



ISSN 2078-7138

# Научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса

# Агропанорама

№ 5  
октябрь  
2015

**В номере:**

*Определение энергетических характеристик способов регулирования скорости исполнительного механизма электрогидравлического привода навесного устройства трактора*

*Применение технологии поддержки принятия решений в программе балансирования рационов*

*Агрохимические показатели деградированных торфяных почв Брестской области в условиях интенсификации их сельскохозяйственного использования*

*Аналитический обзор состояния и перспектив развития основных отраслей и производств картофелепродуктового подкомплекса Беларуси*



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Агроэнергетический факультет**

**Уважаемые коллеги!**

*Приглашаем Вас принять участие в работе  
Международной научно-технической конференции  
**«Энергосбережение - важнейшее условие  
инновационного развития АПК»,**  
которая состоится в Белорусском государственном  
аграрном техническом университете*

**26 - 27 ноября 2015 г.**

**Основные направления работы конференции:**

- Энергообеспечение АПК
- Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии в АПК
- Электротехнологии и электрооборудование в АПК
- Автоматизация технологических процессов в АПК

*г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 1  
Контактные телефоны: (8017) 267-33-83, 267-41-16  
E-mail: prot.aef@batu.edu.by  
www.batu.edu.by*

# АГРОПАНОРАМА 5 (111) октябрь 2015

Издаётся 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. Карташевич
С.В. Гарник	Л.Я. Степук
В.Н. Дацков	В.Н. Тимошенко
Е.П. Забелло	А.П. Шпак

Е.В. Сенчуроў – ответственный секретарь  
Н.И. Цындріна – 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 работы с авторами:*

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608  
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14  
Факс (017) 267-25-71  
E-mail: [AgroP@batu.edu.by](mailto:AgroP@batu.edu.by)

БГАТУ, 2015.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-  
макета 22.10.2015 г. Зак. № 765 от 23.10.2015 г.

Дата выхода в свет 30.10.2015 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 1-ое п/г 2015 г.:  
для индивидуальных подписчиков - 111000 руб.;  
ведомственная - 150996 руб.;  
Цена журнала - 32000 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**

**Е.Я. Строк, Л.Д. Бельчик, А.Г. Снитков, С.В. Савчук**

Определение энергетических характеристик способов  
регулирования скорости исполнительного механизма  
электрогидравлического привода навесного устройства  
трактора.....2

### **Технологии производства продукции растениеводства и животноводства.**

#### **Зоотехния**

**Е.В. Галушки, Н.Г. Серебрякова, А.Г. Сеньков,  
А.М. Карпович, К.М. Шестаков**

Применение технологии поддержки принятия решений в  
программе балансирования рационов.....6

**И.А. Царук**

Агрохимические показатели деградированных торфяных  
почв Брестской области в условиях интенсификации их  
сельскохозяйственного использования.....12

**Е.М. Бурлуцкий, В.Д. Павлидис, М.В. Чкалова**

Пути усовершенствования процесса дробления зернового  
материала и их анализ инженерно-математическими методами.....17

### **Технологии переработки продукции АПК**

**Л.В. Сафоненко, Н.К. Жабанос, Н.Н. Фурик,  
Е.В. Сафоненко**

Разработка заквасок для производства детских молочных  
продуктов.....22

**Н.К. Толочко, В.С. Корко, А.Н. Челединов, З.Е. Егорова**

Ультразвуковая очистка поверхности яблок от микробиальных  
загрязнений.....27

### **Энергетика. Транспорт**

**А.И. Шакирин**

Моделирование квазистационарных процессов теплопередачи  
электротепловыми моделями с нелинейными резистивными и  
емкостными элементами.....30

### **Технический сервис в АПК.**

#### **Экономика**

**И.В. Кулага, А.П. Шкляров**

Аналитический обзор состояния и перспектив развития  
основных отраслей и производств картофелепродуктового  
подкомплекса Беларуси.....35

**С.Л. Белявская**

Особенности, принципы и направления обеспечения  
конкурентоспособности плодовоощной продукции.....42

### **Краткие сообщения**

**А.Г. Вабищевич, М.А. Прищепов, Н.Д. Янцов**

Роторная картофелесажалка для подсобных хозяйств.....46

# **Сельскохозяйственное машиностроение**

## **Металлообработка**

УДК 681.527.34

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ИСПОЛНИ- ТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ТРАКТОРА**

**Е.Я. Строк,**

зав. лабораторией электрогидравлических систем управления НИЦ «Бортовые системы управления мобильных машин» ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларусь», канд. техн. наук, доцент

**Л.Д. Бельчик,**

ведущ. научн. сотр. лаборатории электрогидравлических систем управления НИЦ «Бортовые системы управления мобильных машин» ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларусь», канд. техн. наук

**А.Г. Снитков,**

научн. сотр. отдела динамического анализа и вибродиагностики машин НТЦ «Карьера техника» ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларусь»

**С.В. Савчук,**

гл. конструктор ОАО «Брестский электромеханический завод»

*Рассмотрены вопросы функционирования электрогидравлического привода системы управления навесным устройством трактора при различных законах регулирования. Приведены результаты лабораторно-полевых испытаний пахотного агрегата при дроссельном регулировании скорости исполнительного механизма. Определены энергетические характеристики способов регулирования скорости исполнительного механизма.*

*The problems of the functioning of the electro-hydraulic drive control system mounted device tractor for different types of regulation are examined. Results of laboratory and field tests of arable unit with the throttle control the speed of the actuator are presented. The energy characteristics of the methods of controlling the speed of the actuator are defined.*

### **Введение**

Сельскохозяйственные тракторы с мощностью двигателя 80...150 л. с. оснащены системами силового регулирования глубины пахоты на базе электрогидравлического привода с дроссельным регулированием скорости исполнительного механизма [1, 2]. Указанные системы обеспечивают высокие показатели качества регулирования при величине регулирующего воздействия, пропорциональной рассогласованию, что позволяет выполнять заданные к почвообрабатывающим технологиям агротехнические требования. При этом деление потока рабочей жидкости от насоса постоянной подачи с энергетической точки зрения заключается в вариации сопротивления на пути указанного потока в исполнительный механизм, т. е в диссипации энергии. В связи с этим регулирование скорости исполнительного механизма электрогидравлического привода сопровождается непроизводительными затратами мощности.

Объемный способ регулирования скорости исполнительного механизма реализуется при использовании насоса переменной подачи путем автоматического изменения его рабочего объема в требуемых

пределах. В этом случае исключаются энергетические потери при формировании величины потока рабочей жидкости, направляемого к потребителю [3].

Известен гидравлический привод, содержащий основной и дополнительный насосы с общей напорной магистралью, датчик положения гидроуправляемого подпружиненного плунжера и устройство разгрузки дополнительного насоса, обеспечивающий автоматический набор требуемой подачи рабочей жидкости [4].

При дискретном способе формирования управляющих воздействий постоянный энергетический поток попеременно подключается к исполнительному механизму и отводящей магистрали, в силу чего течение процесса регулирования положения навесного устройства определяется параметрами работы ключа. В роли ключа используется релейный электрогидравлический регулятор, который перераспределяет постоянный поток энергии без существенного влияния на его величину. Поэтому наиболее благоприятным режимом включения электрогидравлического регулятора является режим, близкий к насыщению по расходу с минимальными потерями [5].

Актуальность использования рациональных способов формирования регулирующего воздействия,

обеспечивающих снижение энергетических затрат в процессе управления, определяет содержание данной работы, целью которой является выявление путей снижения непроизводительных затрат мощности при соблюдении заданных показателей качества управления навесным устройством.

### Основная часть

#### Постановка задачи.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: определить энергетические характеристики для различных способов регулирования скорости исполнительного механизма и разработать рекомендации для снижения непроизводительных затрат мощности.

#### Объект исследований.

Сельскохозяйственный машинно-тракторный агрегат в составе трактора, оборудованного электрогидравлической системой силового регулирования глубины пахоты, и навесного плуга представлен на рис. 1.

Указанный агрегат включает трактор 1, на котором расположены насос 2 постоянной производительности, электро- гидравлический регулятор 3, силовой гидроцилиндр 4, датчик положения 5, кинематически связанный с кулачком 6, закрепленным на поворотном валу механизма навески, датчик усилия 7, установленный в шарнире нижней тяги, микропроцессорный контроллер 8, пульт управления 9, а также навесной плуг 10.

Функциональная схема электрогидравлической системы управления навесным устройством трактора с дроссельным регулированием скорости исполнительного механизма представлена на рис. 2.

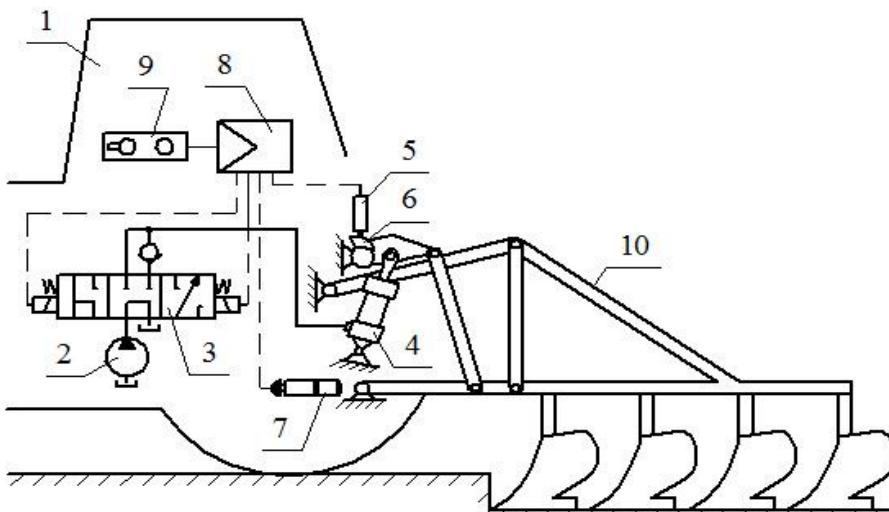


Рисунок 1. Схема пахотного агрегата, оборудованного системой силового регулирования глубины пахоты

Тяговое усилие  $F$  в шарнирах нижних тяг, возникающее при обработке почвы плугом, и перемещение  $Y$  навесного устройства определяются выходными напряжениями датчиков усилия  $U_F$  и перемещения  $U_Y$ . Смешанный сигнал обратной связи  $X$  вычисляется в микропроцессорном контроллере согласно алгоритму управления по коэффициенту передачи  $k_1$ , который устанавливается оператором на пульте вместе с задающим воздействием  $W$ . Сигнал  $X$  сравнивается с указанным воздействием  $W$ , определяя при этом рассогласование  $X_W$  и пропорциональный ему ток управления  $I$ , назначаемый

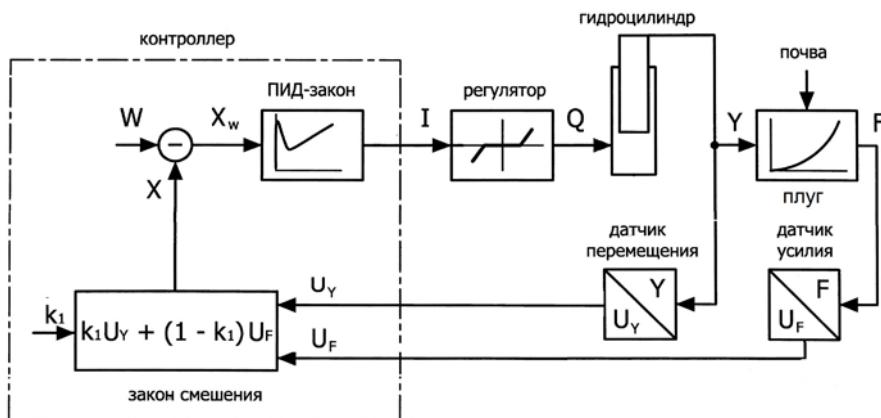


Рисунок 2. Функциональная схема электрогидравлической системы управления навесным устройством трактора с дроссельным регулированием скорости исполнительного механизма

микропроцессорным контроллером с воздействием по пропорционально-интегрально-дифференцирующему закону (ПИД-закон). Величина потока рабочей жидкости  $Q$ , соответствующего подъему и опусканию навесного устройства, устанавливается электрогидравлическим регулятором в зависимости от величины тока управления  $I$ .

#### Лабораторно-полевой эксперимент.

Исследования проводились на базе пахотного агрегата в составе трактора «Беларус-1523» и четырехкорпусного навесного плуга ПЛН-4-35. Система управления задним навесным устройством содержит электрогидравлический регулятор EHR-5, контроллер и датчики фирмы «Bosch-Rexroth». Программа испытаний предусматривала осциллографирование рабочих процессов на пахоте в режиме силового регулирования. При этом регистрировались следующие параметры: давление в линии нагнетания насоса, перемещение поршня силового гидроцилиндра, заданный уровень тягового сопротивления, напряжения питания электромагнитов подъема и опускания регулятора и суммарный

выходной сигнал датчиков усилия. Для записи указанных параметров использовался мобильный аналогово-цифровой преобразователь «Spider-8» и тензометрический датчик давления типа «ДДТ-200», а также штатные датчики усилия и положения системы управления, подключенные к преобразователю с помощью коммутационного блока.

Эксперимент проводился в следующей последовательности: установка измерительной и регистрирующей аппаратуры на тракторе, выбор режима силового регулирования и требуемого тягового усилия с помощью пульта управления системы, подъем плуга в транспортное положение, заезд агрегата на соответствующей передаче на поле, включение режима автоматического регулирования и запись рабочих процессов в системе управления.

#### Анализ и обработка результатов экспериментальных данных.

Величина КПД процесса управления при силовом регулировании глубины пахоты определялась из анализа и статистической обработки результатов проведенного эксперимента (рис. 3).

В расчетах приняты следующие основные и производные размерности физических величин: перемещение  $x$ , м; время  $t$ , с; скорость  $v$ , м/с; поток  $Q$  и  $q$ , м<sup>3</sup>/с; площадь  $A$ , м<sup>2</sup>.

Исходные данные, приведенные при вычислениях, равны  $Q = 0,001$  и  $A = 0,013$ .

Используя цифровые реализации 3 в промежутки времени, соответствующие коррекциям  $x_A(t)$  положения навесного устройства в сторону его подъема согласно заданному уровню тягового сопротивления 5 и реализациям рабочих процессов 1, 2, 4 и 6, определяем скорость перемещения поршня гидроцилиндра по формуле:

$$v_A = \frac{dx_A}{dt}. \quad (1)$$

Расход рабочей жидкости, поступающей в силовой гидроцилиндр, находим как произведение площади его поршня  $A$  и скорости (1)

$$q_A = A v_A. \quad (2)$$

Величину потока рабочей жидкости, направляемой на слив, можно вычислить согласно балансу потоков рабочей жидкости на выходе линии нагнетания насоса постоянной подачи  $Q$  и на входе в силовой гидроцилиндр  $q_A$

$$q_T = Q - q_A. \quad (3)$$

Текущее значение КПД процесса управления для  $n$  коррекций положения навесного устройства соответствует безразмерному выражению с учетом разности (3)

$$\eta_{Vi} = 1 - \frac{q_T}{Q}. \quad (4)$$

На основании выполненных расчетов построена зависимость КПД процесса управления от последовательности коррекций подъема навесного устройства (рис. 4).

Для статистической оценки процесса управления определяем среднее значение КПД процесса управления и его среднее квадратичное отклонение по формулам:

$$\bar{\eta}_V = \frac{\sum \eta_{Vi}}{n}, \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\eta_{Vi} - \bar{\eta}_V)^2}{n}}. \quad (6)$$

Результаты вычислений по формулам (5) и (6)

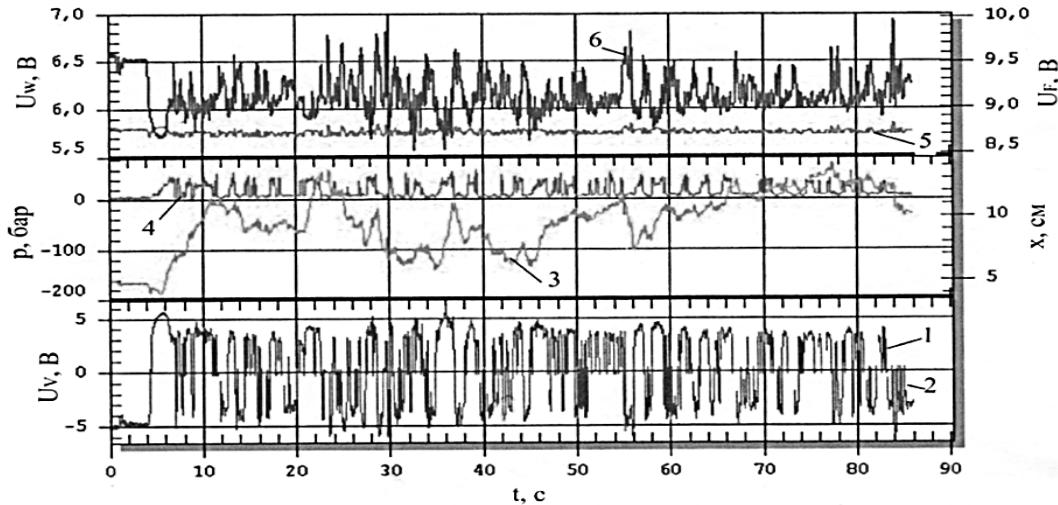
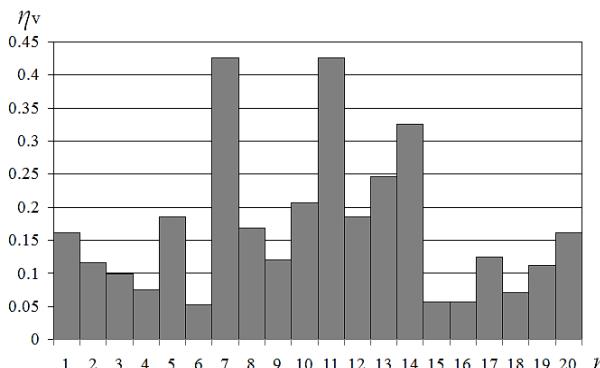


Рисунок 3. Экспериментальные реализации рабочих процессов пахотного агрегата при силовом регулировании глубины обработки почвы: 1 и 2 – напряжения питания электромагнитов подъема и опускания; 3 – перемещение поршня силового гидроцилиндра; 4 – давление в линии нагнетания насоса; 5 – заданный уровень тягового сопротивления; 6 – суммарный сигнал датчиков усилия



**Рисунок 4. Зависимость КПД процесса управления от последовательности коррекций подъема**

позволили получить для экспериментальной реализации процесса управления продолжительностью 90 с, следующие оценки энергетических характеристик:  $\bar{\eta}_v = 0,1688$  и  $\sigma = 0,1089$ . Указанные оценки отражают высокий уровень непроизводительных затрат мощности процесса управления навесным устройством трактора при стабилизации глубины пахоты.

Анализ формулы (4) показывает, что для объемного и релейного способов регулирования скорости исполнительного механизма, обеспечивающих  $q_1 \rightarrow 0$  и  $q_A \rightarrow Q$ , имеем значение КПД процесса управления  $\eta_v \rightarrow 1$  при минимальных энергетических потерях в электрогидравлическом приводе. Однако, обладая высоким быстродействием, релейные регуляторы требуют выполнения дополнительных условий для их устойчивого функционирования при заданных показателях качества переходного процесса.

*Рекомендации для снижения непроизводительных затрат мощности.*

Использование насосов переменной подачи из-за их относительно высокой стоимости технически и экономически целесообразно в системах управления энергонасыщенных тракторов с мощностью двигателя свыше 150 л. с.

Для реализации релейного способа регулирования требуется выполнить следующие условия:

- форсировать сигнал обратной связи по положению навесного устройства путем суммирования с дополнительной составляющей, пропорциональной первой производной от указанного сигнала;
- использовать алгоритм переключения электромагнитов регулятора, предусматривающий подключение в конце переходного процесса смену знака управляющего воздействия;
- применять в пилотных каскадах регулятора быстродействующие пьезокерамические актуаторы распределительными элементами.

### **Заключение**

Использование рациональных способов формирования регулирующего воздействия, обеспечивающих снижение энергетических затрат в процессе управления навесным устройством трактора при соблюдении заданных показателей качества, является

важной научно-технической проблемой. Соблюдение агротехнических требований при автоматическом регулировании глубины пахоты предполагает реализацию достаточно точного позиционирования навесного устройства трактора, что при дроссельном способе регулирования скорости исполнительного механизма электрогидравлического привода сопровождается непроизводительными затратами мощности.

Анализ и обработка результатов лабораторно-полевого эксперимента позволили определить для дроссельного способа регулирования скорости исполнительного механизма следующие оценки энергетических характеристик процесса управления: среднее значение КПД  $\bar{\eta}_v = 0,1688$  и среднее квадратичное отклонение  $\sigma = 0,1089$ . Указанные оценки отражают высокий уровень непроизводительных затрат мощности процесса управления навесным устройством трактора при стабилизации глубины пахоты.

Объемный и релейный способы регулирования скорости исполнительного механизма обеспечивают КПД процесса управления  $\eta_v \rightarrow 1$  при минимальных энергетических потерях в электрогидравлическом приводе. Однако, обладая высоким быстродействием, релейные регуляторы требуют выполнения дополнительных условий для их устойчивого функционирования при заданных показателях качества переходного процесса. Использование компонентов систем объемного регулирования предполагает их использование на энергонасыщенных тракторах ввиду высокой стоимости и повышенных требований к фильтрации рабочей жидкости.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Gotz, W. Electrohydraulic Proportional Valves and Closed Loop Control Valves / Gotz, W// Robert Bosch GbmH, Automation Technology. – 1989. – 149 p.
2. Горавский, С.Л. Повышение энергоэффективности работы сервоприводителя системы управления навесным устройством трактора / С.Л. Горавский // Энергетик и ТЭК, 2009. – № 1. – С. 7-9.
3. Кондаков, Л.А. Машиностроительный гидропривод /Л.А. Кондаков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 495 с.
4. Гидравлический привод: патент 17546 Респ. Беларусь, МПК F15B 11/00 / И.Н. Усс, Е.Я. Строк, Л.Д. Бельчик, В.Е. Борейшо; заявитель ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларусь». – № 20110909; заявл. 28.06.2011; опубл. 28.02.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэллектуал. уласнасці, 2013. – № 1.
5. Федюн, Р.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и дискретные системы автоматического управления: ч. 2 / Р.В. Федюн. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – 168 с.

**ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.09.2015**

УДК 631.15: 004.9

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОГРАММЕ БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ**

**Е.В. Галушко,**

доцент каф. прикладной информатики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

**Н.Г. Серебрякова,**

зав. каф. прикладной информатики БГАТУ, канд. пед. наук, доцент

**А.Г. Сеньков,**

доцент каф. автоматизированных систем управления производством БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

**А.М. Карпович,**

аспирант каф. прикладной информатики БГАТУ

**К.М. Шестаков,**

доцент каф. интеллектуальных систем БГУ, канд. техн. наук, доцент

*В статье представлен новый подход к организации балансирования рационов кормления животных в системах поддержки принятия решений, заключающийся в корректировке математической модели и разработке двухступенчатого алгоритма достижения баланса кормовой смеси.*

*The paper presents a new approach to balancing animals' feed rations in decision support systems is to adjust the mathematical models and the development of a two-step algorithm to achieve a balance of the feed mixture.*

### **Введение**

Работа высококвалифицированного специалиста в настоящее время немыслима без специализированных профессиональных программ поддержки его работы. Например, системы автоматического проектирования различного уровня на современном этапе развития приближаются по своим возможностям к специалистам-профессионалам. Все более широкое применение находят такие программы и в аграрном секторе экономики. Эти программные продукты, как правило, опираются на профессионально ориентированные базы данных и знаний. Лица же, принимающие решения на различных уровнях сельскохозяйственного производства, обращаются к базам данных и оценивающим ситуации алгоритмам только изредка, при решении конкретной задачи. Однако продвижение программных продуктов поддержки принятия решений в различные сферы работы управлеченческих кадров и ведущих специалистов идет непрерывно.

Разработка систем поддержки принятия решений (СППР) в последние годы успешно развивается и внедряется в сельскохозяйственные технологии. Знание и умение пользоваться его плодами становятся неотъемлемой частью нового облика специалиста во многих областях деятельности [1, 2].

СППР помогают:

- сформировать множество альтернативных вариантов решения;

- сформировать множество критериев оценки альтернатив;
- получить оценки альтернатив по критериям;
- выбрать лучшую альтернативу, которая и выдается системой в качестве рекомендации;
- оценить важность различных критериев;
- определить способ построения обобщенного критерия.

В простейшем случае, без использования критериев оценки альтернатив СППР должны помогать, как минимум:

- сформировать множество альтернативных вариантов решения,
- получить результаты сравнения альтернатив,
- определить лучшую альтернативу, которая и выдается системой в качестве рекомендации.

Предлагаемая вниманию статья посвящена структурным и алгоритмическим аспектам в системах принятия решений при формировании сбалансированных рационов кормления скота.

Целью данной работы является разработка алгоритма программы балансирования рационов, позволяющих рассчитать и оптимизировать количество суточного рациона кормления животных, его питательную ценность и содержание в нем микроэлементов в соответствии с установленными научно обоснованными нормами и с учетом веса животного и его планируемой продуктивности.

### **Основная часть**

#### **Применение технологии поддержки принятия решений в программе балансирования рационов**

Рассмотрим особенности таких программных продуктов на примере программ формирования рационов кормления животных. Математически задачи формирования оптимальных рационов кормления относятся к нечетким задачам и описываются в пространстве данных, знаний. Часть этих знаний, данных не четко определена и находится в исследовательской фазе [3, 4].

Целесообразность применения нечетких моделей в стадиях разработки продиктована частично следующими обстоятельствами:

- невозможностью точного измерения реальных величин;
- невозможностью полного и четкого описания некоторых технологических процессов, объектов и ситуаций;
- ненаблюдаемостью ряда характеристик этапов производственного цикла, требующих интуитивных оценок.

Пусть  $\vec{X} = (x_1, \dots, x_N)$  – заданное множество пространства событий,  $i = 1, \dots, N$  – номер оси,  $\vec{R} = (r_1, \dots, r_N)$  – описание пространства исходов,  $F(\vec{X})$  – профили (оболочки) нечетких множеств на пространстве  $\vec{X}$ . Функция принадлежности комбинации  $A$  относится к комбинации нескольких множеств, формируя  $\forall A = F(X)$ . Теоретически существует и дополнение  $A$ :  $A^c = A^c(x) = 1 - A(x)$ . Для предположения, имеющего только два возможных варианта, дополнение описывает альтернативное утверждение.

Степень нечеткости четкого множества описания объекта (например, предположение о влиянии на лактацию выбранного показателя корма) часто удобно задать численно. Она равна 0, если исследуемый объект не принадлежит этому множеству и =1 в противном случае. Степень нечеткости множества = [0.5] достигает максимального значения, поскольку в этом случае элемент с равной вероятностью может принадлежать множеству или не принадлежать. Очевидно, дополнение такого нечеткого множества  $A$  будет иметь ту же степень нечеткости. Размытость комбинаций характеризуется величинами энтропии, чаще приведенными к величинам математических ожиданий комбинаций  $\mu_A$ . В термодинамике, откуда заимствовано это понятие, энтропия связывается с вероятностью возникновения определенного расположения молекул. Энтропия показывает и величину разнообразия системы, где под разнообразием понимается степень неопределенности, возникающей при выборе из большого числа всевозможных вариантов. Л.

Больцман дал определение энтропии для тепловых процессов в 1877 году, а Клод Шеннон, спустя более половины столетия, показал, что формула Больцмана тождественна определению информационной энтропии, описывающей степень нечеткости в случайных данных. Очевидно, уменьшить ее можно только путем получения дополнительной информации.

Классическое определение энтропии:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i$$

где  $p_i$  – вероятность  $i$  исхода, а  $n$  – количество возможных состояний.

Тогда как в нечеткой логике оно усложняется, переходя к термину нечеткой энтропии, которая описывает и степень размытости нечеткого множества.

Если сумма энтропий нечетких положений относящихся к одному объекту (например, совокупности предположений о влиянии на лактацию конкретного показателя корма) равна единице, то будем иметь полную систему описания объекта. Тогда величина энтропии может быть использована как вероятность появления объекта в статистической смеси [5, 6], что существенно упрощает расчеты.

Деревья решений позволяют хранить информацию о данных и содержат описание объектов (прошедших сортировку по условиям). Применяют и достаточно устоявшийся графический вариант дерева решений [6].

В реальных задачах формирования рационов приходится смириться с существованием конечных величин неопределенностей, которые входят в состав стартовых моделей.

За основу стартовой модели приняты следующие предположения:

- Данные подготавливаются как в самой программе, так и могут быть получены и трансформированы в программу с распространенных текстовых, табличных, графических редакторов.

- Все данные строго регламентируются. Регламент данных доступен специалисту со средним профильным образованием.

- Доступ к модификации данных является открытый, специалисты обеспечивают локальность одинаковых по наименованию структур данных через разноименные папки, содержащие файлы.

- Ограничение доступа к папкам обеспечивается средствами операционной системы.

Наиболее приемлемым является формирование базы данных и знаний. Неизвестные данные определяются в стартовой модели растягиванием поверхностей данных через операции интерполяции и экстраполяции.

Таким образом, СППР формирования рационов должна обладать следующими возможностями:

- оперировать со слабоструктурированными решениями;

- быть гибкой и адаптироваться к изменениям в ситуации;
- быть простой в использовании и модификации;
- улучшать эффективность процесса принятия решений;
- позволять специалисту управлять процессом принятия решений;
- поддерживать моделирование;
- позволять использовать знания.

Обычно СППР делят на пассивные, активные и частично самостоятельные.

Пассивной СППР называется система, которая помогает процессу принятия решения, не выдвигая утверждений о превосходстве принимаемых решений.

Активная СППР выдвигает утверждения о превосходстве принимаемых решений.

Частично самостоятельные СППР позволяют изменять, пополнять или улучшать решения, внедряя изменения в систему.

На первом этапе желательно строить только пассивную СППР, но с возможностью ее дальнейшего совершенствования и развития.

В основу технологии разработки рекомендуется положить язык C++, как компромисс между строго объектно-ориентированным и процедурным подходом. Это позволяет увеличить объем наследования (заимствования), в том числе и из программных продуктов, разработанных участниками проекта разработки программы балансирования рационов [7, 8].

Оценку эффективности принятия решений в условиях неопределенности показателей питательной ценности кормов и их изменения с течением времени более правильно вести через аппарат теории рисков.

Риском обычно называются положительные последствия, не выбранного из общей совокупности распределения  $P_j \in P_{\Sigma}$ , которые являются альтернативой. Если множество результатов лежит во множестве вещественных чисел, то рисками являются распределения случайных величин, которые можно отождествлять с функциями распределения на вещественной прямой. Для этого оказывается более естественным использовать не отношение порядка, а отношение предпочтения, поскольку отдельные риски могут оказаться «эквивалентными», с точки зрения математического ожидания их величины и ее разброса.

Отношение предпочтения более гибко, чем «больше – меньше во столько то раз». На множестве R задано отношение предпочтения  $\prec$  или  $\succ$ , если это отношение обладает следующими свойствами:

- полноты: для произвольной пары  $\langle r_k, r_m \rangle \in R$   $k \neq m$  выполняются условия  $(r_k \prec r_m) \cap (r_k \succ r_m) = \emptyset$ ;
- транзитивности: если  $(r_k \prec r_m) \cup (r_m \prec r_l) = 1$ , то  $r_k \prec r_l$ ;

– эквивалентности  $r_m \sim r_m$ , если  $(r_k \prec r_m) \cup (r_m \prec r_k) = 1$ .

Отношения предпочтения определяются введением меры риска. Например, в программе балансирования рациона кормления мерой риска может быть на первом этапе среднесуточный удой коровы.

Риски могут быть и «неизвестными» – те, которые не идентифицированы и не могут быть хорошо спрогнозированы. Например, показатели здоровья животных. Их учет позволяет корректировать рационы.

Поддержка принятия решения в программе балансирования рационов выглядит как интегрирование знаний специалиста и минимизация затрат в допустимых рамках вариации выбранной модели кормления животных. Алгоритм такой программы будет включать следующие этапы:

1. На первом этапе, по выбранной группе показателей (необходимых) кормов обеспечивается минимизация их отклонений от рекомендуемых суточных норм кормления и формируемого рациона.

2. На втором – в процентном отношении (задаваемом специалистом) уменьшается объем рациона по всем типам корма (фиксированный рацион).

3. На третьем – определяется максимальный процент отставания по необходимым нормам показателей.

4. На четвертом – определяется номер показателя и наиболее дешевый вид корма, увеличивающий этот показатель.

5. На пятом – по выбранному виду корма происходит наращивание объема фиксированного рациона на 5-15 %.

6. Пункты 3...5 повторяются с новыми значениями вектора фиксированного рациона до достижения границ, рекомендуемых суточными нормами.

Рекомендуемые суточные нормы рассчитываются по базе данных с учетом состояния животных и планируемых надоев. Учитываются, как граничные, рекомендации по минимальной и максимальной дозе каждого вида корма. Количество отдельных кормов специалист может фиксировать. Корма выбираются только в подмножестве, заданном на первом этапе работы.

### **Двухступенчатый алгоритм достижения баланса кормовой смеси**

Нахождение минимума целевой функции в программах ППР (поддержки принятия решений) задача из множества многокритериальных задач – сложная, решаемая только с определенными допущениями и приближениями [6]. Составитель, используя двухступенчатый алгоритм, выполняет действия в два этапа. По результатам проведенного на первом этапе анализа подготавливаются точки финиша и старта. В дальнейшем при приближении к точке финиша учитываются и массивы ограничений на минимальное и максимальное значение части компонентов, а в отдель-

ных случаях и допущение ручной корректировки величин отдельных компонентов.

На первой стадии расчета первого этапа специалистом задаются исходные данные. В качестве исходных данных для расчета рациона коровы учитывается ее масса и удой: суточный – для лактирующих коров и прогнозируемый удой за лактацию – для сухостойных коров.

По известной массе коровы и значению удоя в соответствии с таблицей норм по питательным веществам рассчитываются нормы содержания основных питательных веществ в суточном рационе. Обозначим как вектор  $\vec{D} = (D_1, \dots, D_M) = \{D_j\}_{j=1, \dots, M}$  (кг, г, МДж) – требуемую норму суточного потребления коровой  $j$ -го питательного компонента, где  $M$  – количество учитываемых при оптимизации рациона питательных компонентов.

На второй стадии производится выбор кормов из отображаемого списка всех кормов, имеющихся в хозяйстве. Пусть специалистом-зоотехником выбрано  $N$  из имеющихся в хозяйстве кормов. Из выбранных  $N$  кормов необходимо составить такой рацион кормления, который должен удовлетворить потребности животного в  $M$  питательных компонентах в соответствии с требуемыми нормами.

Для математической формализации описанных требований для каждого из включенных в рацион кормов введем следующие обозначения:

$a_{ij}$  (кг/кг, г/кг, МДж/кг) – содержание  $j$ -го питательного компонента в 1 кг  $i$ -го корма ( $i = 1, \dots, N$ );

$c_i$  (руб.) – стоимость 1 кг  $i$ -го корма;

$x_i$  (кг) – искомое суточное потребление  $i$ -го корма.

Вектор  $\vec{R} = (\vec{R}_1, \dots, \vec{R}_M) = \{R_j\}_{j=1, \dots, M}$  – есть вектор содержания в рассчитываемом рационе каждого из  $M$  питательных компонентов, причем  $j$ -й элемент вектора  $R_j$  (кг, г, МДж) определяется следующим выражением:

$$R_j = \sum_{i=1}^N a_{ij} \cdot x_i. \quad (1)$$

Тогда относительное отклонение содержания в рационе  $j$ -го питательного компонента от суточной нормы его потребления есть разность, деленная на значение суточной нормы, и в векторной форме может быть выражена следующим образом:

$$\vec{\delta} = \left\{ \frac{D_j - R_j}{D_j} \right\}_{j=1, \dots, M}. \quad (2)$$

Таким образом, вектор  $\vec{\delta}$  (отн. ед.) есть вектор отклонений питательности рациона от нормы по отдельным питательным компонентам. Чем точнее питательность рациона будет соответствовать требуемым нормам, тем меньше должно быть значение

нормы вектора  $\vec{\delta}$ . Поэтому в качестве целевой функции предлагается использовать норму вектора  $\vec{\delta}$ , определяемую как взвешенная сумма модулей его элементов:

$$z(\vec{x}) = \|\vec{B} \cdot \vec{\delta}^T\| = \sum_{j=1}^M \left| B_j \cdot \frac{\left( \sum_{i=1}^N a_{ij} \cdot x_i - D_j \right)}{D_j} \right|, \quad (3)$$

где  $\vec{B} = \{B_j\}_{j=1, \dots, M}$ ,  $B_j \geq 0$ ,  $\sum_{j=1}^M B_j = 1$  – вектор нормировочных коэффициентов, значения которых имеют размерность относительных единиц и пропорциональны степени важности отклонений рациона от нормы по тому или иному питательному компоненту. Значения коэффициентов  $B_j$  определяются методом экспертных оценок.

Таким образом, математическая формулировка задачи оптимизации рациона имеет следующий вид:

$$\begin{cases} X_{\min i} \leq x_i \leq X_{\max i}, i = 1, \dots, N; \\ \sum_{i=1}^N a_{iCB} \cdot x_i \geq D_{CB}, \\ \sum_{i=1}^N a_{iO\Theta} \cdot x_i \geq D_{O\Theta}, \end{cases} \quad (4)$$

$$\min z(\vec{x}),$$

где  $X_{\min i}$ ,  $X_{\max i}$  (кг) – начальные ограничения на минимальное и максимальное значение массы  $i$ -го корма в суточном рационе, задаваемые при необходимости пользователем;

индексы «СВ», «ОЭ» – обозначают, соответственно, «сухое вещество» и «обменная энергия».

Приведенная математическая формулировка предполагает, что содержание в рационе сухого вещества и обменной энергии должно быть не меньше дневной нормы, а содержание остальных питательных компонентов будет стремиться к норме таким образом, что **сумма модулей** отклонений от нормы будет минимальна [7]. Решение данной задачи  $\vec{X}^* = (x_1^*, \dots, x_N^*)$  представляет собой рацион, сбалансированный по питательности, и является точкой финиша  $\vec{F} = (f_1, \dots, f_N)$ ,

$$\text{где } f_j = \left| B_j \cdot \frac{\left( \sum_{i=1}^N a_{ij} \cdot x_i^* - D_j \right)}{D_j} \right|, j = 1, \dots, M -$$

координаты точки финиша.

Таким образом, на первом этапе реализации алгоритма составитель выполняет следующие действия:

1. определяет набор кормов;
2. определяет по составу стада, планируемого удоя (по таблице норм) объем показателей контролируемой группы (воксель финиша);
3. решив задачу (4), находим точку финиша

$\vec{X}^* = (x_1^*, \dots, x_N^*)$  с координатами  $\vec{F} = (f_1, \dots, f_N)$  и соответствующее ей значение целевой функции (3):

$$z(\vec{X}^*) = \sum_{j=1}^M f_j;$$

4. уменьшается вес кормов на задаваемый коэффициент  $kz$  (отн.ед.):  $x_i^A = kz \cdot x_i^*$ , и, таким образом, уходим в точку старта  $\vec{X}^A = (x_1^A, \dots, x_N^A)$  (кг) с координатами  $\vec{A} = (a_1, \dots, a_N)$  (отн. ед.), где

$$a_j = \left| B_j \cdot \frac{\left( \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} \cdot x_i^A - D_j \right)}{D_j} \right|.$$

Точки  $A$ ,  $F$  (по сути, эллипсоиды) соединены «трубой», точнее каустикой» минимальных расстояний.

На втором этапе выполняем следующие действия:

1. Формируем матрицу величин стоимостных показателей  $i$ -го корма – безразмерных чисел, определяемых индексами осей пространства кормов  $i$  и

признаков  $j$  и равными  $p_{i,j} = \frac{w_i}{zen_i}$ ,

где  $zen_i$  (руб.) – стоимость  $i$ -го корма весом (объемом)  $w_i$  (кг), для которого в базе данных приведена и величина показателя  $j$ .

2. Определяем вектор максимальной доли отставания по отобранным показателям

$$I_{mx} = \max_j \left( \frac{f_j - a_j}{f_j} \right).$$

Таким образом, мы переходим в бесразмерное пространство приведенных к единице осей.

3. Номер показателя, соответствующий  $I_{mx}$ , определяем как рабочий номер показателя  $r$ . В целом наиболее правильно оставить несколько показателей, окончательный выбор которых осуществить в операции п. 5;

4. Определяем в матрице кормов, по минимуму стоимости показателя  $p_{j,r}$ , номер корма

$$i_o \in \min_i (p_{i,r});$$

5. В случае конкурирующих показателей  $i_o$  – несколько чисел, корм выбирается из максимумов по  $i \in mx$ , обеспечивающий минимум по наиболее достигнутому (близкому к насыщению) показателю.

6. Добавляем вектор добавки корма  $d_j \cdot \delta w_j$ , компенсируя долю отставания. Индекс весовой добавки  $\delta w_j$  определяет номер использования добавки  $j$  (в текущем цикле итерации равен 1). Если корм не использован в текущем цикле, его весовая добавка приравнивается нулю. Величины добавок сохраняются для корректировки набора кормов, в случае последующей замены, обычно это необходимо при нарушении граничных условий;

7. Предыдущие действия (п.2...п.6) приводят в новую стартовую точку  $A$ . Повторяем операции 2...6 до достижения минимума расстояния до точки  $F$ .

Поясним ограничения. Наименьшее расстояние в пространстве параметров принадлежит зоне, ограниченной «трубой» минимальных расстояний. Стремление к этой зоне алгоритму присуще. Чем меньше допустимое при-

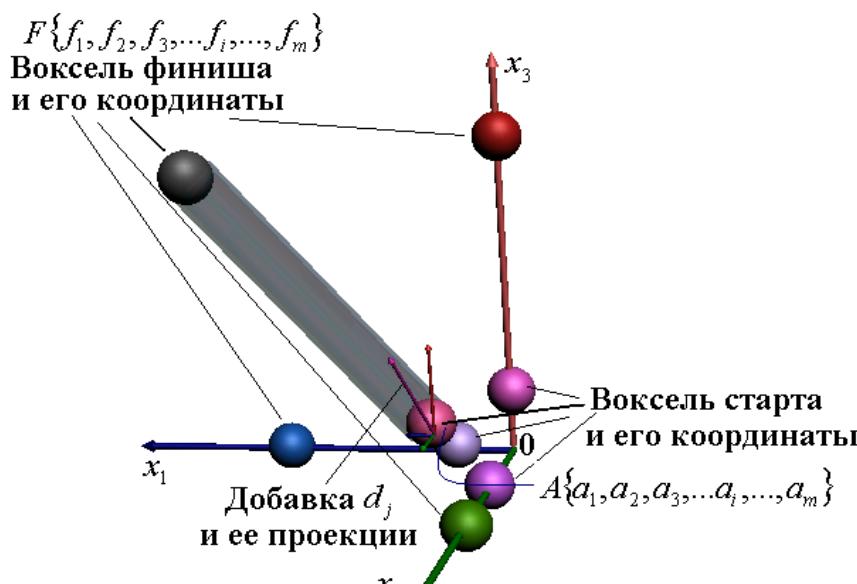


Рисунок 1. Трехмерная часть пространства существования набора кормов

рашение величины добавки, тем менее расстояние до трубы от текущей суммы векторов.

На рис. 2 показано движение в пространстве показателей. Из предыдущего следуют ограничения по каждой из осей пространства  $X \in \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_m\}$

$$\sum_z x_{i,d_j \cdot \delta w_j z} \leq x_{i,F} - x_{i,A},$$

где  $z = 1..Z$  номер цикла итерации.

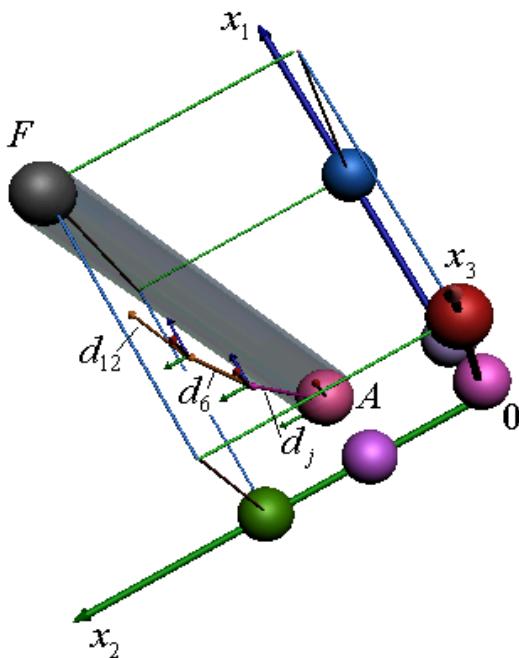


Рисунок 2. Движение в пространстве добавлением кормов

Имеются также и ограничения на минимальную и максимальную величину выдачи итоговой суммы объема каждого корма. За составителем рациона должно оставаться право фиксации объема того или иного типа корма.

### Выводы

Поддержка принятия решения в программах балансирования рационов с двухступенчатым алгоритмом оптимизации баланса кормовой смеси выглядит, как интегрирование знаний специалиста и минимизация затрат в допустимых рамках вариации выбранной модели кормления животных.

На первом этапе алгоритма, по выбранной группе показателей (необходимых) кормов обеспечивается минимизация отклонений рекомендуемых суточных норм кормления и формируемого рациона.

Далее в процентном отношении (задаваемым специалистом) уменьшается объем рациона по всем типам корма – фиксированный рацион.

Определяется максимальный процент отставания по необходимым нормам показателей.

По нему определяется номер показателя и наиболее дешевый вид корма, увеличивающий этот показатель.

По выбранному виду корма на 5-15% наращивается объем фиксированного рациона.

Пункты 3...5 повторяются с новыми значениями вектора фиксированного рациона до достижения границ рекомендуемых суточных норм.

Рекомендуемые суточные нормы рассчитываются по базе данных с учетом состояния животных и планируемых надоев. Учитываются, как граничные, рекомендации по минимальной и максимальной дозе каждого вида корма. Количество отдельных кормов специалист может фиксировать. Корма выбираются только в подмножестве, заданном на первом этапе работы.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рассел. Искусственный интеллект: современный подход / Рассел, Стюарт, Норвиг, Питер. – 2-е изд.; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
2. T. Wojciech, E.Galushko, O. Rolich, C. Kastukovich, K. Shestakov, A. Mirilenko. Optimization of process development and support of new machinery. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery «Motrol»- commission of motorization and energetics in agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, 2012, vol. 14, №5, p. 75-78.
3. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В.Н. Вагин [и др.]. – М.: Физматлит, 2004. – 712 с.
4. Лукьянов, П.Б. Оптимизация оперативных решений при управлении производством животноводческой продукции. Методическое обеспечение / П.Б. Лукьянов // Материалы 4-й междунар. науч.-практич. конф. «Информационные технологии, системы и приборы в АПК», Новосибирск, 14-15 октября 2009. – С. 32-34.
5. Шестаков, К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций / К.М. Шестаков. – Мн.: БГУ, 2005. – 184 с.
6. А. Шахиди, И. Андреев. Деревья решений [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/> description/. – Дата доступа: 01.03. 2011.
7. Программа интерактивного балансирования рационов молочного стада / Е.В. Галушко [и др.] // Электроника инфо, 2013. – № 7. – С. 36-39.
8. Галушко, Е.В. Программа балансирования рационов на основе экспресс-оценки энергетической питательности кормов для молочного стада / Е.В. Галушко, А.Г. Сеньков, К.М. Шестаков, Н.Ф. Бондарь, А.И. Саханчук. – Свидетельство о регистрации компьютерной программы № 644 от 07.03.2014.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.06.2015

# АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И.А. Царук,

доцент каф. учета, анализа и аудита БГАТУ, канд. с.-х. наук

*Представлены результаты систематизации и анализа основных агрохимических показателей деградированных торфяных почв Брестской области по результатам последних туров крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель. Установлено, что площади деградированных торфяных почв в области между турами их обследования увеличились на 6,81 тыс. га и составляют 89,16 тыс. га. Из их числа 74 % площадей занимают минеральные остаточно торфяные и 26 % торфяно-минеральные почвы. В известковании нуждаются 15 % площадей кислых минеральных остаточно торфяных почвы и 20 % площадей кислых торфяно-минеральных почв. Запасы подвижных форм фосфора и калия в пахотном слое данных почв изменяются в пределах 130-1094 кг/га и 241-732 кг/га соответственно.*

*The results of ordering and analysis basic agrochemical parameters of destroyed peat soils of the Brest area by results of last rounds of large-scale agrochemical inspection of agricultural grounds are submitted. It is established, that the areas of destroyed peat soils in area between rounds of their inspection have increased on 6,81 thousand ha and make 89,16 thousand ha. From their number 74 % of the areas occupy mineral residual peat and 26 % of peat-mineral soils. 15 % of the areas of sour mineral residual peat of soils and 20 % of the areas sour peat-mineral soils require liming. The stocks of the mobile forms of phosphorus and potassium in arable layer of these soils change within the limits of 130-1094 kg /ha and 241-732 kg / ha accordingly.*

## Введение

Будучи высоко плодородными почвами республики, осушенные торфяники в результате интенсификации их использования, испытывали возрастающее антропогенное воздействие на основные параметры их плодородия, которое проявлялось в утрате их особого природного свойства – буферности.

Природные условия в сочетании с антропогенным воздействием определяют интенсивность и направленность почвообразования, а также степень развития деградации торфяных почв. В зависимости от сочетания природных и антропогенных факторов меняются формы и масштабы деградации торфяников.

После вовлечения в пашню осущененных торфяников происходит уменьшение органогенного слоя, появляются деградированные торфяные почвы, пахотный слой которых залегает непосредственно на остаточно оглеенной минеральной подстилающей породе преимущественно песчаного гранулометрического состава и содержит менее 50 % органического вещества [1, 2].

К деградированным торфяным почвам относятся почвы со слоем торфа менее 0,3 м и содержанием органического вещества (ОВ) менее 50 %. По данным Комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии, в Республике Беларусь для нужд сельского хозяйства было осушено 1085,2 тыс. га торфяных почв. К настоящему времени деградировало

190,3 тыс. га торфяных почв, а слой торфа полностью разрушен на 18,2 тыс. га. Ежегодный дефицит баланса органического вещества в торфяных почвах под пропашными культурами составляет – 8,2-11,4 т/га, под зерновыми – 4,9-7,1 т/га, многолетними травами – 2,9-4,3 т/га. [3-5].

Начиная с 2005 года, проводится обследование и картирование деградированных торфяных почв республики на уровне трех подтипов, которые различаются содержанием органического вещества. Деградированные торфяно-минеральные почвы содержат 20,1-50,0 % органического вещества, деградированные минеральные остаточно торфяные – 5,1-20,0 % и деградированные минеральные постторфяные почвы – менее 5,0 %. На почвах первых двух подтипов применяются те же градации по кислотности, содержанию макро- и микроэлементов, что и для торфяных почв, на минеральных постторфяных почвах – градации для минеральных почв. Отличительной особенностью данных почв при сильной трансформации является пестрота участка, которая может включать все разновидности [6].

Ведение земледелия на деградированных торфяных почвах направлено на повышение их плодородия. Основными приемами повышения их производительной способности является оптимизация реакции кислотности почвенной среды и обеспеченности пахотного слоя подвижными формами фосфора и калия

за счет применения известковых мелиорантов и минеральных удобрений. Для аграрной экономики проблема рационального использования данных почв имеет ключевое значение, особенно для регионов с их преобладанием, которым является Брестская область. По результатам агрохимического обследования сельскохозяйственных земель за период 2007-2010 гг., в составе сельскохозяйственных земель Брестской области (1147,5 тыс. га) деградированные торфяные почвы занимали около 8,0 % [7-9].

Анализ литературных источников указывает на недостаточность исследований агрохимических показателей деградированных торфянников в современных условиях хозяйствования. Учитывая важную экологическую роль указанных почв в природе, неустойчивость их свойств при сельскохозяйственном использовании, различия гидроморфизма и зольности, требуется изучение закономерностей современного состояния их плодородия, установление диапазона и взаимосвязи некоторых агрохимических показателей.

Цель данного исследования состояла в проведении систематизации и анализа показателей агрохимических свойств деградированных торфяных почв Брестской области в условиях интенсификации их сельскохозяйственного использования по результатам последних туроров крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель.

### Основная часть

Проведена систематизация и анализ основных агрохимических показателей (обменной кислотности, содержания подвижных форм фосфора и калия) деградированных торфяных почв по результатам 11 (2005-2008 гг.) и 12 (2009-2012 гг.) туроров крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель Брестской области. Группировка осуществлена по уровням обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) с учетом содержания в деградированных торфяных почвах органического вещества (минеральные остаточно торфяные с содержанием менее 20 % органического вещества и торфяно-минеральные с содержанием 20-50 % органического вещества). Поскольку природная неоднородность деградированных торфяных почв существенно отличает их, как от торфяных, так и от минеральных почв, то для оценки уровня их

плодородия применены оптимальные значения по кислотности ( $pH_{KCl}$ ), содержанию подвижных форм фосфора и калия, которые приняты для торфяных ( $pH 5,0-5,3$ , 600-1000 мг/кг  $P_2O_5$  и 600-800 мг/кг  $K_2O$ ) и минеральных почв ( $pH 5,5-6,2$ , 160-250 мг/кг  $P_2O_5$  и 140-240 мг/кг  $K_2O$ ). Указанные значения оптимальных агрохимических свойств почв обеспечивают получение экономически обоснованных урожаев с хорошим качеством растениеводческой продукции [6].

Для сопоставления результатов по обеспеченности различных по плотности сложения типов почв основными элементами питания, содержание в них подвижных форм фосфора и калия, которое выражено в мг/кг почвы, пересчитано в запасы данных элементов в пахотном слое (0-25 см) с учетом средней плотности их сложения:

- торфяных – 0,25 г/см<sup>3</sup>;
- минеральных – 1,3 г/см<sup>3</sup>;
- деградированных минеральных остаточно торфяных – 0,95 г/см<sup>3</sup>;
- деградированных торфяно-минеральных – 0,61 г/см<sup>3</sup>.

Площади деградированных торфяных почв между 11 и 12 турорами обследования увеличились с 82,35 до 89,16 тыс. га (на 6,81 тыс. га) (табл. 1).

В структуре деградированных торфяных почв области преобладают минеральные остаточно торфяные (ОВ менее 20 %), которые составляют 74 % площадей, а остальные 26 % приходятся на торфяно-минеральные почвы (ОВ 20-50 %). При этом более половины данных почв находится под сенокосами и пастбищами – 62 % и 65 % соответственно, а остальные 35 % и 38 % площадей – под пашней.

Установлено, что на период до 2017 г. по Брестской области из общего количества сельскохозяйственных земель (1150,9 тыс. га) в известковании нуждаются 24,7 % кислых почв, что ежегодно составляет около 65 тыс. га, в том числе 44 тыс. га пашни и 21 тыс. га сенокосов и пастбищ.

В настоящее время деградированные торфяно-минеральные (ОВ 20-50 %) и минеральные остаточно торфяные почвы (ОВ 5,1-20 %) известковаются так же, как и торфяные почвы, хотя по отдельным показателям уже приближаются к минеральным почвам.

Анализ кислотности деградированных торфяных

**Таблица 1. Распределение площадей деградированных торфяных почв Брестской области по видам угодий и в зависимости от содержания органического вещества**

Всего, га	минеральные остаточно торфяные (ОВ менее 20 %)		торфяно-минеральные (ОВ 20-50 %)	
	Пашня, га	Сенокосы, га	Пашня, га	Сенокосы, га
11 тур (2005-2009 гг.)				
82 352,6	52 342,4 (64 %)		30 010,2 (36 %)	
	23 380,5 (45 %)	28 961,9 (55 %)	9 520,5 (32%)	20 489,7 (68 %)
12 тур (2009-2012 гг.)				
89 157,3	65 736,6 (74 %)		23 420,7 (26%)	
	24 881,0 (38%)	40 855,6 (62%)	8 221,5 (35%)	15 199,2 (65%)

почв Брестской области по результатам 11 и 12 туров обследования показал, что в известковании нуждалось соответственно 18 % и 15 % площадей с кислой реакцией среды (рН менее 5,0) минеральных остаточно торфяных почв (ОВ менее 20 %) и 23 % и 20 % торфяно-минеральных почв (ОВ 20-50 %) (табл. 2).

По указанным туром обследования слабокислую и близкую к нейтральной реакцию среды (рН 5,01-6,0) имели соответственно 69 % и 63 % минеральных остаточно торфяных почв и 43 % и 37 % торфяно-минеральных почв.

Оценку обеспеченности деградированных торфяных почв подвижными формами фосфора и калия проводили по оптимальным значениям запасов в пахотном слое, рассчитанным для торфяных (375-625 кг/га Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 375-500 кг/га K<sub>2</sub>O) и минеральных почв (520-813 кг/га Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 455-780 кг/га K<sub>2</sub>O).

Сравнение запасов подвижных форм фосфора в деградированных торфяных почвах пашни, сенокосов и пастищ по туре обследования показало, что они в значительной мере определяются содержанием органического вещества (рис. 1, 2).

Так, в торфяно-минеральных почвах (ОВ 20-50 %) пашни запасы фосфора по уровням кислотности почвы в 11 туре обследования составляли 546-739 кг/га и 464-1094 кг/га в 12 туре, что в основном соответствует оптимальным интервалам значений запасов как в торфяных (375-625 кг/га), так и в минеральных почвах (520-813 кг/га). Запасы подвижного фосфора в почвах сенокосов и пастищ существенно не отличались от запасов на пашне, и по уровням кислотности почв в 11 туре обследования изменялись в широких пределах – 458-1053 кг/га и 520-1067 кг/га в 12 туре.

При этом в минеральных остаточно торфяных почвах пашни запасы подвижного фосфора по уровням кислотности были менее значительными и в 11 туре обследования изменились в диапазоне 195-563 кг/га, а в 12 туре составляли 233-337 кг/га, достигая нижних границ оптимальных значений запасов в минеральных почвах – 520-813 кг/га. На аналогичных почвах под сенокосами и пастищами запасы фосфора в 11 туре обследования изменились в пределах 130-593 кг/га, а в 12 туре – 150-273 кг/га (рис. 2).

Снижение содержания запасов фосфора в почве в первую очередь связано с недостаточным внесением фосфорных удобрений в предшествующий период.

По данным Национального статистического комитета, уровень внесения фосфорных удобрений на сельскохозяйственные угодья Брестской области в 2001-2005 годах составлял только 11 кг/га д.в., увеличившись после 2006 года до 30 кг/га д. в.

Следует отметить, что по мере снижения кислотности почвенной среды (роста значений рН) происходит увеличение запасов подвижного фосфора почвы, что в основном связано с положительным влиянием извести на подвижность фосфатов. При этом в отличие от торфяно-минеральных в минеральных остаточно торфяных почвах (ОВ менее 20 %) наибольшие запасы подвижного фосфора отмечаются при рН 6,0-6,5, а с ростом рН выше 6,5 происходит их снижение. Запасы подвижного калия в деградированных торфяных почвах также зависят от содержания органического вещества и реакции кислотности почвенной среды, но уже в значительно меньшей степени, чем подвижного фосфора (рис. 3, 4).

Ранее установлено, что исходные валовые запасы природного калия в торфяных почвах незначительные – 60-434 кг/га в слое 0-20 см и 128-786 кг/га в слое 0-60 см. Истощение данных запасов почв происходит с выносом 2-3 урожаев, далее возникает потребность в применении калийных удобрений.

Результаты данных исследований показали, что в торфяно-минеральных почвах (ОВ 20-50%) пашни запасы подвижного калия в пахотном слое по уровням кислотности в 11 туре обследования составляли 384-625 кг/га и 241-732 кг/га в 12 туре, что в основном соответствует оптимальным интервалам значений запасов калия в торфяных (375-500 кг/га) и минеральных (455-780 кг/га) почвах. В почвах сенокосов и пастищ запасы элемента в 11 туре обследования составляли 349-471 кг/га и 395-601 кг/га в 12 туре (рис. 4).

В минеральных остаточно торфяных почвах (ОВ менее 20 %) пашни запасы калия по уровням кислотности изменились в 11 туре обследования в пределах 311-534 кг/га и составляли в 12 туре 453-482 кг/га, соответствуя в основном интервалам оптимальных значений запасов для торфяных почв – 375-500 кг/га. В почвах сенокосов и пастищ запасы подвижного калия были несколько ниже и в 11 туре обследования составляли 290-460 кг/га и 311-382 кг/га спустя 4 года.

**Таблица 2. Распределение площадей деградированных торфяных почв Брестской области по уровням кислотности**

Туры обследования	Площади почв, %			
	минеральные остаточно торфяные (ОВ менее 20 %)		торфяно-минеральные (ОВ 20-50 %)	
	pH менее 5,0	оптимально pH 5,01-6,0	pH менее 5,0	оптимально pH 5,01-6,0
2005-2009 гг.	18	69	23	43
2009-2012 гг.	15	63	20	37

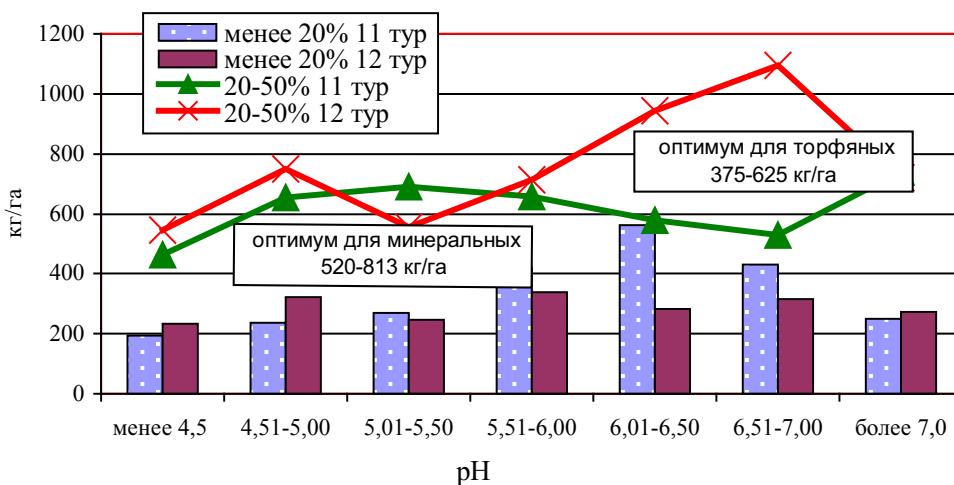


Рисунок 1. Изменение содержания запасов подвижного фосфора в деградированных торфяных почвах Брестской области в зависимости от содержания органического вещества и по уровням кислотности в 11 и 12 турах агрохимического обследования (пашня)

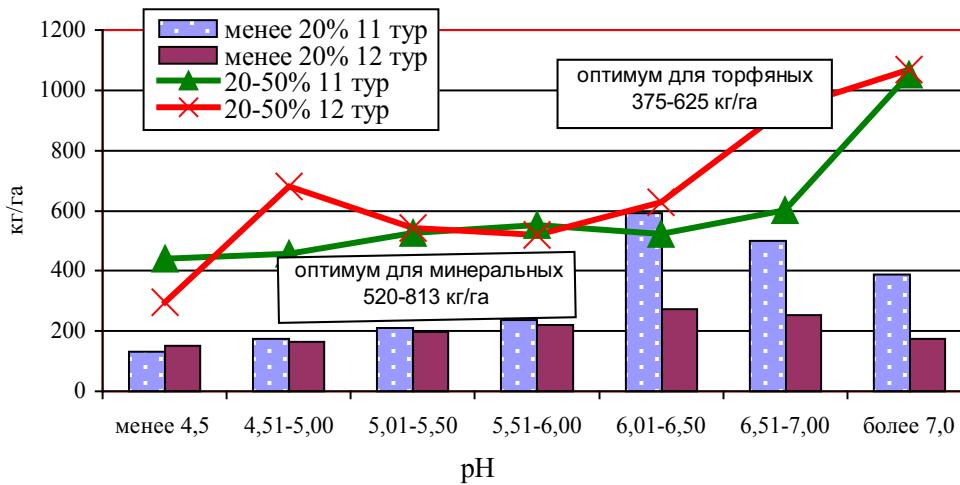


Рисунок 2. Изменение содержания запасов подвижного фосфора в деградированных торфяных почвах Брестской области в зависимости от содержания органического вещества и по уровням кислотности в 11 и 12 турах агрохимического обследования (сенохозяйство и пастбища)

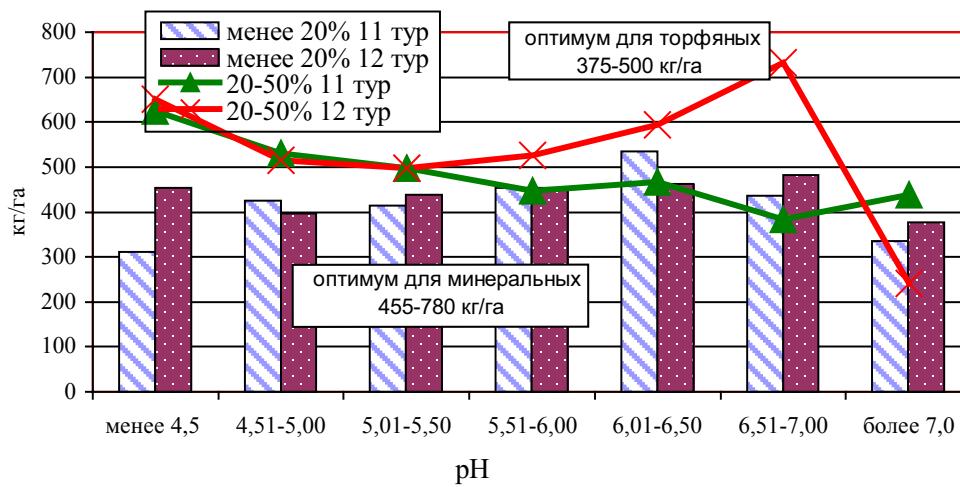


Рисунок 3. Изменение содержания запасов подвижного калия в деградированных торфяных почвах Брестской области в зависимости от содержания органического вещества и по уровням кислотности в 11 и 12 турах агрохимического обследования (пашня)

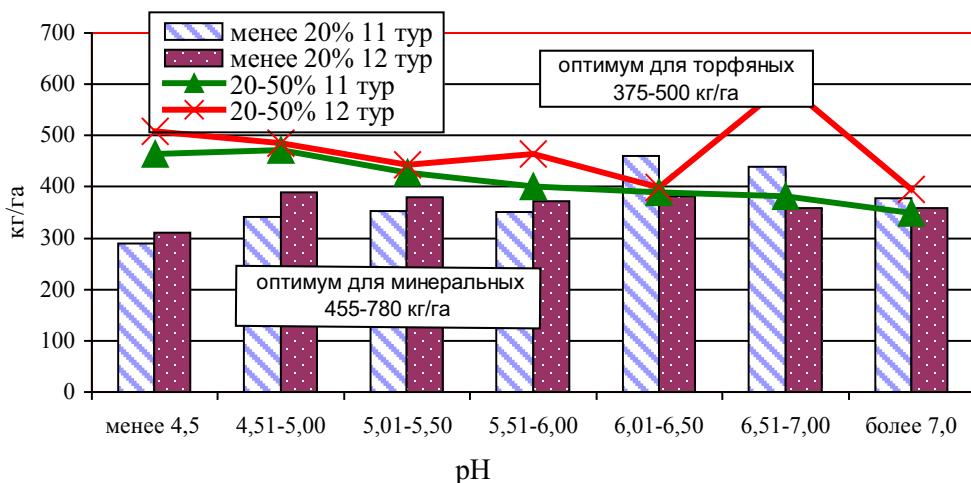


Рисунок 4. Изменение содержания запасов подвижного калия в деградированных торфяных почвах Брестской области в зависимости от содержания органического вещества и по уровням кислотности в 11 и 12 турах агрохимического обследования (сенохосы и пастбища)

### Заключение

1. Площади антропогенно-преобразованных деградированных торфяных почв Брестской области между двумя последними турами крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель увеличились на 6,81 тыс. га и составили 89,16 тыс. га. (60 % площадей находилось под сенокосами и пастбищами, менее 40% – под пашней). В общем количестве данных почв области преобладают минеральные остаточно торфяные (ОВ менее 20 %), занимающие 74 % площадей, а 26 % приходилось на торфяно-минеральные почвы (ОВ 20-50%).

2. Уровень агрохимических свойств деградированных торфяников в первую очередь определяется содержанием в них органического вещества. По мере уменьшения органогенного слоя агрохимические свойства деградированных торфяников ухудшаются. Между содержанием органического вещества в почвах, азотом, калием установлены тесные связи. Содержание в минеральных остаточно торфяных почвах (ОВ менее 20 %) подвижных форм фосфора и калия ниже оптимальных концентраций данных элементов.

3. Анализ кислотности деградированных торфяных почв в 11 и 12 турах обследования показал, что 43 % площадей данных почв переизвестковано и имеет близкую к нейтральной и нейтральную реакцию среды ( $pH_{KCl}$  более 6,0), при принятых оптимальных значениях для деградированных торфяных почв  $pH_{KCl}$  5,0-5,3.

4. В целом проведенный анализ указывает на недостаточность исследований агрохимических показателей деградированных торфяников в современных условиях хозяйствования. По агрохимическим показателям, минеральные остаточно торфяные почвы (ОВ менее 20 %) значительно отличаются от торфяных и минеральных почв. Учитывая важную экологическую роль указанных почв в природе, неустойчивость их свойств при сельскохозяйственном исполь-

зовании, требуется изучение закономерностей, установление диапазона и взаимосвязи их агрохимических показателей, разработка рекомендаций по научно обоснованному применению удобрений и известкованию данных почв в современных условиях.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Смеян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон. – РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2007. – 220 с.
- Совершенствование шкалы оценочных баллов почв для очередного тура кадастровой оценки земель в Беларуси / Л.И. Шибут [и др.] // Почвоведение и агрохимия, 2008. – №2 (41). – С. 17-24.
- Бамбалов, Н.Н. Границная величина содержания органического вещества в торфяных и деградированных торфяных почвах / Н.Н. Бамбалов // Инновационные технологии в мелиорации в с/х использовании мелиорированных земель: тезисы докл. межд. науч.-практич. конф., посв. 100-летию со дня рожд. акад. С.Т. Скоропанова, г. Минск, 15-17 сент. 2010 г. / РУП «Институт мелиорации». – Минск, 2010. – С. 19-23.
- Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии. – Минск, 2001. – 182 с.
- Цытрон, Г.С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2004. – 124 с.
- Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И.М. Богдевич и [др.]; под ред. акад. И.М. Богдевича / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2012. – 48 с.

7. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2012. – 276 с.

8. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель / В.В. Лапа [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». –

Минск, 2008. – 30 с.

9. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011 -2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; под ред. В.Г. Гусакова. – НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 106 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.07.2015

УДК 664.734 : 519.2

## **ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА И ИХ АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО- МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

**Е.М. Бурлуцкий,**

*доцент каф. ремонта машин Оренбургского гос. аграрного университета, канд. техн. наук, доцент*

**В.Д. Павлидис,**

*профессор каф. информатики и прикладной математики Оренбургского гос. аграрного университета,  
докт. пед. наук, профессор*

**М.В. Чкалова,**

*доцент каф. математики и теоретической механики Оренбургского гос. аграрного университета,  
канд. техн. наук, доцент*

*В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований технологического процесса дробления, которые доказывают возможность повышения эффективности процесса посредством выравнивания характеристик воздушно-продуктового слоя (ВПС). Разработаны рекомендации по усовершенствованию конструкции рабочей камеры молотковой дробилки закрытого типа, которые способствуют выравниванию характеристик ВПС по всему периметру рабочей камеры и «размывают» границы условных зон.*

*The results of theoretical and experimental studies of the crushing process, which prove the possibility of increasing the efficiency of the process by aligning the characteristics of the air-layer product (UPU) are presented in the article. Recommendations for improving the design of the working chamber of a hammer mill closed type are developed, which contribute to the equalization characteristics of the UPU around the perimeter of the working chamber and the "blurring" the boundaries of conventional zones.*

### **Введение**

Теоретические и экспериментальные исследования авторов подтвердили наличие внутри рабочей камеры молотковой дробилки закрытого типа условных зон относительной стабильности характеристик ВПС и позволили уточнить границы этих зон [1-4]. В каждой зоне были установлены датчики, воспринимающие физическое воздействие ВПС. С помощью программы «Электронный осциллограф» и авторских методик их показания были оцифрованы и представлены в виде числовых таблиц.

Целью данной статьи является доказательство того факта, что любые конструктивно-технологические изменения, приводящие к «размыванию» границ между условными зонами, будут способствовать выравниванию характеристик ВПС по периметру рабочей камеры

и, как следствие, улучшению качества выходного продукта. Таких изменений можно ожидать за счет уменьшения доли «погибших» (просеянных через решето и переизмельченных) частиц и повышения интенсивности процесса размножения (дробления).

### **Основная часть**

Авторами предложено несколько вариантов усовершенствования конструкции рабочей камеры молотковой дробилки, достаточно простых в изготовлении и не требующих значительных материальных затрат, подтвержденных патентами РФ [5-7]. Эти варианты были практически реализованы в ходе производственных испытаний в ООО (СПХ) «Родина» Александровского района Оренбургской области.

Результаты математической обработки показаний датчиков позволили получить «массовый со-

став» ВПС (соотношение целых, раздробленных до нужной степени и переизмельченных частиц зерна в каждой условной зоне) после усовершенствования рабочей камеры.

Круговые диаграммы (рис. 1), построенные по результатам анализа, показывают изменение вклада каждого вида частиц в процентное соотношение по зонам. Такие соотношения видов частиц по условным зонам остаются, примерно, постоянными при многочтной циркуляции ВПС и работе дробилки в установившемся режиме.

Проанализировать состояние ВПС до и после конструктивных решений и оценить полученные изменения позволяют гистограммы процентных соотношений видов частиц по условным зонам, показанные на рис. 2.

То же позволяют сделать эпюры моделирования интенсивности процессов размножения (дробления) и гибели (уход через решето, переизмельчение).

Таким образом, конструктивные решения авторов изменили интенсивности процессов «размножения» и «гибели» частиц ВПС (рис. 3, 4), что привело к определенному выравниванию характеристик слоя по всему периметру дробильной камеры.

Зоотехнические условия, предъявляемые к измельченным кормам, рекомендуют иметь однородную массу корма, что создает хорошие предпосылки для одинакового усвоения животными всех частей корма. В измельченном корме должно быть как можно меньше пылевидных фракций (размер частиц менее 0,25 мм) [8]. Скармливание животным переизмельченного продукта снижает прирост живой массы, влияет на пищеварение, так как животное проглатывает корм без пережевывания. Значительные потери в приросте живой массы наблюдаются при скармливании измельченного зерна, имеющего в большом количестве одновременно сравнительно мелкие и крупные частицы [9].

Получение корма с более высокой равномерностью измельчения, имеющего узкие границы размеров частиц, соответствующих по гранулометрическому составу физиологии определенных групп сельскохозяйственных животных и птиц, являлось одной из целей проведенных исследований.

Требования тонкого помола соблюдаются для телят в возрасте до 6 месяцев, поросят-отъемышей, молодняка свиней, молодняка птицы, кур-несушек и взрослых уток (при кормлении влажными мешанками) [10, 11].

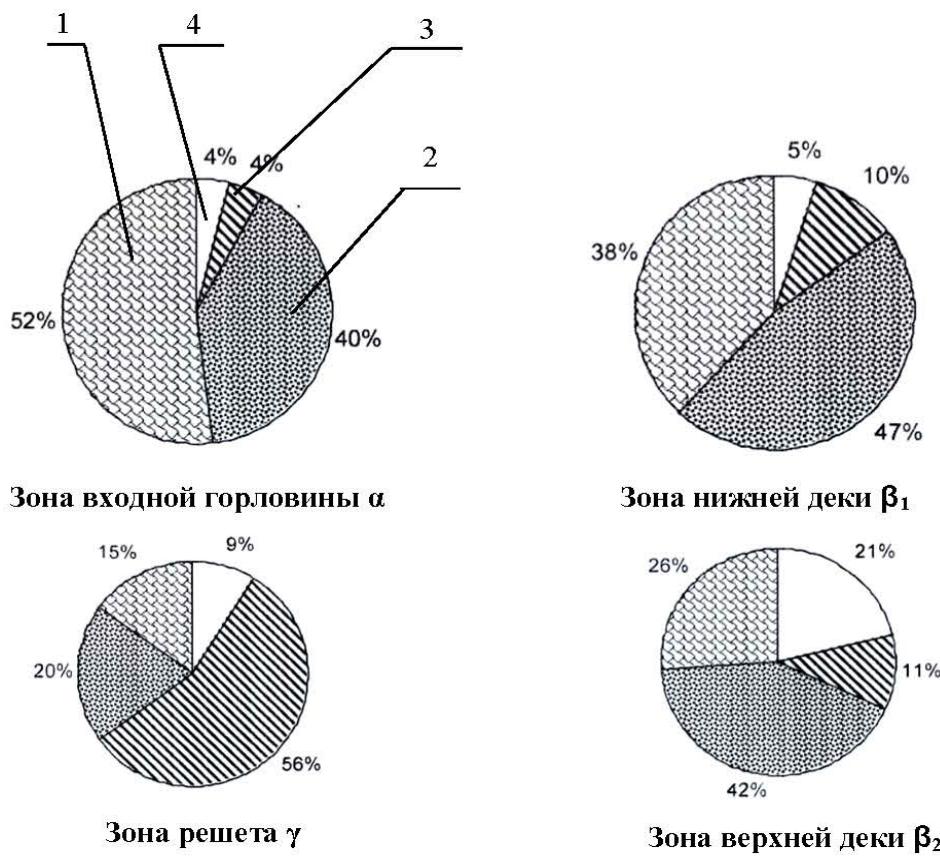


Рисунок. 1. Круговые диаграммы процентных соотношений видов частиц по условным зонам (оптимальная загрузка): 1 – целые зерновки; 2 – размножающиеся; 3 – погибшие (готовый продукт); 4 – погибшие (переизмельченные)

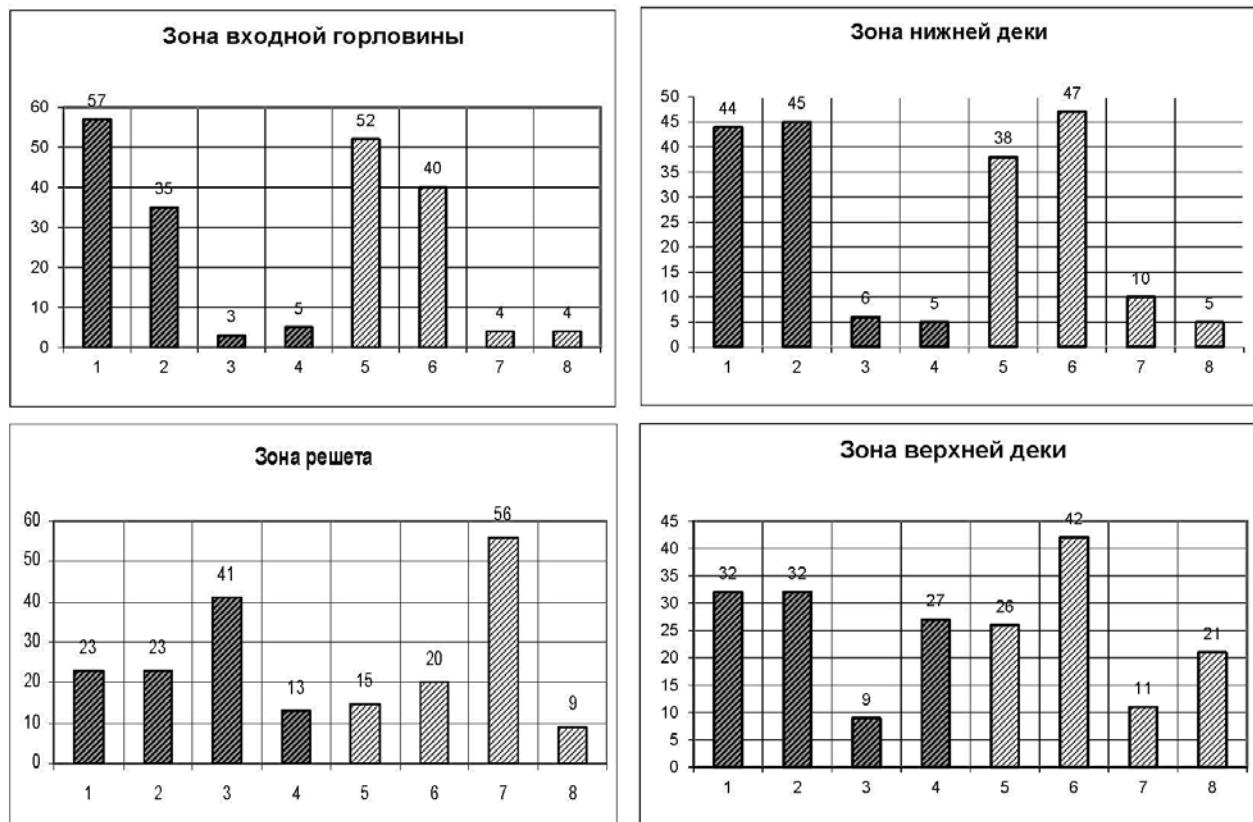


Рисунок 2. Гистограммы процентных соотношений видов частиц по условным зонам (оптимальная загрузка дробильной камеры): – до изменений конструкции; – после изменений конструкции; 1,5 – целые зерновки; 2,6 – размножающиеся; 3,7 – погибшие (готовый продукт); 4,8 – погибшие (переизмельченные)

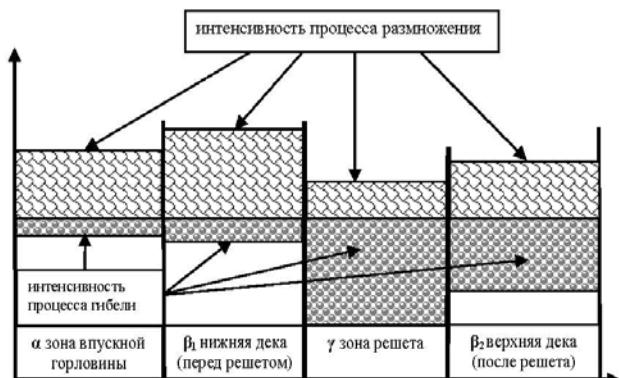


Рисунок 3. Эпюры моделирования интенсивности процессов «размножения» и «гибели» частиц ВПС до конструктивных изменений

Гранулометрический состав измельченного корыто до и после конструктивных изменений рабочей камеры дробилки определялся методом ситового анализа [8, 9]. Выемки для проведения анализа отбирались щупом из каждого второго расширенного мешка с измельченным зерном в трех местах: вверху, в середине и внизу и затемсыпались в тару. Полученный образец весил не более 2 кг и, следовательно, мог являться средним образцом.

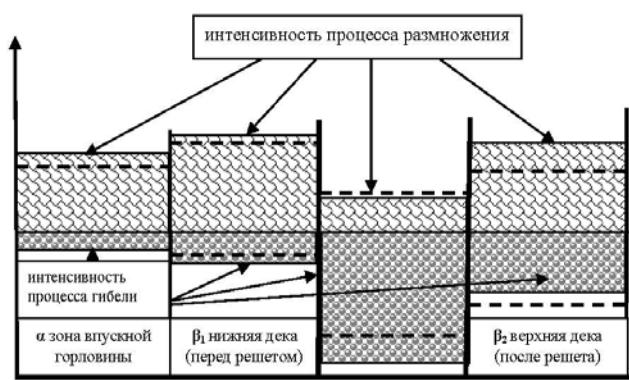


Рисунок 4. Эпюры моделирования интенсивности процессов «размножения» и «гибели» частиц ВПС после конструктивных изменений (пунктирная линия показывает исходную интенсивность процессов)

Навеска в 100 г ячменной дерти (часть среднего образца) просеивалась через набор штампованных сит с круглыми отверстиями диаметром 4, 3, 2, 1 и 0,2 мм, установленных в пакет сверху вниз (от крупных отверстий к мелким) в классификаторе И.В. Макарова, в течение 10 минут. По окончании рассева определялась масса остатков на всех ситах и сборном дне взвешиванием на технических весах с точностью до 0,01 г. Потери при рассеве в сериях испытаний не

превышали 1...2 % и при обработке распределялись пропорционально выходам каждой фракции [8].

Для дальнейшей обработки результатов ситового анализа были составлены статистические ряды распределения массы измельченных частиц по фракциям (табл. 1, 2). Границы фракций определялись диамет-

**Таблица 1. Гранулометрический состав измельченного корма до конструктивных изменений рабочей камеры дробилки**

Границы фракций, мм	0...0,2	0,2...1	1...2	2...3	3...4
Масса фракций*, %	16,8	55,4	20,7	4,6	2,5
Модуль помола, мм			0,862		

\*- среднеарифметическое значение по результатам серий испытаний

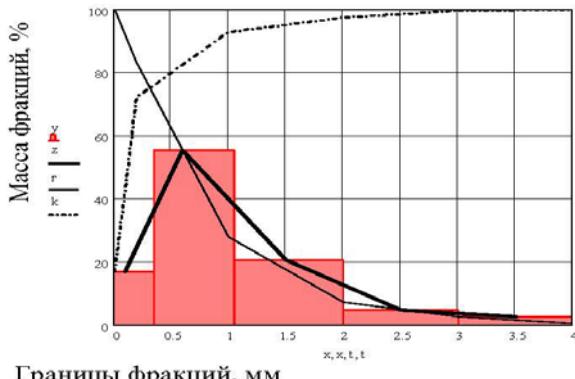
**Таблица 2. Гранулометрический состав измельченного корма после конструктивных изменений рабочей камеры дробилки**

Границы фракций, мм	0...0,2	0,2...1	1...2	2...3	3...4
Масса фракций*, %	13,5	60,2	24,1	1,3	0,9
Модуль помола, мм			0,822		

\*- среднеарифметическое значение по результатам серий испытаний

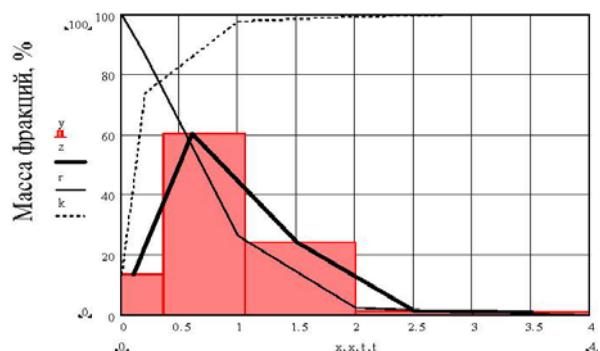
рами отверстий смежных сит.

Графические изображения полученных статистических рядов (помольные характеристики) представлены на рис. 5, 6.



**Рисунок 5. Опытные характеристики до конструктивных изменений: у – гистограмма; Z – полигон; r – суммарная «по плюсу»; k – суммарная «по минусу»**

Для оценки измельченного корма по однородности состава (табл. 3) рассчитывали среднеквадратическое отклонение (стандарт)  $\sigma$  размера частиц, коэффициент вариации  $V$  и размах варьирования  $R$  по формулам



**Рисунок 6. Опытные характеристики после конструктивных изменений: у – гистограмма; Z – полигон; r – суммарная «по плюсу»; k – суммарная «по минусу»**

**Таблица 3. Оценка однородности гранулометрического состава измельченного корма**

Числовые характеристики распределения	Стандарт $\sigma$ , мм	Коэффициент вариации $V$ , %	Мода $M_0$ , мм	Размах варьирования $R$ , мм
До конструктивных изменений	0,721	83,84	0,6	3,4
После конструктивных изменений	0,525	63,91	0,6	3,4

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 p_i}{\sum p_i}}; \quad V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%;$$

$$R = x_{\max} - x_{\min},$$

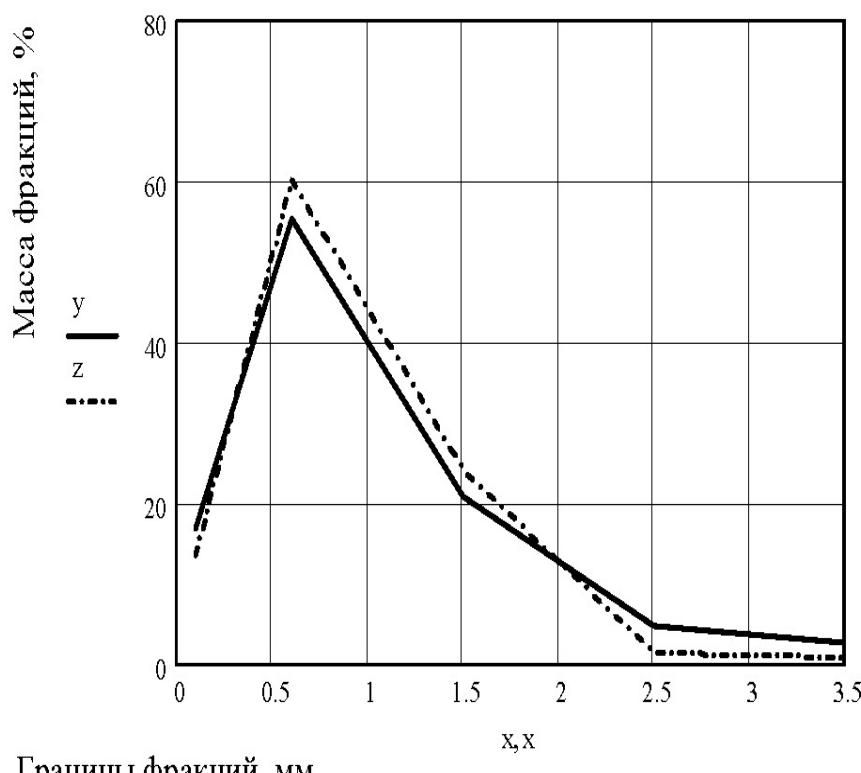
где  $x_i$ ,  $\bar{x}$  – средние размеры частиц соответственно фракции и навески;

$p_i$  – остатки на ситах, %;

$x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  – наибольшая и наименьшая варианты.

Изменения гранулометрического состава измельченного корма после внесенных авторами конструктивных изменений рабочей камеры молотковой дробилки показаны на рис. 7.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования технологического процесса дробления подтвердили возможность повысить эффективность процесса посредством выравнивания характеристик ВПС. Выравнивания можно достичь за



Границы фракций, мм

Рисунок 7. Помольные (частные) характеристики в виде полигонов: Y – до конструктивных изменений; Z – после конструктивных изменений

счет уменьшения доли «погибших» частиц и увеличения интенсивности процесса размножения в определенных зонах дробильной камеры.

#### Заключение

Определение гранулометрического состава измельченного материала до и после конструктивных изменений рабочей камеры молотковой дробилки показало снижение доли пылевидной фракции (частицы размером до 0,25 мм) примерно на 19,6 %. Об улучшении однородности измельченного материала можно судить по выборочному коэффициенту вариации, который уменьшился на 23,7 %. Хотя энергетические показатели процесса после усовершенствования конструкции дробильной камеры отдельно не изучались, но очевидно, что уменьшение истирания в зоне  $\beta_2$  (верхняя дека, после решета) и улучшение однородности выходного продукта должно сопровождаться снижением удельных энергозатрат.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлуцкий, Е. М. Математические методы определения массового состава воздушно-

продуктового слоя в зонах рабочей камеры молотковой дробилки / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2011. – № 1. – С. 61-64.

2. Бурлуцкий, Е. М. Математическое моделирование технологии и технологических средств измельчения кормового сырья / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова. – Оренбург: ОГАУ, 2010.

3. Бурлуцкий, Е. М. Использование теории случайных процессов для моделирования процесса измельчения зернового сырья / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова // Кормопроизводство, 2011. – № 7. – С. 44-46.

4. Бурлуцкий, Е. М. Математическое моделирование взаимного влияния составляющих общего процесса измельчения кормового сырья / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова // Хранение и переработка зерна, 2012. – № 1. – С.51-54.

5. Центробежно-ударная мельница: патент РФ №2232641 / М.И. Филатов, П.П. Хлынин, М. В. Чкалова // выдан 20.07.2004.

6. Центробежно-ударная мельница: патент РФ №2232638 / М.И. Филатов, П.П. Хлынин, М. В. Чкалова //; выдан 20.07.2004.

7. Дробилка зерна: патент РФ №2407591 / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова; выдан 31.03.2009.

8. Государственные стандарты: указатель. – М.: ИПК, издат. стандартов, 2000. – 576 с.

9. Казаков, Е. Д. Зерноведение с основами растениеводства / Е. Д. Казаков. – М.: Колос, 1983. – 352 с.

10. Кукта, Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.

11. Кукта, Г. М. Технология переработки и приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1986. – 303 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.06.2015

УДК 637.1

# РАЗРАБОТКА ЗАКВАСОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТСКИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

**Л.В. Сафоненко,**

доцент каф. управления и научно-технического прогресса ИПК БГАТУ, канд. техн. наук

**Н.К. Жабанос,**

зав. лабораторией прикладных биотехнологий детского питания РУП «Институт мясо-молочной промышленности», канд. техн. наук

**Н.Н. Фурик,**

зав. отделом биотехнологий РУП «Институт мясо-молочной промышленности», канд. техн. наук

**Е.В. Сафоненко,**

директор ОАО «Бона Фуд»

**Изложены результаты исследований по разработке технологических режимов производства бактериальных заквасок, включающие разработку состава питательных сред для культивирования микроорганизмов.**

**The results of studies on the development of the industrial valuable parameters of the production of the bacterial concerrates which include development of culture media for the cultivation of microorganisms are presented.**

### Введение

В мировом промышленном производстве молочных продуктов широко используется способ получения ферментированных продуктов, когда в подготовленное сырье вносятся микроорганизмы в виде высококонцентрированных заквасок, содержащих высокоАктивную микрофлору (титр клеток  $10^{10}$ - $10^{12}$  КОЕ/г жизнеспособных клеток), способную без длительной активизации вызывать молочнокислое брожение, по своей интенсивности отвечающее требованиям нормального технологического процесса. Известно, что ведущая роль в поддержании и нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта и усилении иммунитета принадлежит бифидо- и лактобактериям, которые осуществляют защиту организма, образуя барьер, препятствующий прикреплению патогенных организмов к слизистой оболочке кишечника, и составляют более 90 % нормальной микрофлоры детей.

Лакто и бифидобактерии подавляют размножение патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, как во время технологического процесса, так и в желудочно-кишечном тракте в случае сохранения их жизнеспособности (аллохтонности). Молочная, уксусная, муравьиная и янтарная кислоты, аминокислоты и белки, витамины В1, В2, К, никотиновая, пантотеновая и фолиевая кислоты, пиридоксин, цианкобаламин и другие биологически активные вещества являются типичными метаболитами молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий. [1].

Механизмами антибиотической активности могут быть: выработка диацетила, перекиси водорода,

лизоцима и бактериоцинов. Именно с бактериоцинами в последнее десятилетие связывают большие надежды, так как они (в отличие от антибиотиков, которые действуют на мишени клеточной стенки бактерий и часто приводят к образованию антибиотикоустойчивых штаммов), уничтожают патогенные и условно-патогенные микроорганизмы. Данные микрорганизмы обеспечивают устойчивость иммунной системы организма человека к инфекционным заболеваниям, являются естественными биосорбентами, обезвреживающими многие соединения тяжелых металлов, фенолы, формальдегиды и другие токсические вещества, попадающие в организм человека из окружающей среды и влияющие на снижение иммунитета. [2, 3].

Разработка заквасок прямого внесения для производства кисломолочных продуктов представляет собой многостадийную кропотливую работу, основными этапами которой являются:

- подбор штаммов микроорганизмов и их консорциумов с учетом комплекса медико-биологических, биохимических, технологически-ценных свойств;
- разработка параметров культивирования микроорганизмов – разработка и оптимизация питательных сред, как фактора успешного роста и развития пробиотических культур;
- отработка параметров накопления биомассы, режимов ее отделения и лиофилизации;
- подбор соотношения микроорганизмов и заквасок в состав поливидовых высококонцентриро-

ванных заквасок для обеспечения оптимальных стабильных параметров технологического процесса получения кисломолочных продуктов, исследование бактериальных заквасок по комплексу медико-биологических, токсикологических параметров и др.

Учитывая незначительный ассортимент кисломолочных продуктов для питания детей раннего возраста и их высокую биологическую ценность, особую актуальность приобретает разработка новых технологий кисломолочных продуктов, обогащенных пробиотической микрофлорой.

Целью проведенных исследований является разработка отечественных заквасок прямого внесения для производства кисломолочных продуктов детского питания, которые позволят нормализовать микрофлору желудочно-кишечного тракта и стабилизировать иммунитет.

### **Основная часть**

Для исследований по оптимизации сред для пробиотических микроорганизмов использовались стандартные и известные из литературных источников питательные среды и компоненты.

В ходе исследований для культивирования бифидобактерий использовалась основа питательной среды, включающая следующие компоненты в различных процентных соотношениях и комбинациях:

– гидролизованное молоко	– 30,0-50,0;
– осветленная творожная сыворотка	– 30,0-50,0;
– экстракт кормовых дрожжей	– 2,0-3,0;
– кукурузный экстракт	– 0,5-1,0;
– пептон	– 2,0-3,0;
– натрий хлористый	– 0,3-0,5;
– калий фосфорнокислый однозамещенный	– 0,1-0,15;
– калий фосфорнокислый двузамещенный	– 0,3-0,4;
– аскорбиновая кислота	– 0,01-0,05;
– цистеин	– 0,01-0,02;
– агар-агар	– 0,1-0,2;
– дистиллированная вода	– остальное;
значение pH устанавливалось	– 6,8-7,0 ед.

Для культивирования культур *Streptococcus sal.ssp.thermophilus* использовались следующие компоненты в различных процентных соотношениях и комбинациях: осветленная творожная сыворотка, гидролизованное молоко, натрий лимоннокислый, дрожжевой экстракт, марганец сернокислый, дрожжевой экстракт, обезжиренное молоко, аскорбиновая кислота, агар-агар, сахароза, кукурузный экстракт, лактоза, комплекс микроэлементов кислотности, устанавливали значение активной pH – 6,7-7,0 единиц.

Количество клеток (урожайность) в 1 см<sup>3</sup> питательной среды определяли методом предельных разведений посевом в полуагаризованной питательной среде и выражали в единицах КОЕ/ см<sup>3</sup>, lg КОЕ/ см<sup>3</sup>.

Активную кислотность (pH) регистрировали потенциометрически на pH-метре 222.2. и выражали в единицах pH (ед.рН).

При культивировании микроорганизмов *Bifidobacterium* доза инокулята составляла 7-10 % от объема среды, температура – (37±1) °С, продолжительность процесса – 12-18 часов.

Для определения активности роста в питательной среде бифидобактерий в питательную среду инокулировали 10 % культуры бифидобактерий и термостатировали при температуре 37 °С в течение 18-20 часов. Учитывали количество жизнеспособных клеток и активную кислотность. Активность роста и жизнеспособность выражали в единицах КОЕ/см<sup>3</sup> или lg КОЕ/см<sup>3</sup>.

Число колониеобразующих единиц (КОЕ/см<sup>3</sup>) (количество клеток) рассчитывали методом предельных разведений в полужидких средах.

Активность кислотообразования определяли титрометрическим и потенциометрическими методами по ГОСТ 3624-92.

Для изучения динамики роста и кислотообразования, через каждые 2 часа производили отбор проб для определения количества клеток, активной (pH) и титруемой кислотности.

Титруемую кислотность определяли титрометрическим методом, выражая в градусах Тернера (°Т).

Препараты для световой микроскопии готовили по стандартным методикам и окрашивали по Граму в модификации Хукера или метиленовой синью по Леффлеру.

Подбор питательных сред велся с учетом анализа существующих сред с добавлением дешевых и доступных компонентов, позволяющих получить максимально возможное количество жизнеспособных бактерий. Питательная среда подбиралась на основе творожной сыворотки, гидролизованного ферментом молока с добавлением ростовых факторов, как наиболее приемлемого и дешевого молочного сырья.

Отработку режимов культивирования проводили в лабораторном ферментере «СНЕМАР» с автоматическим поддержанием pH и температуры.

Традиционно молочнокислые микроорганизмы культивируются и поддерживаются в стерильном молоке, однако при создании технологии сухих высококонцентрированных заквасок использование стерильного молока как среды культивирования неприемлемо с технологической точки зрения. В связи с этим рассматривались различные варианты состава питательных сред, обеспечивающие развитие культур.

При подборе компонентов питательных сред учитывалась потребность молочнокислых бактерий в источниках азотного питания, витаминах, углеводах, а также возможность применения дешевых и простых компонентов, позволяющих получить максимально возможное количество жизнеспособных клеток. В качестве основы разрабатываемых питательных сред как наиболее доступного и дешевого молочного сы-

ря использовалась осветленная творожная сыворотка и гидролизованное ферментом молоко.

Культуры термофильного стрептококка развиваются в молоке в широком интервале температур от 30 до 45 °С, при этом время сквашивания составляет от 2,5–3,5 до 5,0–6,5 часов. Кислотность сгустков невелика и составляет 62–67°Т, предельная кислотность не превышает 100–115°Т. В молочной промышленности каждый кисломолочный продукт вырабатывается при определенной температуре и требует применения различных видов молочнокислых культур, поэтому указанный для термофильного стрептококка температурный интервал делает широким спектр его применения [4].

Добавление в среду 10 %-го гидролизованного панкреатином молока, освобожденного от большей части нативных белков, значительно обогащало растворимыми формами азота и способствовало повышению урожая клеток. В качестве источника азотного питания и витаминов группы В использовался дрожжевой экстракт в количестве 3 % от объема питательной среды.

В качестве стимуляторов роста использовались соли лимоннокислого натрия и сернокислого марганца. Источником дополнительного углеводного питания служила сахароза в количестве 1–2 % от объема питательной среды [5, 6].

Добавление небольшого количества аскорбиновой кислоты и агар-агара снижало редокс-потенциал, что является необходимым условием при культивировании анаэробных и факультативно-анаэробных бактерий. В результате исследований разработана оптимизированная питательная среда [2] для культивирования термофильных молочнокислых стрептококков, рецептура которой представлена в таблице 1.

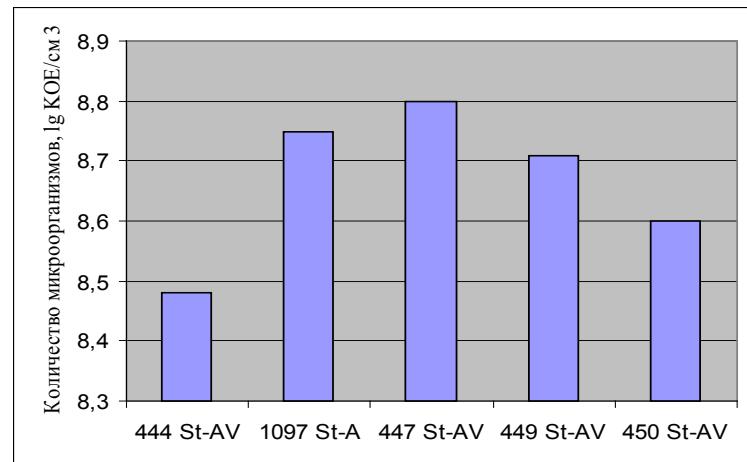
**Таблица 1. Рецептура питательной среды для термофильных молочнокислых стрептококков**

Наименование компонентов	Количество, %	
	Среда 1	Среда 2
Осветленная творожная сыворотка	30,0	-
Гидролизованное молоко	10,0	40,0
Дрожжевой экстракт	3,0	3,0
Натрий лимоннокислый	0,1	0,1
Обезжиренное молоко	5,0	5,0
Аскорбиновая кислота	0,05	0,05
Марганец сернокислый	0,0164	0,0164
Сахароза или сахар рафинированный	2,0	2,0

Среды имели одинаковые значения активной кислотности 6,7–6,8. Урожайность тестовой культуры термофильного стрептококка на среде 2 была выше на 50 % и составляла 8,7 lg KOE/cm<sup>3</sup>. Дальнейшие ис-

следования по изучению пригодности разработанной среды для производства закваски термофильного стрептококка проводили с 5-ю рабочими коллекционными штаммами.

На рис. 1 представлены результаты исследований урожайности штаммов термофильного стрептококка при развитии в разработанной питательной среде.



**Рисунок 1. Урожайность штаммов термофильного стрептококка**

Титр клеток на данной среде составляет не менее 10<sup>8</sup> KOE/cm<sup>3</sup> (на других средах титр клеток не превышал 10<sup>7</sup>). При накоплении биомассы следует учитывать, что культуры термофильного стрептококка очень чувствительны к молочной кислоте, которую накапливают в процессе роста. Поэтому конечный продукт метаболизма – молочная кислота в определенной концентрации является ингибитором дальнейшего роста микроорганизмов. Для активизации процесса накопления биомассы термофильного стрептококка необходимо применять нейтрализующие средства, т.е. проводить культивирование с постоянным поддержанием оптимального значения активной кислотности.

На рис. 2 представлены результаты изменения значений активной кислотности в процессе развития *Streptococcus sal. ssp. thermophilus* в питательной среде.

При внесении 3% инокулята в питательную среду продолжительность культивирования должна составлять 14 – 16 часов.

Наряду с компонентным составом питательной среды на рост микробной популяции оказывают существенное влияние следующие факторы: доза внесения инокулята, температура и продолжительность культивирования, активная кислотность культуральной среды. Снижение значений pH до 5,0–5,5 уже через 4–6 часов после инокулирования питательной среды может приводить к торможению роста штаммов термофильного стрептококка. Поэтому посевной материал нужно готовить из расчета его внесения в ферментер, т.е. не более 10% от объема питательной среды.

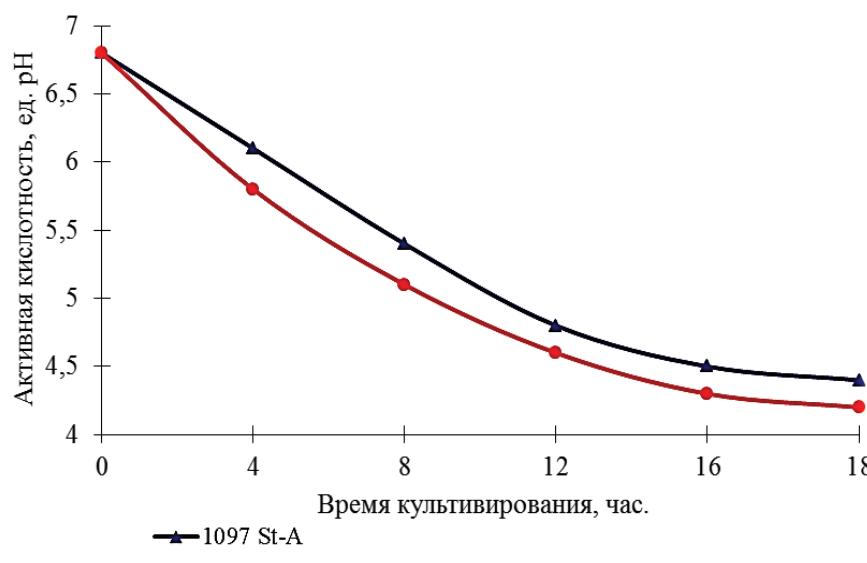


Рисунок 2. Изменение активной кислотности в процессе культивирования термофильных стрептококков в питательной среде

Оптимальное значение активной кислотности для развития термофильного стрептококка составляет 6,7–6,8 ед. pH, температура культивирования – 40–42 °C.

В настоящее время в литературе предложено большое количество питательных сред для культивирования бифидобактерий. Одной из сред для выделения и поддержания бифидобактерий, применяемых до сегодняшнего дня, является печеночно-цистеиновая среда Блаурокка. Однако в связи с тем, что основной ее компонент – печеночный бульон, довольно сложно получить среду стандартного состава. Поэтому целью нашей работы было конструирование питательной среды, обеспечивающее максимальное накопление клеток бифидобактерий. Для этого проведена оценка следующих питательных сред:

- тиогликолевой (ТГ);
- Блаурокка (Бл);
- гидролизатно-молочной (ГМС);
- солодовой среды (СС);
- гидролизатно-казеиновой (ГКС);
- кукурузно-лактозной (КЛС).

В средах устанавливали величину активной кислотности (pH) 6,8–7,0, оптимальную для развития бифидобактерий, и проводили в них культивирование

культур этих микроорганизмов. Результаты исследований питательных сред приведены в таблице 2.

Результаты сравнительных исследований питательных сред показали, что наибольшее количество клеток бифидобактерий выросло на среде Блаурокка, гидролизатно-казеиновой и тиогликолевой средах.

В состав кукурузно-лактозной среды, которая была взята за основу при культивировании всех выделенных в процессе работы штаммов бифидобактерий, входят такие дорогостоящие компоненты, как пептон, лактоза, а также другие реагенты, которые усложняют процесс ее приготовления. Для культивирования в условиях промышленного

производства авторами была разработана питательная среда на основе осветленной творожной сыворотки и среда на основе гидролизованного ферментом молока. Сыворотку разбавляли водой 1:1 для установления оптимальной концентрации лактозы, которая является источником углеводного питания. Пептон заменили более дешевым дрожжевым автолизатом. В разбавленную сыворотку или гидролизованное молоко добавляли кукурузный экстракт в качестве ростовых веществ, минеральные добавки – сернокислый магний и натрий лимоннокислый, буферные соли – однозамещенный фосфат калия и двухзамещенный фосфат натрия. В таблице 3 приведены результаты сравнительного культивирования в течение 18 часов штаммов бифидобактерий на кукурузно-лактозной среде, среде на основе сыворотки и гидролизованного молока.

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что у большинства штаммов при культивировании в питательных средах на основе творожной сыворотки и гидролизованного молока титр культуры и значения активной кислотности аналогичны этим значениям при культивировании на контрольной среде. Таким образом, новые питательные среды не угнетают рост бифидобактерий и являются более дешевыми и более

Таблица 2. Развитие штамма *Bifidobacterium longum C<sub>14</sub>*  
на различных питательных средах

Питательные среды	Значение pH через X часов				Титр клеток через X час., КОЕ/мл			
	X=0	X=6	X=10	X=18	X=0	X=6	X=10	X=18
ТГ	6,4	5,95	5,1	4,5	$2 \cdot 10^7$	$5,5 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$
Бл	6,6	5,8	4,95	4,3	$2 \cdot 10^7$	$7,5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^9$
ГМС	6,45	6,1	5,02	4,5	$2 \cdot 10^7$	$6,5 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$
СС	6,3	6,19	5,4	4,7	$2 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^8$	$6,5 \cdot 10^8$
ГКС	6,7	5,5	4,85	4,4	$2 \cdot 10^7$	$7,5 \cdot 10^7$	$9 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^9$
КЛС	6,62	5,95	4,8	4,35	$2 \cdot 10^7$	$7,5 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$

**Таблица 3. Сравнительные показатели развития бифидобактерий в различных средах**

№ штамма	Кукурузно-лактозная среда		Среда на основе сыворотки		Среда на основе гидролизованного молока	
	Количество клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>	Значение рН в конце культивирования	Количество клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>	Значение рН в конце культивирования	Количество клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>	Значение рН в конце культивирования
433 OR	4,0 10 <sup>9</sup>	4,61	3,6 10 <sup>9</sup>	4,68	3,8 10 <sup>9</sup>	4,6
432 OR	1,8 10 <sup>9</sup>	4,7	1,2 10 <sup>9</sup>	5,0	1,3 10 <sup>9</sup>	4,9
1159 OR	4,8 10 <sup>9</sup>	4,59	1,1 10 <sup>9</sup>	4,65	1,4 10 <sup>9</sup>	4,6
1201 OR	2,8 10 <sup>9</sup>	4,4	3,0 10 <sup>9</sup>	4,8	3,1 10 <sup>9</sup>	4,7
1206 OR	4,6 10 <sup>9</sup>	4,52	2,5 10 <sup>9</sup>	4,75	2,8 10 <sup>9</sup>	4,5
1204 OR	4,0 10 <sup>9</sup>	4,6	1,0 10 <sup>9</sup>	4,7	2,0 10 <sup>9</sup>	4,75

простыми в приготовлении. При культивировании бифидобактерий на этой среде происходит интенсивное снижение значения рН, достигается достаточно высокий титр клеток, что позволяет использовать ее для накопления биомассы бифидобактерий в условиях промышленного производства, для создания лиофилизованных высококонцентрированных заквасок.

### Заключение

Для создания заквасок, необходимых для производства детских молочных продуктов, произведен подбор необходимых компонентов в состав питательных сред. Определены температурные параметры культивирования термофильного стрептококка и бифидобактерий, а также оптимальная доза их внесения в новые, исследованные для каждого вида культур питательные среды, обеспечивающие ростовые потребности вышеперечисленных микроорганизмов, отобранных в качестве микрофлоры для получения ферментированных молочных продуктов для детскогоПитания. Данные изученные параметры технологического процесса культивирования микроорганизмов позволят в дальнейшем приступить к получению высококонцентрированных заквасок в промышленном производстве.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гастроэнтерология [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [http://medicinform.net/gastro\\_pop22.htm](http://medicinform.net/gastro_pop22.htm). – Дата доступа: 15.05.2015.
2. Полянская, И.С. Антибиотическая активность молочнокислых бактерий к стафилококкам / И.С. Полянская, В.Ф. Семенихина // Молочная промышленность, 2014. – №7. – С 15–18.
3. Сакс, Дж. С. Микроны хорошие и плохие. Наше здоровье и выживание в мире бактерий / Дж. С. Сакс. – М.: Элемент, 2013. – 153 с.
4. Белова, Л.П. Питательная среда для получения бактериального препарата термофильных молочнокислых бактерий: патент RU 1057534 / А.В. Гудков, Л.А. Остроумов и др.
5. Хамагаева, И.С. Исследование биохимической активности пропионовокислых бактерий / Л.М. Белозерова, М.Б. Данилов // Ресурсосберегающие технологии пищевых производств: сб. научных трудов междунар. науч.-практич. конф. – Санкт-Петербург, 1998. – С 39.
6. Семенихина, В.Ф. Питательная среда для биомассы бифидобактерий / В.Ф. Семенихина, Я.А. Яркина // Молочная промышленность, 2003. – № 10. – С. 26-27.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.06.2015

**“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 один 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.

УДК 664.8

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ ЯБЛОК ОТ МИКРОБИАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

**Н.К. Толочко,**

профессор каф. технологии металлов БГАТУ, докт. ф.-м. наук, профессор

**В.С. Корко,**

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

**А.Н. Челединов,**

аспирант каф. технологии металлов БГАТУ

**З.Е. Егорова,**

доцент каф. физико-химических методов сертификации продукции БГТУ, канд. хим. наук, доцент

**Экспериментально исследованы особенности очистки поверхности яблок от микробиальных загрязнений в зависимости от условий обработки в ультразвуковой ванне.**

**The peculiarities of microbiological decontamination of apple surface depending on processing conditions in ultrasonic bath are investigated experimentally.**

### Введение

Яблоки относятся к наиболее распространенной плодовой продукции благодаря своим лечебно-питательным свойствам. Однако недостаточное производство яблок и большие потери при хранении (около 25 %) создают их дефицит, особенно ощутимый в зимне-весенний период [1]. Одна из главных причин потерь яблок при хранении – поражение микробиологическими заболеваниями. Поэтому важно практически совершенствовать способы повышения сохранности яблок, направленные, прежде всего, на снижение микробиальной загрязненности их поверхности.

Обычно яблоки (как, впрочем, и другие фрукты) после сбора урожая моют водой, обрабатывают различными дезинфициантами [2, 3] и биопрепаратами [4, 5]. Значительные перспективы повышения сохранности яблок связаны с применением различных видов безреагентной обработки, в частности, ультрафиолетового облучения [6], обработки ионизированным воздухом [7].

В последние годы все более широкое распространение получает ультразвуковая (УЗ) обработка фруктов, основанная на эффектах акустической кавитации – образования в жидкости пульсирующих парогазовых пузырьков при прохождении в ней высоконтенсивных УЗ волн [8]. При этом очистка поверхности от микроорганизмов обеспечивается как за счет моющего действия ультразвука – удаления с поверхности различных механических загрязнений, которые обычно содержат значительное количество микроорганизмов, так и бактерицидного действия – непосредственного уничтожения микроорганизмов.

Предполагается, что микроорганизмы уничтожаются под действием ультразвука по двум механизмам: кавитационно-механическому и кавитационно-электрохимическому [9]. Согласно первому механизму причиной гибели клеток являются сильные сдвиговые напряжения в микропотоках жидкости, возникающих при захлопывании кавитационных пузырьков. Эти напряжения приводят к разрыву химических связей в клеточных стенках и мембранах. Также в процессе кавитации внутри клеток создается высокое давление, что вызывает разрушение цитоплазматических структур. Согласно второму механизму, гибель клеток связана с образованием при кавитации в водной среде цитоплазмы гидроксильных радикалов и атомарного кислорода, вызывающих окислительные процессы.

На практике для УЗ обработки фруктов используются УЗ моечные ванны, выпускаемые различными фирмами. При этом в предоставляемых фирмами технических описаниях ванн не даются практические рекомендации по выбору условий обработки, обеспечивающих наиболее эффективную очистку поверхности плодов. Поэтому такие условия приходится подбирать, как правило, экспериментально.

Данная работа посвящена исследованию особенностей очистки поверхности яблок от микробиальных загрязнений в УЗ ванне в зависимости от условий их обработки.

### Основная часть

В экспериментах использовали яблоки позднего срока созревания из сада личного подворья, выращенные в чистой зоне, вдали от техногенных выбросов и загрязнений, без применения удобрений и хи-

мических средств защиты растений, снятые с деревьев вручную в съемной стадии зрелости. В общем случае исследуемые яблоки были разных сортов. При этом для проведения каждого эксперимента отбирали яблоки одного сорта, выращенные в одном саду. После уборки яблоки не подвергались какой-либо обработке и хранились в непроветриваемых помещениях личного подворья в условиях естественных (суточных, сезонных) колебаний температуры и влажности в соответствии с погодными изменениями. Отобранные для исследований яблоки были целыми, без визуально наблюдаемых механических загрязнений, повреждений, признаков порчи. Все они имели приблизительно одинаковый диаметр, который составлял около 5 см.

Яблоки подвергали обработке в установке УЗУ-0,25, состоящей из УЗ генератора (выходная мощность – 250 Вт, рабочая частота – 18 кГц) и УЗ ванны с рабочей полостью объемом 4,5 л (длина – 220 мм, ширина – 170 мм, глубина – 160 мм). В донной части ванны были установлены три пьезоэлектрических преобразователя. Ванна заполнялась водопроводной водой и в нее погружали яблоки. Поскольку яблоки легче воды, то для предотвращения их всплыивания (а также для обеспечения их заданного расположения в объеме воды) использовали специальные ограничительные приспособления в виде проволочных каркасов. С помощью этих приспособлений можно было также приводить яблоки в умеренное хаотичное движение в пределах определенного ограниченного объема воды.

В опытных, а также контрольных (исходных, не подвергавшихся обработке) образцах яблок определяли количественный состав поверхностной микробиоты, в частности, определяли общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАнМ), т.е. общую бактериальную обсемененность, а также количество дрожжей и плесневых грибов, являющихся наиболее сильными возбудителями заболеваний яблок. Микробиологический анализ проводили по стандартной методике (ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 10444.12-88). Количественную оценку результатов анализа делали в колоннеобразующих единицах (КОЕ), отнесенных к массе анализируемого яблока (г). Сравнивая численные значения КОЕ/г, установленные для различных образцов яблок, можно было судить о степени их микробиального загрязнения и, соответственно, об эффективности применяемых способов очистки.

Эксперименты проводили в две стадии. На первой стадии испытывали яблоки с малым сроком хранения (около 2 месяцев). В каждом опыте в ванну, содержащую 3 л воды, погружали 6-8 яблок, кото-

рые располагали в один слой в верхней части объема воды. Яблоки в ходе УЗ обработки приводили в хаотичное движение. В разных опытах длительность УЗ обработки варьировали. Результаты испытаний свидетельствуют о довольно высокой эффективности очистки, которая увеличивается с длительностью обработки (табл. 1). Вместе с тем наблюдается неравномерный характер развития процесса очистки во времени: микроорганизмы удаляются наиболее интенсивно в начале обработки, затем, по мере дальнейшей обработки, их удаление замедляется.

**Таблица 1. Результаты микробиологического анализа яблок с малым сроком хранения после УЗ обработки**

Условия обработки	Количество микроорганизмов, КОЕ/г		
	МАФАнМ	Дрожжи	Плесени
Контрольные яблоки	$8,6 \times 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^2$
УЗ обработка (4 мин)	$5,5 \times 10^2$	$3,6 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10$
УЗ обработка (8 мин)	$1,2 \times 10^2$	$2,3 \cdot 10$	Единичное

На второй стадии испытывали яблоки с большим сроком хранения (5-6 месяцев). Было выполнено две серии экспериментов.

В первой серии в ванну, содержащую 3,5 л воды, погружали 3 яблока, которые располагали в один слой в нижней части объема воды. Яблоки в ходе УЗ обработки приводили в хаотичное движение. В отдельных опытах для сравнения яблоки обрабатывали в ванне без ультразвука, т.е. подвергали обычной мойке.

Во второй серии в ванне, содержащей 2 л воды, яблоки размещали в 2 слоя (по 7 яблок в каждом слое). Яблоки в ходе УЗ обработки находились в неподвижном состоянии.

Результаты первой и второй серии испытаний представлены, соответственно, в табл. 2 и 3.

Следует отметить, что при проведении экспериментов на этой стадии наблюдался довольно заметный разброс получаемых данных по очистке поверхности яблок как УЗ обработкой, так и обычной мойкой. Это может быть обусловлено тем, что исходные яблоки с большим сроком хранения имели более сильную микробиальную загрязненность, которая развивается неравномерно на поверхности разных яблок. Тем не менее, несмотря на указанное обстоятельство, в целом эксперименты убедительно показали, что УЗ обработка яблок с большим сроком хранения (также как и яблок с малым сроком хранения) обеспечивает высокую эффективность очистки. При этом важно подчеркнуть, что УЗ очистка оказывается более эффективной, чем обычная мойка. Кроме того, как было показано в ряде опытов (табл. 2), эффективность УЗ очистки яблок с большим сроком хранения может быть гораздо выше, чем яблок с малым сроком хранения.

Особый интерес представляют результаты экспериментов второй серии, свидетельствующие о том, что эффективность УЗ очистки зависит от местопо-

**Таблица 2. Результаты микробиологического анализа яблок с большим сроком хранения после обычной мойки и УЗ обработки**

Условия обработки	Количество МАФАнМ, КОЕ/г
Контрольные яблоки	$3,0 \cdot 10^5$
Обычная мойка, 10 мин	$1,6 \cdot 10^4$
УЗ обработка, 10 мин,	$2,5 \cdot 10^2$

**Таблица 3. Результаты микробиологического анализа яблок с большим сроком хранения после УЗ обработки при двухслойной укладке**

Условия обработки	Количество МАФАнМ, КОЕ/г
Контрольные яблоки	$7,5 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 5 мин, верхний слой	$5,6 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 5 мин, нижний слой	$2,1 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 10 мин, верхний слой	$2,5 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 10 мин, нижний слой	$1,5 \cdot 10^3$

ложения яблок в объеме воды, заполняющей ванну, а именно: яблоки нижнего слоя очищаются от микробиозов приблизительно в 2 раза лучше, чем яблоки верхнего слоя (табл. 3). Это может быть связано с уменьшением уровня кавитации по высоте столба воды по мере удаления от излучателей (расположенных в дне ванны) вследствие явлений затухания УЗ волн [10].

### Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения ультразвука для очистки поверхности яблок от микробиальных загрязнений. Вместе с тем, как показывают эксперименты, эффективность этой очистки зависит от условий реализации процессов УЗ обработки, что, в свою очередь, требует более детального изучения закономерностей и механизмов этих процессов. Так, неоднородный характер развития УЗ очистки во времени делает необходимым выбор оптимальной длительности обработки исходя из критериев производительности и качества очистки. В свою очередь, наличие зависимости эффективности УЗ очистки от местоположения яблок в объеме ванны указывает на необходимость организации их соответствующего перемещения во время обработки по высоте столба воды, заполняющей ванну. Также следует учитывать, что эффективность УЗ очистки может зависеть от степени микробиальной загрязненности исходных яблок, которая в общем случае может быть неодинаковой у разных яблок.

Дальнейшее развитие технологий УЗ очистки поверхности яблок от микробиальных загрязнений в значительной мере связано с совершенствованием соответствующего оборудования.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрохин, М.А. Разработка элементов технологии хранения яблок в регулируемой атмосфере: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07; 05.18.01 / М.А. Митрохин. – Мичуринск, 2002. – 116 с.
2. Химическая обработка и окуривание овощей, фруктов, бахчевых и корнеплодов [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: <http://zarip-ovosch.ru/himicheskaya-obrabotka-i-okurivanie>. – Дата доступа: 29.12.2014.
3. Шиманович, С.Л. Экологически безопасные озонные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / С.Л. Шиманович [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. науک, 2006. – №3. – С. 117-123.
4. Абеленцев, В.И. Влияние послеуборочной обработки биопрепаратами на хранение яблок / В.И. Абеленцев [и др.] // Плодоводство и виноградарство юга России, 2010. – № 4(3). – С. 105-109.
5. Влияние обработки яблок биопрепаратами на физиологико-биохимические изменения при ходильном хранении плодов / Т.А. Задворнова [и др.] // Науч. журнал НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств, 2011. – Вып. 2. – С. 1-6.
6. Установка для обработки сельскохозяйственных культур / ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии; IX Моск. Междунар. салон инноваций и инвестиций, 2009. – 2 с.
7. Микробиологические аспекты хранения свежих плодов, обработанных электроионизированным воздухом / Д.С. Степаненко [и др.] // Биолог. вестник Мелитополь. гос. пед. ун-та, 2012. – №1. – С. 143-152.
8. Инновационные технологии переработки плодово-овощной продукции / С. Родригес, Ф. А. Н. Фернадес; пер. Ю. Г. Базарнова. – СПб.:Профессия, 2014. – 456 с.
9. Грязнева, Т.Н. Влияние физических, химических и биологических факторов на микроорганизмы: лекция / Т.Н. Грязнева. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ. – 2011.
10. Акопян, В.Б. Основы взаимодействия ультразвука с биологическим объектами: уч. пособие / В.Б. Акопян, Ю.А. Ершов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 224 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 01.09.2015

УДК 621.365

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЫМИ МОДЕЛЯМИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ РЕЗИСТИВНЫМИ И ЕМКОСТНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

**А.И. Шакирин,**

*доцент каф. прикладной информатики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

*Приведена методика моделирования квазистационарных процессов теплопередачи в изотропных материалах с помощью электротепловых моделей с емкостными и нелинейными резистивными элементами, позволяющая одновременно учесть нелинейную зависимость коэффициента теплопроводности от температуры и инерционность процесса теплопередачи. Предложенная методика позволяет повысить точность моделирования квазистационарных процессов теплопередачи, особенно при использовании современных материалов.*

*The technique of quasi-stationary simulation of heat transfer processes in isotropic materials using electro-thermal models with capacitive and non-linear resistive elements that simultaneously account for nonlinear dependence of conductivity on temperature and inertial-ness of the heat transfer process. The proposed method can improve the accuracy of the quasi-stationary simulation of heat transfer processes, especially with use of modern materials.*

## **Введение**

Повышение качества, надежности и долговечности традиционных и вновь создаваемых строительных, конструкционных, тепло- и электроизоляционных материалов требует совершенствования известных и создания новых методов расчета.

При моделировании процессов теплопередачи в изотропных материалах часто применяют метод электротепловой аналогии [1-5], который основан на использовании закона теплопроводности Фурье и применении методов расчета резистивных электрических цепей. Для большинства материалов зависимость коэффициента теплопроводности от температуры достаточно слабая, что позволяет вычислить среднее значение коэффициента теплопроводности в заданном интервале температур и оперировать им как постоянной величиной, что и сделано в работах [2, 4, 5].

Однако для некоторых материалов и веществ зависимость коэффициента теплопроводности от температуры становится принципиальной [3], и поэтому формальное применение метода электротепловой аналогии без учета зависимости коэффициента теплопроводности от температуры снижает точность моделирования процессов теплопередачи.

На основе метода электротепловой аналогии в работе [1] предложена методика моделирования стационарных процессов теплопередачи в изотропных материалах, которая за счет использования нелинейных резистивных элементов позволяет учесть нелинейный характер зависимости коэффициента тепло-

проводности от температуры. Это позволяет повысить точность моделирования процессов теплопередачи электротепловыми моделями, особенно при использовании современных материалов.

Для моделирования теплоемкости современных многослойных композиционных материалов в электротепловых моделях нестационарных процессов теплопередачи, кроме резистивных элементов, используются и емкостные [2].

Целью настоящей работы является повышение точности моделирования квазистационарных процессов теплопередачи путем применения методики, предложенной в [1], которая позволяет одновременно учесть нелинейные и инерционные свойства электротепловых моделей.

## **Основная часть**

Диапазон использования электротепловых моделей достаточно широк: от исследования тепловых характеристик полупроводниковых приборов [4] и тепловых режимов элементов и устройств бортовых систем управления космического назначения [5] до проектирования головных обтекателей ракетносителей [2].

Использование нелинейных резистивных элементов в электротепловых моделях позволяет учесть нелинейный характер зависимости коэффициента теплопроводности от температуры [1], а также моделировать не только граничные условия с конвективным переносом тепла от поверхности, но и такие случаи, когда наряду с конвективной теплоотдачей име-

ют место и другие виды теплообмена, в частности тепловое излучение.

В основе методики, предложенной в работе [1], лежит метод, основанный на представлении связи воздействия  $x$  и отклика на него  $y(t)$  в виде функционального ряда Вольтерра [6, 7]:

$$\begin{aligned} y(t) = & \int_{-\infty}^{+\infty} k(\tau)x(t-\tau)d\tau + \\ & + \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} k(\tau_1, \tau_2)x(t-\tau_1)x(t-\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 + \\ & + \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} k(\tau_1, \tau_2, \tau_3)x(t-\tau_1)x(t-\tau_2) \cdot \\ & \cdot x(t-\tau_3)d\tau_1 d\tau_2 d\tau_3 + \dots + \\ & + \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{-\infty}^{+\infty} k(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) \prod_{i=1}^k x(t-\tau_i)d\tau_i + \dots, \quad (1) \end{aligned}$$

где  $x$  и  $y$  – соответственно входное воздействие и отклик цепи;

$k(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k)$  – многомерная функция (ядро)  $k$ -го порядка, характеризующая как линейные, так и нелинейные свойства цепи.

Выражение (1) преобразуется по Лапласу в пространстве многих комплексных переменных  $p_i$  –  $(p_1, p_2, \dots, p_k)$ , соответствующих  $\tau_i$  –  $(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k)$ , и в операторной форме запишется следующим образом:

$$Y(p_1, p_2, \dots, p_k) = \sum_{k=1}^{\infty} K(p_1, p_2, \dots, p_k) \prod_{i=1}^k X(p_i), \quad (2)$$

где  $Y(p_1, p_2, \dots, p_k)$  – изображение отклика;

$K(p_1, p_2, \dots, p_k)$  – изображение ядра  $k$ -го порядка, характеризующего индивидуальные особенности цепи;

$X(p_i)$  – изображение входного воздействия. Описание электрической цепи с помощью ряда Вольтерра было впервые исследовано Н. Винером [7], поэтому класс цепей этого вида называется классом Вольтерра – Винера.

К достоинствам описания электрических цепей с помощью рядов Вольтерра относятся:

1. Явная связь отклика и воздействия (как во временной, так и в операторной форме), что не характерно для описания свойств цепи с помощью системы дифференциальных уравнений.

2. Одновременный учет как линейных, так и нелинейных свойств цепи.

3. В тех случаях, когда влиянием инерции можно пренебречь (для резистивной цепи), ряд Вольтерра преобразуется в известный степенной ряд, широко используемый для анализа электрических цепей

$$y(x) = k_0 + k_1 x + k_2 x^2 + k_3 x^3 + \dots + k_p x^p. \quad (3)$$

На практике часто используют разновидность разложения (3) в виде ряда Тейлора, для которого  $k_0 = y(x_0)$ ,  $k_1 = y'(x_0)/1!$ ,  $k_2 = y''(x_0)/2!$ , ...,  $k_i = y^{(i)}(x_0)/i!$ , где  $x_0$  – точка функции (3), относительно которой осуществляется разложение.

Особенностью ряда Тейлора является единственность способа представления функции, в то время как применение степенных полиномов других видов дает неединственные результаты, а коэффициенты  $k_i$  полинома (3) зависят от способа их определения и области входного воздействия.

4. Удобство использования аппарата рядов Вольтерра при анализе цепей с малой нелинейностью [8]. Это объясняется линеаризацией и алгебраизацией системы нелинейных дифференциальных уравнений цепи при использовании преобразования Лапласа (2), что существенно облегчает моделирование благодаря применению методов анализа линейных цепей.

5. Возможность использования прямого и обратного преобразований Лапласа функций многих переменных:

– прямое преобразование

$$F(p_1, p_2, \dots, p_k) \Leftrightarrow f(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k), \quad (4)$$

где

$$F(p_1, p_2, \dots, p_k) =$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int f(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) \prod_{i=1}^k e^{-p_i \tau_i} d\tau_i;$$

– обратное преобразование

$$f(\tau) = f(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) \Leftrightarrow F(p_1, p_2, \dots, p_k), \quad (5)$$

где

$$f(\tau) = \frac{1}{(2\pi j)^k} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int F(p_1, p_2, \dots, p_k) \prod_{i=1}^k e^{p_i \tau_i} dp_i.$$

В практике расчета электрической цепи широко используется представление как всей цепи в целом, так и ее элементов с помощью формализованных понятий – двухполюсников и многополюсников.

Простейшие нелинейные двухполюсные физические модели представляются тремя цепями: резистивной, емкостной и индуктивной (рис. 1).

Приложенные к этим элементам токи  $i$  и напряжения  $u$  связаны зависимостями:

$$i = f(u) \text{ или } u = f(i) \text{ для резистивной цепи}; \quad (6)$$

$$i = C(u) \frac{du}{dt} \text{ для емкостной цепи; } u = L(i) \frac{di}{dt} \text{ для}$$

индуктивной цепи,

где  $C(u)$  и  $L(i)$  – соответственно дифференциальная емкость и дифференциальная индуктивность, в общем случае, нелинейные.

Для нелинейной электрической цепи, содержащей инерционные элементы, ряд Вольтерра в операторной форме запишется следующим образом [6, 8]:

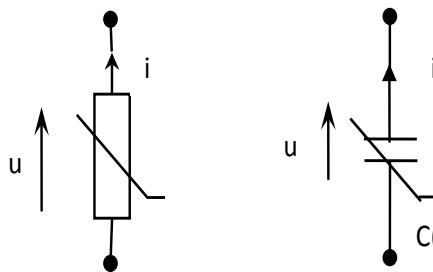


Рисунок 1. Виды нелинейных двухполюсных элементов

$$Y(p_1, p_2, \dots, p_k) = K(p_1)X(p_1) + \\ + K(p_1, p_2)X(p_1)X(p_2) + \\ + K(p_1, p_2, p_3)X(p_1)X(p_2)X(p_3) + \dots, \quad (7)$$

где  $Y(p_1, p_2, \dots, p_k)$  – изображение отклика;  $K(p_1), K(p_1, p_2), K(p_1, p_2, p_3)$  – изображения передаточной характеристики (ядра);  $X(p_i)$  – изображение входного воздействия.

Методика определения  $K(p_1)$ ,  $K(p_1, p_2)$  и  $K(p_1, p_2, p_3)$  передаточной характеристики (7) электрической цепи следующая [8]:

1. Составляется система уравнений анализируемой цепи, основанная на законах Кирхгофа.

2. Все свободно стоящие в уравнениях напряжения и токи заменяются ядрами соответствующих порядков, т.е.

$u \Rightarrow K_u(p_1)$  или  $K_u(p_1, p_2)$ , или  $K_u(p_1, p_2, p_3)$ ;  $i \Rightarrow K_i(p_1)$ , или  $K_i(p_1, p_2)$ , или  $K_i(p_1, p_2, p_3)$ . При этом исходная система уравнений распадается на три подсистемы относительно искомых членов ряда (7).

3. Входное воздействие  $X(p_i)$  заменяется единицей для линейной подсистемы и нулем для подсистем высших порядков.

4. Компонентные уравнения, связывающие токи и напряжения, приложенные к резистивным (линейным и нелинейным) и емкостным элементам цепи, подставляются из табл.1.

Величины параметров нелинейных резистивных элементов  $G, G', G''$  находятся по известным вольт-амперным (ампер-вольтовым) характеристикам нелинейных элементов. Если аналитические выражения соответствующих характеристик неизвестны, то параметры можно определить экспериментально путем использования соответствующих устройств, например [9].

5. Подсистемы решаются относительно коэффициентов ряда (7).

Для иллюстрации предложенной методики приведем пример расчета нестационарного процесса теплопередачи, в электротепловой модели которого используется емкостной элемент  $C$ , а для моделирования нелинейной зависимости коэффициента тепло-

**Таблица 1. Компонентные уравнения**

Вид компонента	Уравнение характеристики	Порядок ядра	Компонентное уравнение
Резистивный линейный	$u = f(i)$	1	$K_u(p_1) - RK_i(p_1) = 0;$
		2	$K_u(p_1, p_2) - RK_i(p_1, p_2) = 0;$
		3	$K_u(p_1, p_2, p_3) - RK_i(p_1, p_2, p_3) = 0$
Емкостной линейный	$i = C \frac{du}{dt}$	1	$K_i(p_1) - p_1 CK_u(p_1) = 0;$
		2	$K_i(p_1, p_2) - (p_1 + p_2) CK_u(p_1, p_2) = 0;$
		3	$K_i(p_1, p_2, p_3) - (p_1 + p_2 + p_3) CK_u(p_1, p_2, p_3) = 0$
Резистивный нелинейный	$i = f(u) = Gu + G'u^2 + G''u^3;$ $G = \left. \frac{\partial i}{\partial u} \right _{I_0, U_0};$ $G' = \left. \frac{1}{2} \frac{\partial^2 i}{\partial u^2} \right _{I_0, U_0};$ $G'' = \left. \frac{1}{6} \frac{\partial^3 i}{\partial u^3} \right _{I_0, U_0}$	1	$K_i(p_1) - GK_u(p_1) = 0;$
		2	$K_i(p_1, p_2) - GK_u(p_1, p_2) = f_1;$ $f_1 = G'K_u(p_1)K_u(p_2);$
		3	$K_i(p_1, p_2, p_3) - GK_u(p_1, p_2, p_3) = f_2,$ $f_2 = G''K_u(p_1)K_u(p_2)K_u(p_3) + 2G'K_u(p_1)K_u(p_2, p_3);$

проводности от температуры  $\lambda = f(T)$  используются нелинейные резистивные элементы  $R_1$  и  $R_2$ , как показано на рис. 2.

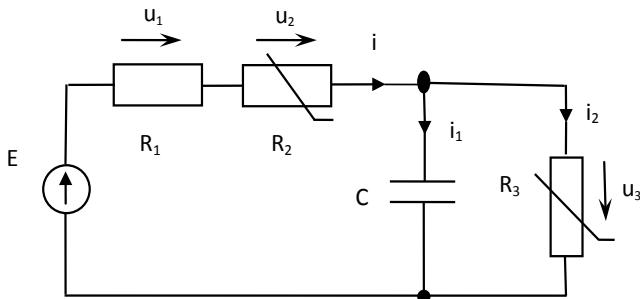


Рисунок 2. Модель теплообмена в виде электрической цепи с линейными резистивными и ёмкостным элементами и нелинейными резистивными элементами

Система уравнений, составленная по законам Кирхгофа для этой цепи, запишется следующим образом:

$$\begin{cases} u_1 + u_2 + u_3 = E, \\ u_1 = R_1 i, \\ i = G_2 u_2, \\ i = i_1 + i_2, \\ i_1 = C(u_3) \frac{du_3}{dt}, \\ i_2 = G_3 u_3. \end{cases} \quad (8)$$

Заменим токи  $i$  и напряжения  $u$  соответствующими ядрами. Тогда система (8) распадается на три подсистемы. Подсистема относительно ядер первого порядка  $K_u(p_1)$  и  $K_i(p_1)$  запишется следующим образом:

$$\begin{cases} K_{u_1}(p_1) + K_{u_2}(p_1) + K_{u_3}(p_1) = 1, \\ K_{u_1}(p_1) = R_1 K_{i_1}(p_1), \\ K_i(p_1) = G_2 K_{u_2}(p_1), \\ K_i(p_1) = K_{i_1}(p_1) + K_{i_2}(p_1), \\ K_{i_1}(p_1) = p_1 C K_{u_3}(p_1), \\ K_{i_2}(p_1) = G_3 K_{u_3}(p_1). \end{cases} \quad (9)$$

Решая эту подсистему, получим:

$$K_{u_1}(p_1) = \frac{R_1 G_2 (G_3 + p_1 C)}{G_2 + (1 + R_1 G_2)(G_3 + p_1 C)};$$

$$K_{u_2}(p_1) = \frac{G_3 + p_1 C}{G_2 + (1 + R_1 G_2)(G_3 + p_1 C)};$$

$$K_{u_3}(p_1) = \frac{G_2}{G_2 + (1 + R_1 G_2)(G_3 + p_1 C)}.$$

Остальные неизвестные легко получить из трех последних уравнений подсистемы (9).

Подсистема относительно ядер второго порядка  $K_u(p_1, p_2)$  и  $K_i(p_1, p_2)$  запишется следующим образом:

$$\begin{cases} K_{u_1}(p_1, p_2) + K_{u_2}(p_1, p_2) + K_{u_3}(p_1, p_2) = 0, \\ K_{u_1}(p_1, p_2) = R_1 K_i(p_1, p_2), \\ K_i(p_1, p_2) - G_2 K_{u_2}(p_1, p_2) = f_1, \\ K_i(p_1, p_2) = K_{i_1}(p_1, p_2) + K_{i_2}(p_1, p_2), \\ K_{i_1}(p_1, p_2) = (p_1 + p_2) C K_{u_3}(p_1, p_2), \\ K_{i_2}(p_1, p_2) - G_3 K_{u_3}(p_1, p_2) = f_2, \end{cases} \quad (10)$$

где  $f_1 = G'_2 K_{u_2}(p_1) K_{u_2}(p_2)$ ,  $f_2 = G'_3 K_{u_3}(p_1) K_{u_3}(p_2)$ .

Решением этой подсистемы уравнений являются следующие выражения:

$$K_{u_3}(p_1, p_2) = \frac{f_1 - f_2 (1 + R_1 G_2)}{G_2 + [(p_1 + p_2) C + G_3] (1 + R_1 G_2)},$$

$$K_{u_2}(p_1, p_2) = \frac{f_2 - f_1 + [(p_1 + p_2) C + G_3] K_{u_3}(p_1, p_2)}{G_2}.$$

Искомые ядра  $K_{i_1}(p_1, p_2)$ ,  $K_{i_2}(p_1, p_2)$ ,  $K_i(p_1, p_2)$  и  $K_u(p_1, p_2)$  получаются из 5-го, 6-го, 4-го и 2-го уравнений подсистемы (10), соответственно.

Подсистема относительно ядер третьего порядка  $K_u(p_1, p_2, p_3)$  и  $K_i(p_1, p_2, p_3)$  запишется следующим образом:

$$\begin{cases} K_{u_1}(p_1, p_2, p_3) + K_{u_2}(p_1, p_2, p_3) + \\ + K_{u_3}(p_1, p_2, p_3) = 0, \\ K_{u_1}(p_1, p_2, p_3) = R_1 K_i(p_1, p_2, p_3), \\ K_i(p_1, p_2, p_3) - G_2 K_{u_2}(p_1, p_2, p_3) = f_1, \\ K_i(p_1, p_2, p_3) = K_{i_1}(p_1, p_2, p_3) + \\ + K_{i_2}(p_1, p_2, p_3), \\ K_{i_1}(p_1, p_2, p_3) = (p_1 + p_2 + p_3) \cdot \\ \cdot C K_{u_3}(p_1, p_2, p_3), \\ K_{i_2}(p_1, p_2, p_3) - G_3 K_{u_3}(p_1, p_2, p_3) = f_2. \end{cases} \quad (11)$$

где

$$f_1 = G_2'' K_{u_2}(p_1) K_{u_2}(p_2) K_{u_2}(p_3) +$$

$$+ 2G_2' K_{u_2}(p_1) K_{u_2}(p_2, p_3);$$

$$f_2 = G_3'' K_{u_3}(p_1) K_{u_3}(p_2) K_{u_3}(p_3) +$$

$$+ 2G_3' K_{u_3}(p_1) K_{u_3}(p_2, p_3).$$

Решением этой подсистемы уравнений являются следующие выражения:

$$K_{u_3}(p_1, p_2, p_3) =$$

$$= \frac{f_1 - f_2(1 + R_1 G_2)}{G_2 + [(p_1 + p_2 + p_3)C + G_3](1 + R_1 G_2)},$$

$$K_{u_2}(p_1, p_2, p_3) =$$

$$= \frac{f_2 - f_1 + [(p_1 + p_2 + p_3)C + G_3]K_{u_3}(p_1, p_2, p_3)}{G_2}.$$

Искомые ядра  $K_i(p_1, p_2, p_3)$ ,  $K_{l_i}(p_1, p_2, p_3)$ ,  $K_i(p_1, p_2, p_3)$  и  $K_{u_i}(p_1, p_2, p_3)$  получаются из 5-го, 6-го, 4-го и 2-го уравнений подсистемы (11), соответственно.

Обратное многомерное преобразование Лапласа многомерного отклика нелинейной системы приводит к отклику, который является функцией  $n$  переменных  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , но отклик во временной области может быть функцией только одного времени  $t$ . Поэтому после обратного преобразования названные переменные отождествляют (приравнивают), используя метод ассоциации переменных [10], который позволяет, учитывая равенство временных переменных, преобразовать функцию  $n$  переменных  $K(p_1, p_2, \dots, p_n)$  к функции одной переменной  $K(p)$ , что упрощает переход к временной области, например, с помощью [11].

### Заключение

Предложена методика моделирования квазистационарных процессов теплопередачи в изотропных материалах, которая за счет использования емкостных и нелинейных резистивных элементов в электротепловой модели позволяет одновременно учесть нелинейный характер зависимости коэффициента теплопроводности от температуры и инерционность процесса теплопередачи. Это позволяет повысить точность моделирования процессов теплопередачи, особенно при использовании современных материалов. Для моделирования процессов теплопередачи, которые представляются сложными электрическими цепями, алгоритмы предложенной методики могут быть реализованы в виде компьютерных программ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Шакирин, А. И. Использование метода электротепловой аналогии для моделирования процессов теплопередачи электрическими цепями с нелинейными резистивными элементами / А.И. Шакирин // Агропанорама, 2014. – № 1. – С. 29-33.
- Кондратьев, А.В. Проектирование головных обтекателей ракет-носителей из полимерных композиционных материалов при одновременном тепловом и силовом воздействиях / А.В. Кондратьев // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского. –Х., 2010. – № 4. – С.11–22.
- Фокин, В. М. Основы технической теплофизики / В. М. Фокин, Г. П. Бойков, Ю. В. Видин. – Москва: Машиностроение, 2004. – 172 с.
- Ильин, М. В. Метод определения тепловых характеристик силовых полупроводниковых приборов / М.В. Ильин, Н. Н. Беспалов, Ю. М. Голембиовский // Вестник Саратовского гос. технич. университета, 2007, № 2 (24). – Вып. 1. – С. 88 – 94.
- Белоусов, А. В. Исследование тепловых режимов элементов и устройств бортовых систем управления космического назначения методом электротепловой аналогии: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. технич. наук: 05.13.05: 01.04.14. – Томск, 2004. – 19 с.
- Пупков, К. А. Функциональные ряды в теории нелинейных систем / К. А. Пупков, В. И. Капалин, А. С. Ющенко. – Москва: Наука, 1976. – 448 с.
- Винер, Н. Нелинейные задачи в теории случайных процессов / Н. Винер. – Москва: ИЛ, 1961. – 159 с.
- Проектирование усилительных устройств (на интегральных микросхемах): учебн. пособ. для радиотехнических специальностей вузов / Б. М. Богданович [и др.]; под ред. Б. М. Богдановича. – Мин.: Выш. школа, 1980. – 208 с., ил.
- Устройство для измерения передаточных функций Вольтерра нелинейных четырехполюсников: а.с. 586403 СССР, МКИ G 01R 29/02 / Б. М. Богданович, В. П. Дорошев, С. С. Позняк, Л. А. Черкас, А. И. Шакирин. – № 2054383/18-21 4; заявл. 16.08.74; опубл. 30.12.77 // Бюл. № 48. – 3 с. : ил.
- Chen C.F., Chiu R.F. New theorems of association of variables in multiple dimensional Laplace Transform. INT. J. SYSTEM CSI., 1973, vol. 4, no. 4, p. 647 – 664.
- Гандер, В. Решение задач в научных вычислениях с применением Maple и MATLAB. ISBN: 985-6642-06-X / В. Гандер, И. Гржебичек. – Издательство "Вассамедина", 2005. – 520 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 08.09.2015

УДК 664. 83 (476)

# **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЕЙ И ПРОИЗВОДСТВ КАРТОФЕЛЕПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ**

**И.В. Кулага,**

*доцент каф. экономической теории и права БГАТУ, канд. экон. наук, доцент*

**А.П. Шкляров,**

*доцент каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент*

*В статье обоснована значимость производства картофеля и продуктов его переработки. Представлен анализ динамики размеров посевных площадей, объемов производства и урожайности культуры в различных категориях хозяйств, последние достижения картофелеперерабатывающей отрасли и экспортный потенциал картофелеводческой державы.*

*The importance of potato production and its products is considered in the article. The analysis of the dynamics of the size of acreage, production volumes and crop yields in various categories of economy is presented, the latest achievements of potato processing industry and export potential potato-growing state are also presented.*

## **Введение**

Объективная необходимость социальной ориентации экономики Беларуси, ее направленности на повышение уровня жизни населения является характерной особенностью современного этапа и императивом дальнейшего воспроизводственного развития, определяя экономическую стратегию государственной политики на всех уровнях управления. Концептуально главная задача продовольственной политики государства заключается в создании системы эффективного производства, распределения и обмена, потребления, нацеленной на обеспечение населения качественной пищевой продукцией, а промышленности – соответствующим сырьем в объемах, необходимых для экономического роста, улучшения демографической ситуации и социально-экономического развития.

Проводимые в экономике Беларуси преобразования обуславливают особую значимость решения проблемы повышения эффективности функционирования картофелепродуктового подкомплекса – одного из ведущих структурных звеньев АПК, включающего совокупность экономически взаимосвязанных отраслей и производств, основными целями которых являются обеспечение максимальной эффективности производства всех структур, удовлетворение спроса внутреннего рынка на высококачественный картофель и продукты его переработки, повышение конкурентоспособности и увеличение сбыта продукции на внешнем рынке.

## **Основная часть**

Картофель относят к числу важнейших сельскохозяйственных культур разностороннего использования. Прежде всего, это незаменимый продукт питания, обладающий значительной энергетической ценностью (занимает 5-е место среди источников энергии в питании человека после пшеницы, кукурузы, риса и ячменя. В 100 г свежей массы картофеля в среднем около 295 кДж), содержащий высококачественный протеин (среди растительных белков культурных растений имеет самую высокую биологическую ценность), необходимые человеку витамины (C, B1, B2, PP, A) и минералы (кальций, железо, йод, калий, сера). Ни один продукт не имеет такого разнообразного применения в области питания, как картофель, который образно называют «вторым хлебом», поскольку приготовленный в разнообразном виде, он востребован даже при ежедневном включении в рацион.

Органолептические показатели и кулинарные свойства картофеля могут значительно варьировать и удовлетворять различные потребности. Так, в Германии потребитель предпочитает картофель, имеющий желтую мякоть, желтый цвет кожуры и насыщенный вкус. В Восточной Европе, России и Беларуси востребован картофель с розовой кожурой, во Франции и Нидерландах – спрос на некрупные клубни с мякотью слегка желтоватого цвета. Качество картофеля, его вкусовые показатели во многом зависят от сорта, почвы, обеспеченности доступными элементами питания, метеорологических условий, агротехники. Меняющиеся в последние годы представления о пище-

вой ценности картофеля как важнейшего продукта в диетическом питании человека обусловлены интенсивным развитием селекции в направлении повышения его питательности, а также проведением углубленных исследований в области биохимии.

Принято считать, что по значимости растениеводческих культур в мире картофель занимает четвертое место после пшеницы, риса и кукурузы. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), на фоне роста доходов населения во многих развивающихся странах происходит «пищевая революция», направленная на потребление продуктов с большой энергетической ценностью. Одна из составляющих этого процесса – повышение спроса на картофель, производство которого в мире растет и, по мнению аналитиков, в будущем эта векторная направленность не изменится.

Приведенный анализ показал, что в Республике Беларусь за последние 14 лет наблюдается тенденция к сокращению производства традиционной для нас культуры. Картофельное поле за 2000–2014 гг. сократилось более чем в 2 раза (с 661 тыс. га до 310,6 тыс. га). В 2014 г. по отношению к предыдущему площадь картофеля была увеличена лишь на 0,6 % (табл. 1).

Около половины пахотных земель в республике отведено под зерновые и зернобобовые культуры, около трети – под производство кормов. Остальные занимают картофель, овощи и лен (рис. 1).

В 2014 г. по отношению к 2010 г. удельный вес картофеля в посевных площадях всех категорий хозяйств снизился на 1,3 % и составил 5,3 %.

Среди областей республики по посевным площадям картофеля лидируют Брестская и Гродненская области (рис. 2).

Следует отметить, что в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь наметилась тенденция к снижению посевов картофеля. Посевная площадь данной культуры в 2013 г. сократились на 20 % по сравнению с 2012 г. В 2005–2013 гг. темп снижения составил 4,4 %. При этом в 2014 г. в сельскохозяйственных организациях лидируют Брестская и Минская области (рис. 3).

Анализ данных урожайности картофеля, представленных на рис. 4, позволяет сделать вывод о том, что за период с 2000 по 2014 г. произошли значительные изменения, причем, в сторону ее увеличения.

В 2014 г. урожайность картофеля в хозяйствах всех категорий составила 204 ц/га, что на 5,2 % больше показателя предыдущего года. Однако увеличение урожайности, достигнутое за это время, не восполняет недобор валового сбора, вызванный сокращением посевных площадей (рис. 5).

В 2014 г. валовой сбор картофеля в хозяйствах всех категорий составил 6280 тыс. т, что на 27,9 % меньше, чем в 2000 г. [4].

Несмотря на сокращение посевных площадей, валовой сбор картофеля в сельскохозяйственных орг-

анизациях за период с 2005 по 2013 гг. вырос в 1,5 раза (рис. 6).

За этот период значительные изменения произошли в сторону увеличения урожайности. По данным концерна «Белгоспищепром», в 2013 году в 110 организациях республики была получена урожайность картофеля свыше 300 центнеров с гектара, в том числе в Брестской области – 13, Витебской – 3, Гомельской – 11, Гродненской – 37, Минской – 33 и Могилевской – 13. Менее 150 центнеров с гектара урожайность культуры в 163 сельскохозяйственных организациях, что составило 28 % от общего количества, в том числе в Брестской области – в 37 организациях (36 %), Витебской – в 40 (69 %), Гомельской – в 15 (14 %), Гродненской – в 14 (14 %), Минской – в 41 (25 %) и в Могилевской области – в 16 организациях (28 %).

Товарное картофелеводство характеризуется высокой экономической эффективностью. В хозяйствах, где урожайность этой культуры превышает 200 ц/га, ее производство рентабельно, а при урожайности 300 ц/га рентабельность достигает 100 %. Вместе с тем выращивание картофеля требует больших материальных (около 6 млн руб. на 1 га) и трудовых (300–400 чел.-ч/га) затрат. Чтобы его выращивание приносило хозяйству высокую прибыль, при строгом соблюдении технологических требований, необходимо получать 300 ц/га и более качественной товарной продукции.

Значительное влияние на формирование урожая оказывают погодные условия. По информации РУП «НПЦ НАН Беларусь по картофелеводству и плодоовощеводству», недобор урожая картофеля в 2014 г. обусловлен сложными погодными условиями, сложившимися в весенне-летний период отчетного года. Пониженные температуры в мае способствовали замедлению и неравномерности всходов, избыточные осадки в июле – значительному переувлажнению почвы, особенно на пониженных участках, а аномально высокая жара сдерживала рост клубней средне-поздних и поздних сортов картофеля. Также в хозяйствах населения недостаточно активно проводится сортосмена и сортообновление семян картофеля, используемых для посадки.

В хозяйствах населения в последние годы наметилась тенденция снижения объемов производства и урожайности картофеля (рис. 7).

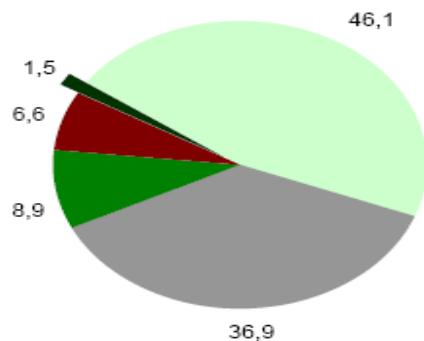
В целом по Республике Беларусь наблюдается рост урожайности в сельскохозяйственных предприятиях, но в результате снижения ее уровня в личных подсобных хозяйствах (ЛХП), урожайность во всех категориях хозяйств практически не меняется. Урожайность картофеля в крестьянских хозяйствах ниже, чем в сельскохозяйственных предприятиях, что обусловлено сложностью ведения севооборота на малых площадях, отсутствием у фермеров денег на закупку семян, удобрений, технических ресурсов, поэтому ожидать возрастания роли кре-

Таблица 1. Посевные площади картофеля в хозяйствах всех категорий, (тыс. га)

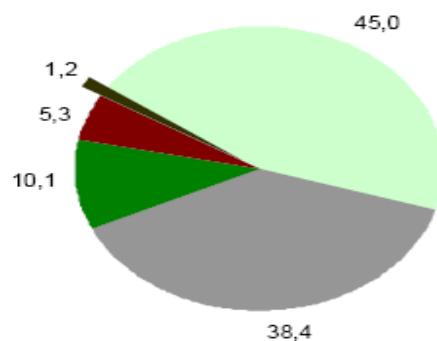
Показатели	Годы								2014 г. в % к 2013 г.	2014 г. в % к 2000 г.
	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
Вся посевная площадь	6154,9	5473,3	5713,1	5599,0	5738,3	5826,9	5739,2	5860,1	102,1	95,2
Посевная площадь картофеля	661,0	467,3	389,2	371,0	344,7	335,2	308,6	310,3	100,6	46,9

Примечание: [1]

2010



2014



- Зерновые и зернобобовые культуры
- Культуры кормовые
- Культуры технические
- Картофель
- Овощи

Рисунок 1. Структура посевных площадей в хозяйствах всех категорий организаций Республики Беларусь в 2010 и 2014 гг. (в % к итогу)



Рисунок 2. Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий по областям республики в 2014 г. (в % к итогу)

стянских хозяйств в валовом производстве картофеля в ближайшее время не приходится.

Картофель, выращенный в частном секторе, идет в основном на продовольственные цели, семена и корм

скоту, а в сельхозорганизациях – как товарная продукция на внутренний и внешний рынки. Ежегодные объемы производства картофеля позволяют в полном объеме обеспечивать внутренние потребности республики и



Рисунок 3. Посевные площади сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях по областям в 2014 г. (в % к итогу)

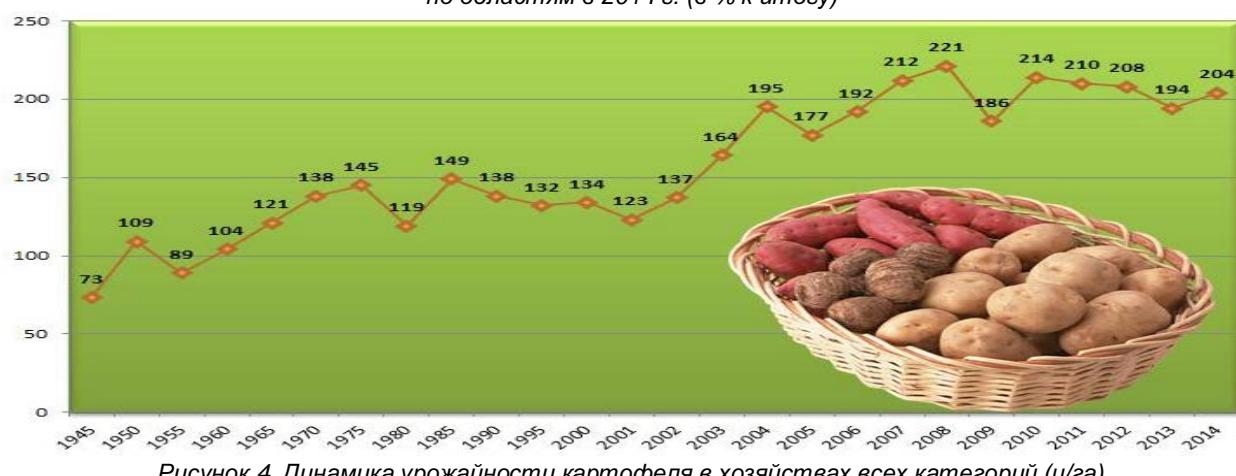


Рисунок 4. Динамика урожайности картофеля в хозяйствах всех категорий (т/га)

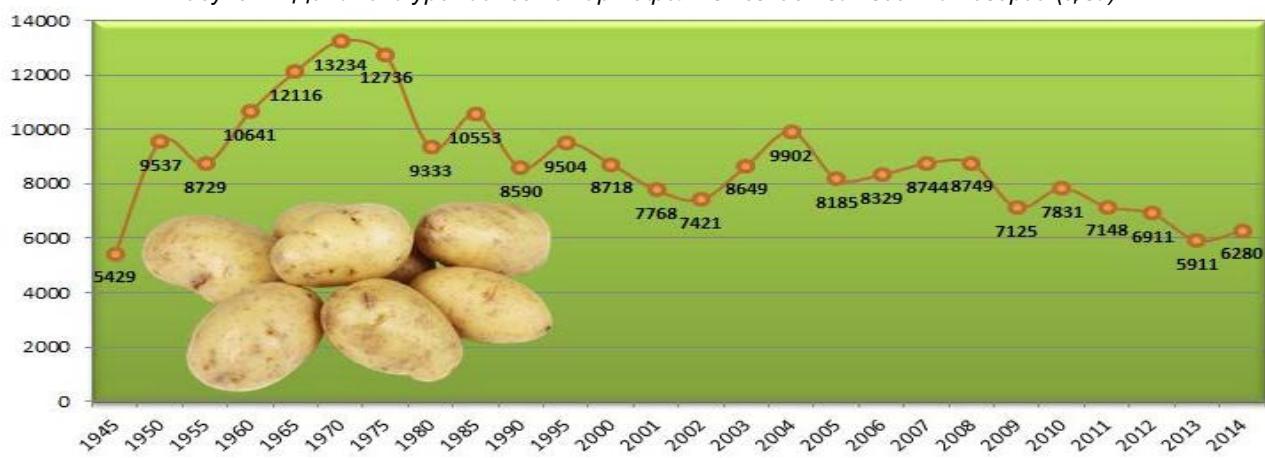


Рисунок 5. Динамика валового сбора картофеля в хозяйствах всех категорий (тыс. т)

выполнять договорные обязательства по экспортным поставкам. В то же время необходимо отметить, что высокий уровень производства картофеля не подтверждается его товарной массой на продовольственном рынке. Достаточная самообеспеченность картофелем населения республики, его низкая конкурентоспособ-

ность, недостаток переработки, отсутствие навыков и опыта в организации эффективного сбыта являются главными факторами его низкой товарности.

Рыночная экономика изменила систему сбыта картофеля. Оптовые базы и торговые сети заинтересованы в партнерах, обеспечивающих равномерную

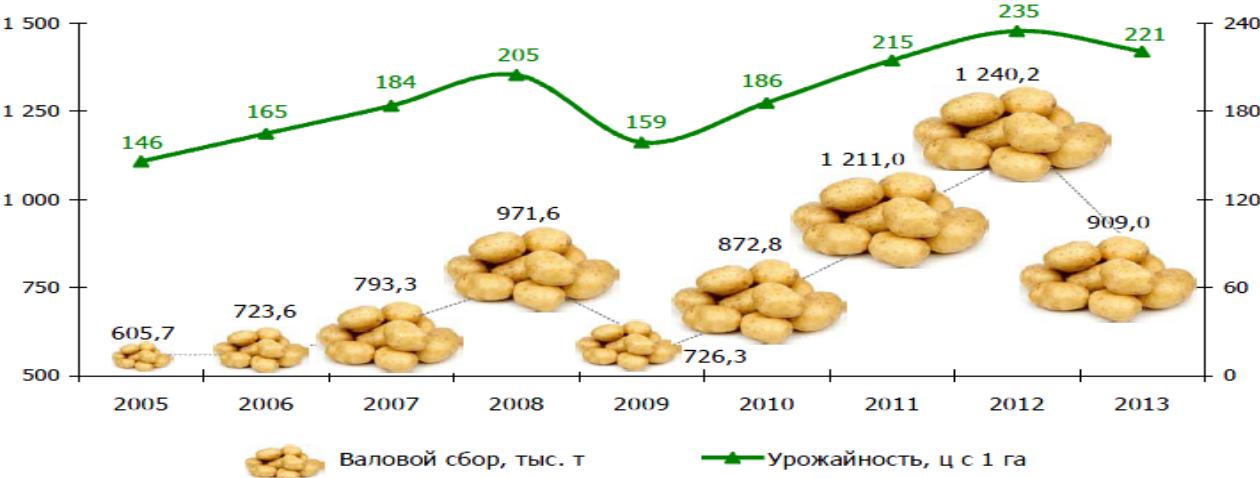


Рисунок 6. Валовой сбор и урожайность картофеля в сельскохозяйственных организациях

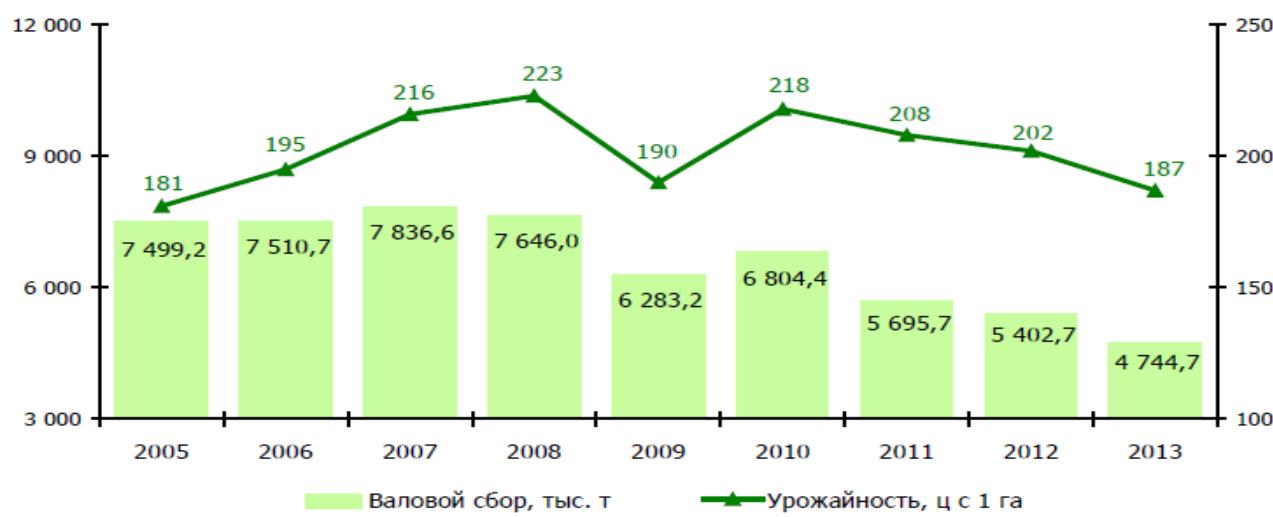


Рисунок 7. Валовой сбор и урожайность картофеля в хозяйствах населения

поставку товара в течение года, на упаковку и доведение до товарных кондиций которого требуется минимум затрат. Длительное хранение картофеля не входит в их интересы. Производители отдают себе отчет в том, что основная проблема – не вырастить, а реализовать урожай с максимальной выгодой, поэтому длительное хранение картофеля становится обязанностью сельскохозяйственных предприятий, неотъемлемым этапом технологического процесса производства. В Беларуси существенные капиталовложения направляются на строительство и реконструкцию картофелехранилищ, но освоение современных технологий хранения только начинается. Отсутствие должной культуры хранения подтверждает тот факт, что до последнего времени в республике не функционировало ни одно предприятие со специализацией на оборудовании для хранения плодово-овощной продукции [6].

Проведенное исследование по вопросу состояния экспортных поставок белорусского картофеля позволяет заключить, что начиная с 2006 г. республика

превратилась из страны, импортирующей в страну, экспортирующую картофель (табл. 2), объемы экспорта которого увеличились с 96,2 тыс. т в 2005 г. до 277,8 тыс. т в 2013 г., а импорта сократились за этот период до 70,5 тыс. т.

Импорт картофеля – это, прежде всего, закупки семенного и раннего картофеля, который поставляется в Беларусь с мая по июнь, когда своего еще нет. Основной поставщик семенного картофеля – Нидерланды. Так, из этой страны за период с января по апрель 2014 г. было поставлено более 1630 тонн. Посадочный картофель экспортируется также из Германии, Польши, Франции и Чехии. Ранний картофель завозят из Марокко, Египта, Македонии, а первые клубни отечественного производства в розничной торговле и на рынках прилавках обычно появляются в конце июня.

По вкусовым качествам белорусский картофель превосходит импортный. Голландский, македонский и египетский картофель пользуется определенным спросом у потребителей, однако, по сравнению с бе-

**Таблица 2. Ресурсы и использование картофеля и картофелепродуктов (тыс. т)  
в 2005–2013 гг.**

Показатель	Годы					
	2005	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Ресурсы картофеля и картофелепродуктов</b>						
Запасы на начало года	4993,7	5692,8	5018,2	5161,4	4629,7	4378,8
Валовой сбор	8184,8	7125,0	7831,1	7147,9	6910,9	5913,7
Импорт	135,2	65,9	129,6	111,4	57,6	70,5
Итого ресурсов	13313,7	12883,7	12978,9	12420,7	11598,2	10363,0
<b>Использование картофеля и картофелепродуктов</b>						
Потреблено в республике	8040,1	7743,6	7678,8	7694,3	7022,1	6181,1
Личное потребление	1770,5	1749,4	1736,7	1730,8	1761,0	1695,4
Экспорт	96,2	121,9	138,7	96,7	197,3	277,8
Запасы на конец года	5177,4	5 018,2	5 161,4	4 629,7	4378,8	3904,1

лорусским, проигрывает по вкусовым качествам. Отечественный картофель также не уступает польскому и немецкому.

Программой развития картофелеводства в Беларуси, рассчитанной до 2015 года, предусматривается увеличить объемы производства картофеля в стране до 9 млн тонн. При этом экспорт должен составить не менее 500 тыс. тонн в год. По последним статистическим данным FAO, объем в 500 тыс. тонн – это уровень 5-6-го места в мировом рейтинге ведущих экспортёров картофеля, а денежные поступления от таких объемов могут составить 100-150 млн долларов в год. В 2015 г. на основании уже заключенных контрактов с производителями и растущего спроса можно предположить, что Беларусь впервые за последние десять лет сможет вновь войти в первую двадцатку мировых экспортёров картофеля.

В настоящее время идет восстановление статуса Беларуси как мировой картофелеводческой державы. По производству картофеля Беларусь в последние годы находится около нижней части первой двадцатки, а в топ-20 крупнейших экспортёров этого продукта в последний раз оказывалась в 2000 году. По данным FAO, объем экспорта белорусского картофеля составил тогда 11,3 млн долларов и с этим показателем Беларусь заняла 17-ю строчку "картофельного" рейтинга, который на протяжении 1990–2000-х гг. возглавляют пять крупнейших экспортёров картофеля: Нидерланды, Франция, Германия, Бельгия и Канада. При этом следует отметить, что только одна из упомянутых стран (Германия) входит в число крупнейших мировых производителей этого продукта. Мировыми лидерами по производству картофеля являются Китай, Россия, Индия и США [2].

Для Беларуси четко просматривается зависимость объемов экспорта от собранного урожая. Начавшееся с 1996 года падение объемов производства картофеля в стране в итоге привело к сокращению объемов экспорта и валютных поступлений от него. В первый раз Беларусь попала в топ-20 крупнейших экспортёров картофеля в 1994 году. По оценке FAO, общий объем экспорта составил около

20 млн долларов. Излишки стали возможны в результате рекордного урожая в 1993 году – 11,6 млн тонн картофеля.

В дальнейшем объем валового сбора начал уменьшаться. В 1995 году он составил 9,5 млн тонн, в 1996 г. увеличился до 10,8 млн тонн, а далее началось падение. В течение 1997–2002 гг. Беларусь выпала из мировой двадцатки по производству картофеля и вновь появилась там в 2003 г., когда было собрано 8,6 млн тонн клубней. По имеющейся статистике, лучшим годом в новом тысячелетии стал 2004, когда сбор картофеля составил 9,9 млн тонн, однако к этому времени Беларусь перестала серьезно влиять на мировой рынок экспортными поставками.

Значительные экспортные поставки, которые позволяли Беларуси относиться к 20 ведущим картофелеводческим державам мира, велись на протяжении 1994–2000 годов, а на 1996 год пришелся рекордный объем экспорта, в денежном выражении – 25,7 млн долларов. Объем экспорта белорусского картофеля даже в самые лучшие годы находился в пределах 30 млн долларов и не идет в сравнение с другими продовольственными позициями республики, доходы от которых составляют сотни миллионов долларов (молоко, мясо, сахар). Однако следует учитывать, что за последние двадцать лет мировая цена на этот продукт значительно выросла. При этом средняя цена белорусского экспортного картофеля, поставляемого в основном в Россию, за все это время не дотягивала и до 200 долларов за тонну. Для сравнения: в 2007 году средняя цена картофеля из Португалии составила 723 доллара за тонну, а лидеры – голландцы и французы продавали свою продукцию на мировом рынке в среднем по 463 и 348 долларов за тонну соответственно [2].

Очевидно, что для завоевания лидирующих позиций на внешнем рынке, белорусские аграрии должны не только получать высокие урожаи картофеля, но и обеспечивать себе возможность установления конкурентоспособной цены, в структуру которой обоснованно может быть заложен высокий уровень добавленной стоимости.

В обеспечении продовольственной безопасности Республики Беларусь значительная роль отводится повышению эффективности производства и использования картофеля. При этом возрастающее значение приобретает его переработка, способствующая эффективному использованию продукции, сокращению затрат на ее хранение и транспортировку, получению разнообразных, ценных и удобных в употреблении продуктов питания. Картофель является наиболее доступным сырьем во многих регионах, поэтому переработка его – прибыльный и выгодный бизнес даже для тех предприятий, которые сами картофель не выращивают, а занимаются его хранением.

В Республике Беларусь традиционно почти весь объем картофеля потребляется в свежем виде, а удельный вес продуктов переработки в пересчете на свежеприготовленный картофель не превышает 10 % от общего потребления. В переработке картофеля наша страна отстает от других государств и не обеспечивает свои потребности за счет собственного производства. Если в США более 50 % продовольственного картофеля перерабатывается на картофелепродукты, то в Республике Беларусь – менее 2 %. Потребность внутреннего рынка Беларуси в картофелепродуктах обеспечивается за счет импортных поставок. В соответствии с принятой в стране Государственной комплексной Программой развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011-2015 гг. предусматривается довести производство картофелепродуктов до 12 тыс. т в год, расширить их ассортимент, усовершенствовать существующие и разработать новые эффективные технологии и оборудование, способствующие рациональному использованию сырья и получению продуктов высокого качества [3].

За последние годы картофелеперерабатывающая отрасль Беларуси претерпела существенные изменения. Введены в эксплуатацию новые производства по выпуску крахмала в ОАО «Новая Друть» и ОАО «Отечество». В ОАО «Новая Друть» также построен цех по производству модифицированных крахмалов, которые необходимы для фармацевтической отрасли республики. Создано новое производство по выпуску сущеного картофеля и овощей в КСУП «Славгородский пищевик» в Могилевской области. В ОАО «Лидапищеконцентраты» восстановлен цех по выпуску крахмала и сущеного картофеля. Проведена частичная реконструкция Заспенского крахмального завода в Гомельской и ОАО «Машпищепрод» в Минской областях. В текущем году завершено строительство нового завода в Гродненской области, который оснащен оборудованием шведской фирмы «Ларссон», мощностью переработки – 300 т картофеля в сутки, или 36 тыс. т за сезон (120 дней). Запуск этого завода позволит сравнить работу технологического оборудования различных фирм и выявить лучшее.

## **Заключение**

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Картофель относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур разностороннего использования. Прежде всего – это ценный продукт питания и сырье для производства готовых продуктов (чицы, крекеры и т. д.), а также спирта и крахмала. Промышленная переработка картофеля решает ряд важных экономических и социальных задач.

2. Состояние производства картофеля в республике характеризуется нестабильностью производства по годам, основными причинами которой являются перераспределение производства между категориями хозяйств и регионов, а главной – существенная амплитуда колебаний урожайности.

3. Высокий уровень производства картофеля не подтверждается соответствующей товарной массой на продовольственном рынке. Достаточная самообеспеченность картофелем населения республики, низкая конкурентоспособность продукции, недостаток переработки, отсутствие опыта в организации эффективного сбыта являются главными факторами его низкой товарности.

4. Для занятия лидирующих позиций на внешнем рынке, белорусские аграрии должны не только получать высокие урожаи картофеля, но и обеспечивать себе возможность установления конкурентоспособной цены, в структуру которой может быть заложен обоснованно высокий уровень прибыли.

5. За последние годы картофелеперерабатывающая отрасль Беларуси претерпела существенные положительные сдвиги в вопросах технической модернизации и ввода в эксплуатацию новых производств.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Беларусь в цифрах: стат. справочник / И.А. Костевич [и др.]; под общ. ред. В.И. Зиновского. – Минск, 2015. – 175 с.

2. В мировом аграрном производстве происходят изменения [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [http://www.centralasia-nstone.com/biznes/v\\_mirovom\\_agrarm\\_proizvodstve\\_proishodyat\\_izmeneniya](http://www.centralasia-nstone.com/biznes/v_mirovom_agrarm_proizvodstve_proishodyat_izmeneniya). – Дата доступа: 13.06.2015.

3. Государственная комплексная Программа развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011-2015 гг. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [www.sula.by/files/programme2011-2015.doc](http://www.sula.by/files/programme2011-2015.doc). – Дата доступа: 12.07.2015.

4. Картофелеводство [Электронный ресурс]. – 2015 / Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.mshp.minsk.by/agriculture/crop/potato/>. – Дата доступа: 12.04.2015.

5. Картофелеперерабатывающая отрасль Республики Беларусь: состояние и перспективы развития // Пищевая промышленность: наука и технологии, 2011. – № 2. – С. 51-54.

6. Картофель и картофелепродукты: наука и технологии / З.В. Ловкис [и др.]. – Минск: Белар. наука, 2008. – 539 с.

7. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] / Официальный интернет-портал национального статистического

комитета Республики Беларусь. – Минск, 2015. – Режим доступа: [http://belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasli-statistiki/selskoe-hozyaistvo/osno\\_vnye-pokazateli-za-period-s\\_-po-\\_gody\\_6/posevnye-ploschadi-osnovnyh-selskohozyaistvenny\\_2/](http://belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasli-statistiki/selskoe-hozyaistvo/osno_vnye-pokazateli-za-period-s_-po-_gody_6/posevnye-ploschadi-osnovnyh-selskohozyaistvenny_2/). – Дата доступа: 03.06.2015.

8. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / И.А. Костевич [и др.]. – Минск: Нац. стат. комитет Республики Беларусь, 2014. – 370 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 07.09.2015

УДК 664.8.03, 338.439

## ОСОБЕННОСТИ, ПРИНЦИПЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

С.Л. Белявская,

ст. преподаватель каф. экономической теории и права БГАТУ

*Проанализирован потребительский спрос на рынке плодовоовощной продукции республики, определены особенности, принципы и направления обеспечения конкурентоспособности плодовоовощной продукции отечественных производителей.*

*The consumer demand for fruit and vegetable market of the republic is analysed, the article is defined characteristics, principles and directions for ensuring the competitiveness of domestic producers of horticultural products.*

### Введение

Обеспечение социально-экономической стабильности в обществе практически невозможно без формирования достаточных объемов и рациональной структуры продовольственных ресурсов. Важная роль в решении данной проблемы принадлежит круглогодовому обеспечению населения качественной и разнообразной плодовоовощной продукцией в соответствии с физиологически обоснованными нормами. Производство плодовоовощной продукции входит в перечень из восьми групп товаров, обеспечивающих продовольственную безопасность Республики Беларусь, с учетом чего развитие производства конкурентоспособной плодовоовощной продукции имеет важное практическое значение.

Повышение уровня продовольственной безопасности страны, наращивание экспорта, обеспечение высококачественного и сбалансированного питания населения зависит от эффективного функционирования рынка плодовоовощной продукции. Из-за проявления противоречий, вызванных особенностями предложения и потребительского спроса, рынок плодовоовощной продукции находится в процессе непрерывного динамического развития. Сбалансированность по спросу и предложению определяет достижение главной цели – обеспечения населения жизненно важными

продуктами питания по научно обоснованным медицинским нормам и социально приемлемым ценам.

### Основная часть

Рынок плодовоовощной продукции включает как свежие овощи, плоды и ягоды, так и продукты, полученные путем их переработки (сухие, замороженные, консервированные, измельченные и т. д.), и относится к группе продовольственных товаров. Формирование и развитие рынка плодовоовощной продукции имеет ряд специфических особенностей:

- свежее плодовоовощное сырье (особенно ягодное) имеет сравнительно непродолжительный период хранения, в связи с чем подлежит переработке в короткие сроки и требует соответствующих каналов оперативной реализации и логистики;
- присутствует сезонность производства и реализации плодовоовощной продукции, что определяет необходимость создания запасов готовой продукции (в зависимости от сроков годности);
- плодовоовещная продукция является социально значимым видом продовольствия, что предполагает необходимость непрерывного обеспечения как физической, так и экономической ее доступности для населения;
- производство плодовоовощной продукции имеет место во всех регионах республики, причем, выращи-

ванием плодовоощного сырья и его переработкой занимаются как крупные предприятия, так и мелкие товаропроизводители – фермеры, индивидуальные предприниматели, население;

– ассортимент производимой продукции определен географическими и природно-климатическими условиями республики, что влияет на объемы экспорта и импорта отдельных видов плодовоощной продукции;

– реализация плодовоощной продукции имеет четкую потребительскую сегментацию, что предполагает необходимость исследования потребительского спроса с целью воздействия на него производителем продукции.

В связи с тем, что плодовоощная продукция является частью продовольственного рынка, то формирование спроса на нее осуществляется под воздействием предельных величин потребления. Предельные величины потребления обусловлены физиологическими, историческими, национальными, территориальными, климатическими, интеллектуальными особенностями. Это означает, что при насыщении рынка рост доходов потребителей не приводит к дальнейшему увеличению спроса («количественной» составляющей), а происходит изменение предпочтений в сторону потребления более качественной продукции, более удовлетворяющей запросам потребителей, после удовлетворения «потребительской и качественной» составляющей спроса сокращается доля расходов на питание, расширяются возможности переключения спроса на другие товары. В структуре потребительских расходов домашних хозяйств республики наибольшую часть составляют затраты на питание – свыше 40 % (2014 год – 41,6%) [3], при этом доля плодовоощной продукции в рационе питания повышается, что свидетельствует о достаточно емком внутреннем рынке, объем которого зависит от доходов населения и способности производителей выпускать плодовоощную продукцию, соответствующую вкусам потребителей.

Спрос потребителей на продукцию зависит как от объективных, так и субъективных факторов. Исследования показали, что потребители плодовоощной продукции в своих оценках опираются на такие факторы, которые максимально учитывают его личные предпочтения и интересы в данный период времени, поэтому производителям требуется определять конкурентоспособность не только с учетом стоимостных и нормативных факторов плодовоощной продукции, но и с учетом потребительских вкусов и предпочтений.

Вкусовые предпочтения конечного потребителя (человека) устанавливаются субъективно, и отражают его личное вкусовое восприятие и эмоционально-психологические мотивы, влияющие на выбор в процессе совершения покупки. На практике каждый потребитель индивидуален, и его поведение нельзя считать рациональным, к тому же порой он действует

даже нерационально, основываясь лишь на чувствах и эмоциональных желаниях, так как ему сложно выразить и подсчитать полезность от покупки в неких условных единицах.

При выборе плодовоощной продукции часто потребители ориентируются только на собственные вкусовые предпочтения, например, любят томатный сок, а не морковный или яблочный, то есть независимо от цены и качества произведенного яблочного сока потребитель сделает выбор в пользу томатного. Если до истечения срока годности продукции остался 1-2 дня (и на данный момент времени она отвечает всем качественным параметрам), а потребитель осуществляет «покупку впрок», то он ее не выберет даже при существенном снижении цены. Так, дети выбирают упаковку с изображением любимого мультиплексионного героя и совершают покупку, независимо от других характеристик продукции. Проводимые маркетинговые исследования показали, что потребители порой склонны приобрести даже дорогую продукцию сомнительного качества, если она реализуется в «шаговой доступности» или в определенное время, то есть на выбор влияет территориально-временная доступность продукции.

Результаты маркетингового исследования рынка плодовоощной продукции [2] показывают, что определяющие критерии выбора потребителей следующие:

- вкус (36,1 % респондентов);
- цена (28,8 % респондентов);
- внешний вид продукции (20,7 % респондентов).

Стабилизация вкусовых характеристик является важнейшим условием конкурентоспособности плодовоощной продукции. Вместе с тем, вкус напрямую зависит от качества сырья. Производитель может менять вкусовые характеристики производимой плодовоощной продукции, внося изменения в рецептуру, добавляя различные компоненты, вместе с тем, такие действия чрезвычайно затратные, требуют нормативных согласований и сильно увеличивают себестоимость продукции. Организация производства плодовоощной продукции стабильных вкусовых характеристик требует постоянного контроля качества сырья и достижения одинаковых параметров у всех его поставщиков. В данной связи важнейший ресурс повышения уровня конкурентоспособности и первоочередная задача производства плодовоощной продукции – обеспечение потребности перерабатывающих предприятий в плодовоощном сырье, требуемого ассортимента, качества и в определенные сроки поставки, что возможно лишь за счет формирования полноценных и стабильных сырьевых зон [1].

Цена и внешний вид, включая упаковку, – функции маркетинга, и в полной мере зависят от выбранной производителем стратегии продвижения плодовоощной продукции на рынке.

Характерная особенность рынка плодовоощной продукции Беларусь состоит в том, что конкурентами

производителей плодово-овощной продукции являются сами потребители, в связи с тем, что население самостоятельно выращивает и консервирует плодово-овощную продукцию в объемах, достаточных для ее потребления в течение всего года. Именно по этой причине объем продаж и емкость рынка различаются.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о рыночном потенциале производства плодово-овощной продукции перерабатывающими предприятиями республики, высокая доля которой заготавливается самими потребителями сегодня в домашних условиях, по причине лучшего вкуса домашней заготовки (80,1 % опрошенных респондентов) [2].

**Таблица 1. Потребление наиболее значимых видов плодово-овощной продукции на внутреннем рынке республики, %**

Вид продукции	Доля потребителей из числа респондентов	Доля респондентов, заготавливающих продукцию самостоятельно
Салаты	63,3	52,3
Огурцы маринованные	63,8	55,9
Томаты маринованные	56,5	51,3
Огурцы консервированные	62,8	55,5
Томаты консервированные	58,6	52,7
Повидло, джемы, варенье	66,2	61,2

Специфика рынка плодово-овощной продукции определяет особенности, которые необходимо учитывать производителям при реализации для обеспечения конкурентоспособности на рынке по следующим семи направлениям, а именно:

1. *По видам продуктовых групп:* здесь выигрывают те предприятия-производители, которые предлагают более широкий ассортимент плодово-овощной продукции. Например, предприятия-производители, выпускающие только морковный сок, уступают часть рынка соков предприятиям, выпускающим одновременно несколько соков: морковный, морковно-яблочный и фруктово-морковный. Выпуск большого ассортимента продукции (соки, консервированные салаты, замороженные смеси, компоты, джемы и прочие виды переработки) дает возможность удовлетворить множество потребительских вкусов и привлечь больше покупателей плодово-овощной продукции.

2. *По сравнению с продукцией домохозяйств:* предприятия-переработчики сталкиваются с тем, что большая часть населения республики традиционно предпочитает перерабатывать и консервировать овощи, плоды и ягоды самостоятельно в домашних условиях. Несмотря на то, что потребление овощной и фруктово-ягодной консервации возрастает год от года, однако это происходит скорее из-за перераспределения спроса. В Минске и других крупных городах республики объем рынка плодово-овощной консервации и продукции предприятий-переработчиков плодов и овощей гораздо больше, чем в сельском секторе. На периферии в основном используют домашние заготовки (маринованные, соленые овощи, компоты, ва-

ренья) и покупают лишь недорогие продукты, которые сложно производить традиционным способом в домашних условиях (консервированные горошек, кукуруза, кетчуп, некоторые соки).

3. *По сравнению с другими видами продуктов:* то есть, возможность замещения одного вида продукции другим в силу влияния на потребительский выбор какого-либо фактора. Так, часто консервированная плодово-овощная продукция заменяется свежими овощами и фруктами, благодаря наличию большего количества витаминов в последней. В силу сложившихся обычая, традиций и религии определенные группы населения потребляют только пищу растительного происхожде-

ния. В последние годы популяризуется здоровый образ жизни, что стимулирует рост потребления овощной и плодово-ягодной продукции. Спрос на плодово-овощную консервацию и продукцию предприятий-переработчиков овощей, плодов и ягод увеличивается благодаря тенденции концентрации населения и ускорения темпа

жизни в городах, снижения объема домашних заготовок и развития сетевых форматов торговли. Стабильный пик потребления консервированной плодово-овощной продукции приходится на декабрь-февраль. В этот период, благодаря фактору сезонности, продажи вырастают.

4. *Внутри потребительских групп:* влияние на потребительский выбор оказывает возрастной фактор: молодежь больше покупает консервированную овощную и плодово-ягодную продукцию, так как она экономит время, затрачиваемое на приготовление пищи, и стремится попробовать все новые вкусы, а более зрелые и пожилые люди высказывают достаточно консервативную позицию, покупая знакомые с детства продукты (например, болгарское лечо, горошек Globus и т.д.), реже склонны к приобретению консервированных салатов, джемов и компотов, стремясь компенсировать их объемами домашних заготовок.

5. *Относительно импортной составляющей:* белорусские производители сегодня не могут в полном объеме удовлетворить потребности плодово-овощного рынка по причине недостатка сырья. Во-первых, спросом пользуется продукция, содержащая экзотические овощи и плоды, не произрастающие в природно-климатических условиях республики (цитрусовые, бананы, авокадо, манго, бахчевые и прочие). Во-вторых, некоторые виды плодово-овощной продукции производятся в недостаточном объеме и ассортименте. Например, овощные и фруктовые смеси быстрой заморозки, сухие овощные и плодово-ягодные полуфабрикаты, сухие овощные супы, плодово-ягодные чипсы, различные салаты быстрого приготовления,

джемы и конфитюры, плодово-овощные продукты без содержания сахара.

6. *По ценовому или иным экономическим факторам* предполагает привлекательность того или иного продукта в зависимости от его цены, либо иных стоимостных факторов. Более конкурентоспособной будет продукция тех производителей, которые предлагают покупателям получить различные скидки и бонусы при покупке именно их плодово-овощной продукции. Это могут быть скидки при увеличении объемов покупки, различные бонусы при последующих покупках, например в виде выдачи дисконтных карт на их продукцию или вручение покупателю впервые произведенной предприятием продукции «в подарок», проведение акций и розыгрышей среди покупателей продукции.

7. *По ценовому фактору в сравнении с другими видами продуктов питания:* предполагает замену плодово-овощной продукции другими продуктами питания исходя из их стоимости и уровня доходов потребителей. Так, если ценовая привлекательность овощной и плодово-ягодной продукции выше по сравнению с мясными и рыбными продуктами, то при прочих равных условиях потребитель склонен увеличить потребление овощной и плодово-ягодной продукции. При значительном для потребителя превышении стоимости консервированной плодово-овощной продукции над стоимостью свежей, потребители будут склонны к переработке и консервированию овощей, плодов и ягод самостоятельно в домашних условиях.

На основании специфики производства и реализации плодово-овощной продукции, с учетом исследования рынка и его тенденций развития, определены принципы обеспечения конкурентоспособности плодово-овощной продукции:

– принцип гарантированного качества (предполагает, что качественные характеристики продукции соответствуют требованиям безопасности, полноценности по содержанию полезных для человека компонентов, обладают высокими органолептическими свойствами);

– соответствие потребительскому спросу и оперативной адаптации к изменяющимся условиям рынка (предполагает востребованность продукции потребителем, потребительские характеристики которой удовлетворяют требованиям рынка);

– ценовой доступности (предполагает доступность продукции для всех слоев населения);

– уникальности идентификации и узнаваемости (предполагает использование товарных марок и знаков, позволяющих отличить продукцию конкретного производителя от ее конкурентного аналога);

– инновационности (предполагает нововведения, выпуск новых видов продукции, соответствующих новейшим технологическим разработкам);

– комплексного соответствия конкретному рынку, выше среднего (предполагает лучшую оценку потребителем соотношения качественных и потребительских характеристик продукции к ее цене, по сравнению с аналогичной продукцией конкурентов, представленной на рынке);

– стабильности (предполагает постоянное обеспечение населения продукцией в требуемом объемом, не допущение снижения доли продаж на рынке, а также обеспечение конкурентной устойчивости предприятия-производителя).

Соответствие производимой плодово-овощной продукции данным принципам конкурентоспособности обеспечит не только ее эффективный сбыт и востребованность на рынке, но и гарантирует устойчивое развитие отрасли в целом, гарантируя результативность как производителей овощей, плодов и ягод, так и переработчиков плодово-овощного сырья.

### **Заключение**

1. Плодово-овощная продукция является частью продовольственного рынка, а на уровень ее конкурентоспособности существенное влияние оказывает воздействие предельных величин потребления, поэтому оценку рынка предприятиям-производителям следует осуществлять с учетом норм рационального и здорового питания, а также продовольственной безопасности страны.

2. Проведенные исследования рынка плодово-овощной продукции показали, что конкурентами предприятий-производителей плодово-овощной продукции являются сами потребители, в связи с тем, что население самостоятельно выращивает и консервирует плодово-овощную продукцию в объемах, достаточных для ее потребления в течение всего года.

3. Вкусовые предпочтения являются определяющим фактором при ее выборе потребителем, при этом более 80 % уверены, что консервированная плодово-овощная продукция собственного производства вкуснее покупной.

4. Организация производства плодово-овощной продукции стабильных вкусовых характеристик требует обеспечение перерабатывающих предприятий плодово-овощным сырьем, требуемого ассортимента, качества и сроков поставки, что возможно лишь за счет формирования полноценных и стабильных сырьевых зон.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гануш, Г.И. Механизм формирования сырьевых зон предприятий по переработке овощей, плодов и ягод / Г.И. Гануш, С.Л. Белявская // Аграрная экономика, 2013. – №5. – С. 31-35.

2. Исследование параметров и характеристик потребительского спроса на консервированную плодово-овощную продукцию: отчет о НИР / БГСХА; П.Б. Любецкий, С.В. Ермоленко, Н.С. Напреева. – Горки, 2011. – 35 с. – № МИ 2009002.

3. Беларусь в цифрах: стат. справоч. – Минск: Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2015. – 76 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.07.2015

УДК 631.356.47

# РОТОРНАЯ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКА ДЛЯ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ

А.Г. Вабищевич,

зав. каф. инженерной графики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент,

М.А. Прищепов,

проректор по научной работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

Н.Д. Янцов,

доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

*В статье рассмотрен экспериментальный образец однорядной роторной картофелесажалки с роторным высаживающим аппаратом, которая предназначена для рядковой посадки клубней картофеля с одновременным внесением минеральных удобрений на малоконтурных полях в условиях личных подсобных и небольших фермерских хозяйств.*

*The article describes an experimental model of single-row rotary potato planter with rotary device, which is designed to seed planting potatoes with simultaneous application of fertilizers on milk fields in terms of personal, utility and small farms.*

### Введение

В Республике Беларусь наряду с сельскохозяйственными предприятиями определенный вклад в производство отдельных видов сельскохозяйственной продукции вносят личные подсобные и небольшие фермерские хозяйства, особенно по производству картофеля – 80,2 %, овощей – 68 %, яиц – 29,5 %, плодов и ягод – 78,1 % от общего объема производства [1].

Однако имеющаяся материальная база личных подсобных и фермерских хозяйств не позволяет эффективно вести возделывание этих культур. Многие фермерские хозяйства имеют энергетические средства, однако далеко не в полной мере обеспечены специализированными орудиями, что сдерживает производство продукции..

Личные подсобные хозяйства занимают 15,3 % от общего количества посевных площадей, а доля их продукции является значительной. Сдерживает развитие личных подсобных хозяйств отсутствие средств малой механизации. Необходимость облегчения малопроизводительного, как правило, ручного труда владельцев земельных участков требует разработки и производства малогабаритной и сравнительно недорогой техники для личных подсобных хозяйств, используя при этом материалы, а также узлы и детали, которые широко применяются при производстве промышленной сельскохозяйствен-

ной техники, тем самым обеспечив унификацию их производства и технического сервиса.

### Основная часть

Для облегчения посадки картофеля в личных подсобных хозяйствах предлагается роторная картофелесажалка (рис. 1). Картофелесажалка модульная однорядная с роторным высаживающим аппаратом предназначена для рядковой посадки клубней картофеля с одновременным внесением удобрений на малоконтурных полях.



Рисунок 1. Роторная картофелесажалка

Технологическая схема данной роторной картофелесажалки представлена на рисунке 2. Картофеле-

ся на глубину 2...4 см ниже посадки клубней, а затем клубни картофеля, которые подаются роторным высаживающим аппаратом.

Глубина хода сошника регулируется путем перестановки шплинта на пружинной штанге 5.

Глубину заделки клубней регулируют путем изменения усилия сжатия пружины на штанге 10 бороздозакрывающих дисков 9. Норма посадки клубней регулируется изменением передаточного числа привода ротора высаживающего аппарата 8. Доза внесения удобрений регулируется изменением передаточного числа привода вала туковысевающего аппарата 6 и за-слонкой.

Техническая характеристика роторной картофелесажалки:

- производительность – 0,25-0,3 га/ч;
- рабочая скорость – 5-7 км/ч;
- глубина посадки – 6-14 см;
- ширина захвата – 0,70 м.

Схема комбинированного роторного картофелевысаживающего аппарата представлена на рисунке 3 [2]. Данный картофелевысаживающий аппарат предназначен для использования в роторных картофелесажалках.

Комбинированный роторный картофелевысаживающий аппарат работает следующим образом. При движении агрегата сдвоенные колеса 1 с грунтозацепами 2 перекатываются по дну бороздки и приводят во вращение ротор 3. Клубни из бункера 8 по направителю 9 поступают к ротору 3. При вращении ротора клубни поочередно попадают на площадку ячейки 6 и перемещаются по направляющему кожуху 7. При приближении ячейки с клубнем ко дну бороздки проис-

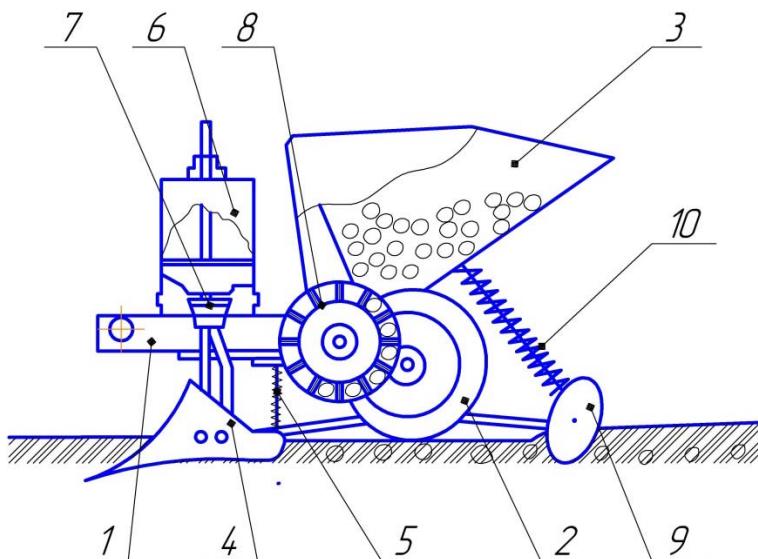


Рисунок 2. Технологическая схема роторной картофелесажалки:

- 1- рама;
- 2 – опорно – приводные колеса;
- 3 – бункер для клубней;
- 4 – сошник;
- 5 – штанга с пружиной для регулировки глубины посадки клубней;
- 6 – туковысевающий аппарат с тукопроводом;
- 7 – механизм регулировки дозы внесения удобрений;
- 8 – роторный высаживающий аппарат;
- 9 – бороздозакрывающие диски;
- 10 – пружина со штангой для регулировки глубины хода бороздозакрывающих дисков

сажалка состоит из рамы 1, двух опорно-приводных колес 2, бункера для клубней 3, сошника 4, штанги с пружиной для регулировки глубины посадки клубней 5, туковысевающего аппарата с трубопроводом 6, механизма регулировки дозы внесения удобрения 7, роторного высаживающего аппарата 8, бороздозакрывающих дисков 9, пружин со штангой 10 для регулировки глубины хода бороздозакрывающих дисков.

Клубни картофеля загружаются в бункер 3, где по наклонному днищу попадают в ячейки высаживающего аппарата 8. Аппарат приводится во вращение от опорно-приводного колеса 2, вращение которого совпадает с направлением движения агрегата. Сошник 4 прорезает канавку в гребне на заданную глубину посадки, куда сначала локально-ленточно поступают удобрения из туковысевающего аппарата по тукопроводу 6 и задельвают-

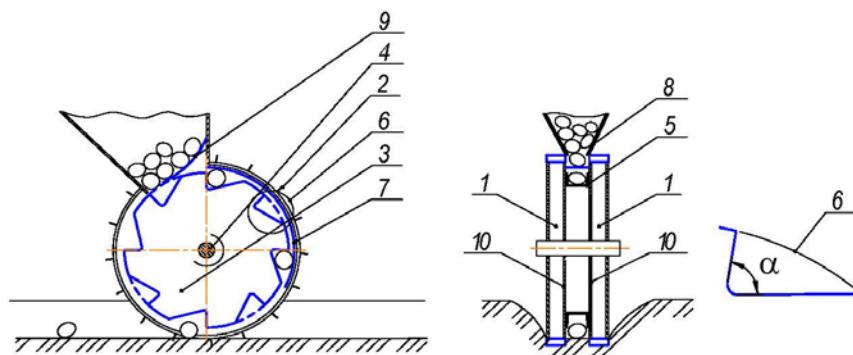


Рисунок 3. Схема роторного картофелевысаживающего аппарата:  
1 – опорно-приводные колеса; 2 – грунтозацепы; 3 – ротор; 4 – вал; 5 – цилиндрическая поверхность ротора; 6 – ячейки; 7 – направляющий кожух; 8 – бункер; 9 – направитель клубней; 10 – боковины.

ходит плавный сход клубня в борозду и практически исключается его падение. Сход клубня происходит по скосу ячейки 6 в нижней части кожуха 7 с точной укладкой его в бороздку. Форма и размеры ячеек 6 в сочетании с расположением направителя 9 и кожуха 7 обеспечивают попадание в ячейку одного клубня семенной фракции. Ячейки имеют возможность перекрываться для изменения шага (густоты) посадки за счет поворота заслонок.

Расположение двух опорно-приводных колес с грунтозацепами на одном валу по обе стороны от ротора обеспечивают устойчивость картофелепосадочного агрегата при однорядковой посадке картофеля.

Конструкция высаживающего аппарата достаточно проста по устройству, надежна в работе, поскольку имеет небольшое количество деталей, из которых он состоит.

Захват клубня ротором при его прохождении сквозь слой картофеля, поступающего из бункера, зависит от многих факторов и прежде всего от размеров клубней и скорости вращения ротора аппарата. Кроме того, на условия захвата клубней ротором влияют и такие факторы, как зазоры между ротором и дном бункера, а также толщина слоя подаваемых клубней, причем, степень и характер влияния того или иного фактора в значительной мере зависят от размеров клубней. Поэтому существенное значение для нормальной работы аппарата с минимальным количеством пропусков имеет выровненность размеров клубней. Надежный захват клубня обеспечивается при его массе 40 – 100 г. Клубни с массой более 100 г плохо захватываются ротором, при массе клубней менее 40 г ротор может захватить два-три клубня. Важное значение имеет и режим работы аппарата. Для современных сажалок частота подачи  $\vartheta_k = 7 \text{ кл/с}$  при норме 60 тыс. клубней на 1 га является предельной и соответствует частоте вращения диска  $n_d = 35 \text{ об/мин}$  или  $\vartheta_m = 6 \text{ км/ч}$ .

Захват клубней из нижней части бункера происходит в секторе, который ограничен углом поворота диска  $80 - 100^\circ$ . Для улучшения захватывающей способности ротора рекомендуется увеличить зону захвата на  $25^\circ$  в сторону, противоположную направлению вычерпывания клубней.

Для уменьшения повреждений клубней зазор между дном бункера и ротором должен быть минимальным. Клубень, захваченный ротором, в процессе продвижения вместе с ротором в слое картофеля находится под воздействием сопротивления этого слоя и прижимается ко дну ячейки и боковине. По выходе из слоя клубень располагается на дне ячейки и удерживается в ней от защемления с двух сторон

боковинами и направляющим кожухом. В связи с тем, что ячейка не прямоугольной конфигурации, а ее вертикальная плоскость наклонена под некоторым углом  $\alpha$  к опорной поверхности, то при вращении ротора по часовой стрелке (рис. 3) не возникает опасность защемления (заклинивания) клубня и его повреждения. В последующем, некоторое незначительное время клубень скользит по поверхности направляющего кожуха, а внизу его схода попадает в бороздку. Нижняя часть ротора максимально приближена ко дну бороздки. За счет этого уменьшается до минимума его падение. Все это позволяет производить более точную посадку клубней картофеля и экономно использовать посадочный материал. Следом идущие бороздозакрывающие диски заделывают почвой высаженные клубни.

### Заключение

Применение однорядной картофелесажалки с роторным высаживающим аппаратом и одновременным внесением удобрений позволяет:

- производить точную посадку клубней картофеля, что очень важно для экономного использования посадочного материала (семян картофеля) и обеспечения агротехнологических требований;
- снизить затраты труда при посадке картофеля и внесении минеральных удобрений;
- уменьшить расход минеральных удобрений не менее чем в 1,5 раза за счет их локально-ленточного внесения;
- использовать материалы, а также узлы и детали, которые широко применяются при производстве промышленной сельскохозяйственной техники, тем самым обеспечив унификацию их производства и технического сервиса.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск: РУП «ИВЦ Национального статистического комитета», 2014 – 370 с.
2. Комбинированный роторный картофелевысаживающий аппарат: пат. 5832 Респ. Беларусь, МПК A 01 C9/02 / А.Г. Вабищевич и др.; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. – № и 20090486; заявл. 10.06.2009; опубл. 15.09.2009 // Офиц. бюл. / Нац. центр интеллектуал. уласнасці. – 2009. – № 9.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.06.2015

# —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, представляемая в редакцию, 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 желательно 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 не сколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата \*.tif или \*.jpg с разрешением 300 dpi.

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

- индекс УДК;
- название статьи;
- фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;
- аннотацию на русском и английском языках;
- ключевые слова на русском и английском языках;
- введение;
- основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);
- заключение, завершающее 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 «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи может быть включен 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 лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантуре, соискательство), в год завершения обучения.

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

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

## Установка окраски безвоздушным распылением УБРХ-01М

Предназначена для нанесения лакокрасочных, консервационных и иных покрытий на машины, оборудование или строительные объекты.

Безвоздушное распыление указывает на то, что в распылении наносимого материала сжатый воздух не участвует. За счет высокого давления распыляемый материал истекает из специального сопла со скоростью более 140 м/с, диспергируется и образует факел, который имеет четкие границы, гомогенен и не склонен к туманообразованию. В совокупности обеспечивается более экономное расходование материалов, повышается производительность, снижаются затраты на вентиляцию рабочего места, улучшаются условия труда маляря, повышается долговечность наносимых покрытий в 1,5...2,0 раза.

Конструкция установки защищена патентами Республики Беларусь.



### Основные технические данные

Производительность гидронасоса при свободном сливе, л/мин

не менее 5

Количество распыляемого материала, подаваемого

около 90

гидронасосом за один двойной ход, см<sup>3</sup>

около 20

Максимальное рабочее давление распыляемого материала, МПа

900x600x520

Габаритные размеры, мм

около 40

Масса, кг

в том числе:

17

пневмонасоса

19

тележки

около 4

краскораспылитель, шланги, фильтры



9 772078 713007

15005