конку-

рентоспособности национального АПК на основе перевода его на инновационный путь развития. Для этого необходимо создание экономической среды, стимулирующей хозяйствующих субъектов к возможно более широкому и эффективному использованию инноваций в производственно-хозяйственной деятельности;

– последовательную децентрализацию управления путем передачи ряда управленческих функций, ныне выполняемых республиканскими органами власти и управления, местным органам, а также создаваемым агропромышленным интегрированным формированиям, наделяя последние необходимыми для этого властными полномочиями;

– принятие действенных правовых и организационных мер по целевому развитию интеграционных процессов в АПК, корпоративного управления агропромышленным производством на основе использования передового опыта, накопленного мировой практикой.

Одним из шагов в совершенствовании сложившейся системы управления агропромышленным производством стало активное формирование холдингов в АПК Беларуси. Холдинг относится к одному из видов корпоративных структур наряду с корпорациями и финансово-промышленными группами. Организационно-экономический механизм создания агрохолдингов предполагает преобразование сельскохозяйственных производственных кооперативов в открытые акционерные общества и последующую передачу управляющей компании холдинга пакета акций, достаточного для управления включенными в состав холдинга организациями. По данным Министерства экономики Республики Беларусь, по состоянию на 18.10. 2013 г. в Государственном реестре зарегистрировано 55 таких структур (24 – при участии государства), 12 из которых относятся к АПК [1].

Экономическая зависимость участников большинства агрохолдингов от управляющей компании является подавляющей либо преобладающей, т.к. управляющей компании передается более 50 % пакета акций.

Рассмотрим, например, агрохолдинг «Мачулищи», под управлением которого находится ОАО «Александрийское». По состоянию на 1 июля 2011 года уставный фонд ОАО «Александрийское» составлял 617 183 256 500 рублей, номинальная стоимость одной акции – 500 рублей. Уставный фонд был разделен на 1 234 366 513 простых (обыкновенных) акций. Из них было передано ОАО «Агрокомбинат «Мачулищи» 894 613 301 акция (72,48 %); Национальному банку – 322 616 525 акций (26,14 %); Шкловскому райисполкому – 5 499 297 акций (0,44 %); физическим лицам – 11 637 390 акций (0,94 %). Количество акционеров – физических лиц – 667 человек [1]. Применение данной организационно-экономической схемы позволяет включить ОАО «Александрийское» в состав интегрированной структуры холдинга. При этом управля-

ющая компания холдинга ОАО «Мачулищи» имеет преобладающую долю акций (более 75 %), что дает ей возможность управлять деятельностью ОАО «Александрийское» и в соответствии с Указом № 414 предписывает управляющим компаниям холдингов с участием государства разрабатывать стратегии их развития на пятилетний период.

Большинство созданных в Беларуси с участием государства агрохолдингов можно отнести к смешанным холдингам. Это связано с тем, что в процессе их создания выбиралось предприятие-интегратор, уже успешно осуществляющее производственную деятельность, а остальные предприятия присоединялись к нему с использованием вышеописанного механизма по территориальному либо продуктовому признаку. Агрохолдинг «Мачулищи» также относится к смешанным холдингам, т.к. в его состав вошли организации, расположенные на территории Минской области и имеющие различную специализацию, не всегда встраивающуюся в цепочку: производство исходного сельскохозяйственного сырья – его промышленная переработка – сбыт готовых агропродовольственных товаров.

Анализ основных показателей деятельности организаций, включенных в состав управляющей компании холдинга ОАО «Мачулищи» (табл. 1), показал эффективность использованного для его создания организационно-экономического механизма, который заключается в повышении производительности и рентабельности в среднем по холдингу.

Основными направлениями деятельности данного холдинга являются выращивание и переработка зерновых культур, животноводство, молочное скотоводство, свиноводство, птицеводство и торговля. В состав холдинга входит более 20 сельскохозяйственных организаций. Основной целью в деятельности холдинга «Агрокомбинат «Мачулищи» является деятельность, направленная на создание эффективной системы управления закрепленными сельскохозяйственными организациями, оказание им помощи в укреплении материально-технической базы, укомплектование квалифицированными кадрами, налаживание высокоэффективного сельскохозяйственного производства с использованием прогрессивных форм организации труда и управления.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в агрохолдинге «Мачулищи» созданы все организационно-правовые предпосылки для активной разработки и внедрения корпоративного управления, которое позволит, как повысить эффективность деятельности сформированной интегрированной структуры за счет оптимизации внутри и межорганизационных отношений компании, так и максимально полно реализовать интересы всех ее акционеров-собственников.

Таблица 1. Показатели экономической эффективности работы организаций холдинга «Агрокомбинат «Мачулищи» за январь-ноябрь 2014 года

организации	Выручка, млн руб				2014 г. в % к заданию
	2013 г.	2014 г.	задание	2014 г. в % к 2013 г.	
ОАО «Комаровка»	248 190	344 497	325 354	138,8	105,9
ОАО «Отечество»	165 594	178 296	193 611	107,7	92,1
ОАО «Рудаково»	188 640	224 505	219 865	119,0	102,1
ОАО «Тихиничи»	119 543	170 722	156 685	142,8	109,0
ОАО «Василишки»	437 918	522 352	525 889	119,3	99,3
ОАО «Кленовичи»	241 518	303 917	262 039	125,8	116,0
ОАО «Новая Друть»	87 411	104 595	99 271	119,7	105,4
ОАО «Александрийское»	416 218	632 980	512 298	152,1	123,6
ОАО «Журавлиное»	240 943	321 843	320 426	133,6	100,4
ОАО «Парохонское»	157 237	224 670	217 277	142,9	103,4
ОАО «Ружаны-Агро»	185 108	259 508	239 052	140,2	108,6
ОАО «Почапово»	55 392	67 857	68 679	122,5	98,8
ЗАО «АСБ-Агро Новатор»	45 543	67 705	62 805	148,7	107,8
ЗАО «АСБ-Агро-Тетерино»	45 245	53 124	52 350	117,4	101,5
ЗАО «АСБ-Агро Кухтичи»	30 291	50 508	38 120	166,7	132,5
ЗАО «АСБ-Агро Городец»	43 786	56 784	50 574	129,7	112,3
Итого по с/х	2 708 567	3 583 863	3 344 295	132,3	107,2

Заключение

В результате проведенных исследований доказана эффективность создания интегрированных формирований в АПК, включая холдинги, теоретически разработаны и методологически обоснованы механизмы их образования, доказана необходимость применения корпоративного управления интегрированными структурами.

При создании механизмов, обеспечивающих эффективное управление интегрированными формированиями в АПК Беларуси, целесообразно использовать зарубежный опыт. За основу рекомендуется взять немецкую модель, как наиболее близкую с точки зрения сложившейся в стране концентрации прав собственности, зависимости управления от развитости фондового рынка, которая обеспечивает социальную защищенность сотрудников предприятий. Включение финансовых структур в систему отношений управления в интегрированных формированиях АПК позволит перенести их успешный опыт из банковской и финансовой сферы в сельскохозяйственную.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермалинская, Н.В. Теоретические и методологические аспекты эффективного функционирования интегрированных структур в АПК / Н.В. Ермалинская, Н.В. Пархоменко // Вестник Гомельского государственного технического университета им.

П.О. Сухого, 2011. – № 3. – С. 24-31.

2. Запольский, М.И. Развитие агропромышленной интеграции в условиях становления рыночной экономики: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / М.И. Запольский; Институт системных исслед. в АПК Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2014. – 36 с.

3. Гусаков, Е.В. Кооперативно-интеграционные объединения в АПК: оценки и перспективы / Е.В. Гусаков // Вести национальной академии наук Беларуси, 2011. – № 3. – Серия аграрных наук [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vesti.belal.by/vesti/pdf/20110102.pdf>. – Дата доступа: 27.04.2015.

4. Силова, Е.С. Сравнительный анализ моделей корпоративного управления / Е.С. Силова // Вестник Челябинского государственного университета: экономика, 2011. – № 32, вып. 34. – С. 104-107.

5. Головчанская, Е.А. Современный этап формирования корпоративного управления в Республике Беларусь в условиях институционального окружения / Е.А. Головчанская, И.А. Кирсанова // Экономика и управление, 2013. – № 2. – С. 20-23.

6. Для развития корпоративного управления в Беларуси нужны активные меры Минэкономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belta.by/ru/all_news/economics/Dlja-razvitiya-korporativnogo-upravlenija-v-Belarusi-nuzhnyaktivnyye-meryminekonomiki_i_608540.html. – Дата доступа: 27.04.2015.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.05.2015

**Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный
технический университет»**

**объявляет прием в аспирантуру на 2015/2016 учебный год
по следующим специальностям:**

- 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»
- 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»
- 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»
- 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в сельском хозяйстве)»
- 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии»
- 06.01.04 «Агрохимия»
- 05.26.01 «Охрана труда (сельское хозяйство и перерабатывающая промышленность в АПК)»
- 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»
- 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины»

Прием документов – с 1 августа по 30 сентября 2015 г.

Вступительные экзамены по специальной дисциплине в объеме учебной программы I ступени высшего образования – с 10 по 21 октября 2015 г.

Начало занятий в аспирантуре – с 1 ноября 2015 г.

**Поступающие в аспирантуру представляют в
приемную комиссию следующие документы:**

1. Заявление на имя руководителя учреждения образования, организации, реализующей образовательные программы послевузовского образования, по установленной форме.

2. Личный листок по учету кадров.

3. Автобиографию.

4. Копии диплома о высшем образовании и прилагаемой к нему выписки из зачетно-экзаменационной ведомости.

5. Копии диплома магистра и прилагаемой к нему выписки из зачетно-экзаменационной ведомости (при наличии).

6. Копию удостоверения о сдаче кандидатских зачетов (дифференцированных зачетов) и кандидатских экзаменов по общеобразовательным дисциплинам.

плинам (для лиц, поступающих для обучения в форме соискательства, – при наличии).

7. Копию трудовой книжки либо иные документы, подтверждающие необходимый стаж работы, или рекомендация ученого совета (совета) учреждения высшего образования или факультета этого учреждения (для поступающих в год окончания обучения в данном учреждении).

8. Заявку организации – заказчика кадров (при наличии).

9. Список и копии опубликованных научных работ, а при их отсутствии – научный реферат по профилю избранной специальности.

10. Материалы, относящиеся к объектам интеллектуальной собственности, зарегистрированные в установленном порядке, выписки из отчетов, справки об участии в выполнении научно-исследовательских и инновационных проектов, акты об использовании результатов научных разработок, копии материалов и (или) тезисов докладов на научных, научно-практических конференциях, съездах, симпозиумах и других подобных мероприятиях (при наличии).

11. Заключение научного семинара лаборатории (заседания кафедры) об актуальности темы, качестве и объеме самостоятельно выполненных данным лицом исследований по теме подготавливаемой диссертации (для поступающих в аспирантуру для обучения в форме соискательства).

12. Документы, дающие преимущественное право для зачисления в аспирантуру (при наличии).

13. Три фотографии размером 4×6 см (для поступающих в аспирантуру для обучения в форме соискательства – 2 фотографии).

14. Медицинскую справку о состоянии здоровья по форме, установленной Министерством здравоохранения.

Документ, удостоверяющий личность, и подлинники документов об образовании предъявляются лично.

***Подробная информация на сайте БГАТУ: new.batu.edu.by
и по телефону аспирантуры (017) 385 91 07***

***Адрес приемной комиссии:
220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99, к. 5-1, каб. 504***

Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, передаваемая в издательство, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «—». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательнее продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер

(если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевой бумаге размером не менее 9x12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата tif с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

аннотацию на русском и английском языках;

фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заклучение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

индекс УДК;

перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения образования, организации, предприятия, ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется аспирантам, докторантам, соискателям в год завершения обучения.

Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

220023, Минск, пр-т Независимости, 99, корп. 5, к. 602, 608. БГАТУ

Технология безразборной диагностики технического состояния доильных установок

Предназначена для оценки технического состояния узлов доильных установок отечественного производства по предельному вакуумметрическому давлению.

Отличительные особенности технологии:

– алгоритмы проверки функционального состояния доильной установки предусматривают применение простейших технических средств – дифференциальное устройство для измерения вакуумметрического давления в вакуумпроводах и молокопроводах и устройство вакуумметрическое для измерения быстроты действия насоса, изготавливаемых в условиях эксплуатации;

– исключает влияние геометрических характеристик вакуумных систем и не требует специального оборудования – индикаторов производительности, расходомеров и ротаметров;

– позволяет определять засоренность вакуумпроводов;

– обеспечивает необходимое качество технических обслуживаний и текущих ремонтов оборудования.



Основные технические данные

Тип.....	переносной
Количество диагностических приспособлений.....	2
Количество диагностических параметров.....	7
Диагностируемые параметры:	
- быстрота действия вакуумного насоса;	
- натекание воздуха через вакуумные и молочные трубопроводы;	
- расход воздуха доильным аппаратом;	
- расход воздуха через вакуумный регулятор;	
- стабильность вакуумного режима доения;	
- засоренность вакуумных трубопроводов	
Продолжительность диагностирования установки, мин.....	20
Габаритные размеры, мм.....	300x300x15
Масса, кг, не более.....	3,0

