

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАРТОФЕЛЬНОЙ ГРЯДКИ ПРИ РАБОТЕ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Виталий Бончик, Павел Федирко, Виталий Хрустинский

Подольский государственный аграрно-технический университет

Ул. Шевченка, 13, Каменец-Подольский, Украина. E-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net

Vitaliy Bonchik, Paul Fedirko, Vitaliy Chrustinski

Podolskiy State Agrarian and Engineering University

St. Shevchko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований геометрических параметров профиля картофельной грядки и размещения клубненосного гнезда в грядке.

В трудах известных ученых изучены закономерности процесса подкапывания картофельной грядки, механизированный способ сбора картофеля с помощью картофелеуборочных машин, но уровень механизации производства картофеля еще не отвечает агротехническим требованиям.

Проведены полевые исследования геометрических параметров профиля картофельной грядки и клубненосного гнезда на опытном поле Подольского государственного аграрно-технического университета.

Определение параметров профиля картофельной грядки, определение координат размещения клубней в гнезде путем проведения среза каждого гнезда и измерения координат s .

помощью двух взаимно перпендикулярных линий

Предложены рациональные параметры подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин.

Определены максимальные границы залегания клубненосного гнезда. Глубина залегания нижнего клубня относительно начала осей координат составляла $y_n = -1,5$ см, а верхнего клубня $y_v = 19,0$ см. Отклонение клубненосного гнезда от середины строки влево составляло $x_l = -12,0$ см, вправо - $x_p = 18,0$ см.

Рассчитаны верхние границы надежных интервалов с надежностью 0,99.

Приведены аналитические зависимости результатов статистической обработки полученных данных и построены схемы определения координат профиля картофельной грядки и размещения клубненосного гнезда в грядке.

Линия профиля картофельной грядки с достаточной точностью описана экспоненциальным уравнением.

Профиль клубненосного гнезда описывается эллипсом, размеры которого определяются шириной и высотой зоны размещения клубней.

Ключевые слова: исследования, почва, картофельная грядка, клубненосное гнездо, машина, производительность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из важнейших культур в Украине есть

картофель. Она успешно используется в качестве пищевого продукта, сырье для крахмально-спиртного производства и кормовая культура.

После картофеля почва остается в разрыхленном и чистом от сорняков состоянии и служит добрым предшественником для многих культур в севообороте.

Моментом ответственности в выращивании картофеля является сбор урожая. На сегодняшний день все более распространяется механизированный способ сбора картофеля с помощью картофелеуборочных машин, которые значительно снижают затраты труда. Однако уровень механизации производства этой культуры еще не отвечает агротехническим требованиям. Опыт эксплуатации картофелеуборочных машин показал значительные недостатки при их работе, а именно: недостаточная надежность, неполная, а в некоторых случаях невозможна сепарация вороха, повышены потери и повреждения клубней. Это объясняется тяжелыми грунтовыми условиями и содержанием большого количества почвы в ворохе (до 98%).

Важную роль при подкапывании клубней играет глубина подкапывания, а также геометрические параметры картофельной грядки, размещения клубненосного гнезда в грядке. Каждый лишний сантиметр почвы, которая попадает на подкапывающие рабочие органы машины, составляет почти 100 т на 1 га. Потому для уменьшения количества почвы, которая поступает на сепарирующие органы картофелеуборочной машины, необходимо обеспечить оптимальные параметры подкапывающих рабочих органов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Фундаментальные основы при изучении закономерностей процесса подкапывания картофельной грядки изложены в трудах известных ученых: Г.Д. Петрова, И.Р. Розмисловича, З.В. Ловкиса, М.И. Самокиша, И.Н. Бендеры, А.А. Андреева, М.Б. Угланова, А.А. Герасимова, Прохорова М.Ф., К.С. Козюры, В.А. Желиговского, Г.П. Солодухина и других [5-9, 11, 15-16].

В связи с этим в течение 2009-2014 годов во время сбора урожая были проведены полевые исследования геометрических параметров профиля картофельной грядки и клубненосного гнезда.

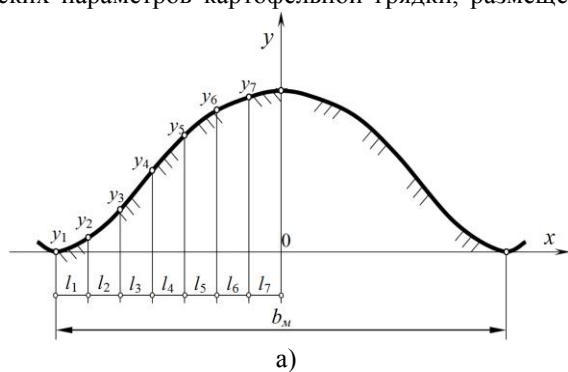
Измерения проводились на опытном поле По-

дольского государственного аграрно-технического университета. Характеристика участка при полевых исследованиях следующая:

- а) сорт картофеля – Невский,
- б) способ посадки – гребенной,
- в) тип почвы – слабовылугованный чернозем,
- г) влажность почвы – 17,5%,
- д) рельеф – ровен.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является обоснование геометрических параметров картофельной грядки, размеще-



ния клубненосного гнезда в грядке и выбор формы подкапывающих рабочих органов картофелеуборочной машины.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Методика экспериментальных исследований [10] охватывала определение параметров профиля картофельной грядки, определения координат размещения клубней в гнезде путем проведения среза каждого гнезда и измерения координат с помощью двух взаимно перпендикулярных линеек [1-4] согласно рис. 1.

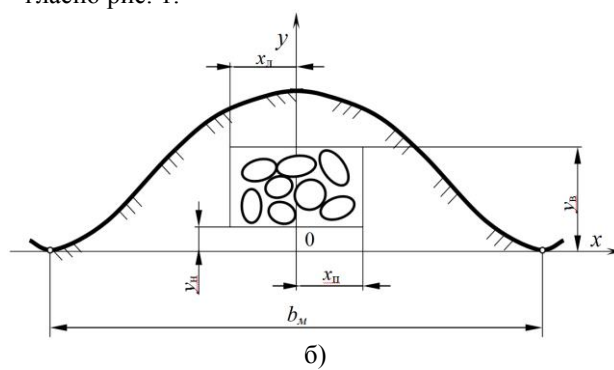


Рис. 1. Схема определения координат: а – профиль картофельной грядки; б – размещение клубней в гнезде
Fig. 1. Chart of determination of coordinates: а – and is a profile of potato bed; б – it is placing of tubers in a nest

Таблица 1. Координаты профиля картофельной грядки

Table 1. Coordinates of profile of potato bed

Очередность	Координата	№ опыту										Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	x	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
	в	0	2,5	1,5	1,5	1,0	1,5	2,0	2,5	1,5	3,0	1,7
2	x	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
	в	2,0	4,0	3,5	3,0	1,5	2,0	3,5	4,5	2,5	4,5	3,1
3	x	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
	в	5,5	7,5	6,0	5,0	5,5	4,5	4,0	5,5	4,0	6,5	5,4
4	x	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15
	в	7,0	8,5	12,5	10,5	8,0	7,5	9,5	10,0	9,5	8,0	9,1
5	x	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
	в	9,5	10,5	13,0	13,5	10,0	9,5	11,5	13,0	14,0	13,5	11,8
6	x	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
	в	13,5	14,0	15,5	16,5	16,0	13,5	14,5	17,0	17,5	16,5	15,4
7	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	в	17,0	19,0	20,0	21,5	20,0	18,5	19,0	22,5	23,0	20,5	21,0
8	x	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	в	18,5	19,5	21,0	22,5	21,5	20,0	18,5	19,5	22,5	21,5	20,5
9	x	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	в	16,5	17,0	17,5	16,5	18,0	15,5	15,0	16,5	17,0	18,5	16,8
10	x	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	в	12,5	13,0	11,5	12,0	13,5	11,0	12,0	11,5	12,5	13,0	12,3
11	x	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	в	9,0	9,5	8,5	7,0	7,5	6,5	7,0	6,0	7,5	8,0	7,6
12	x	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	y	5,0	6,0	4,5	5,5	4,0	3,5	4,5	3,0	4,0	5,5	4,5
13	x	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	в	2,5	3,5	2,0	3,0	1,5	1,0	2,5	1,5	2,0	3,0	2,2
14	x	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	в	0,5	0	1,0	1,5	1,0	0	0	1,0	1,5	0,5	0,6

Таблица 2. Координаты расположения клубней в гнезде
Table 2. Coordinates of location of tubers in a nest

Координата	№ опыта										Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
у-верхнее	16,0	13,5	19,0	18,5	14,0	17,0	14,5	15,0	16,0	17,5	16,1
у-нижнее	2,5	1,5	-0,5	1,0	-1,0	2,0	-1,5	2,5	2,0	-1,0	0,7
х-левое	-6,0	-3,5	-10,0	-12,0	-7,0	-11,0	-11,5	-4,0	-5,5	-6,5	-7,7
х-правое	15,0	12,0	14,5	10,5	18,0	9,0	13,5	15,5	16,0	14,0	13,8

Результаты измерений координат профиля картофельной грядки и размещения клубней в гнезде были сведены в таблице 1 и 2.

Результаты статистической обработки полученных данных [17-20] показали, что линия профиля картофельной грядки с достаточной точностью может быть описана экспоненциальным уравнением:

$$Y_i = 210,6 \exp \left[- \frac{(X_i - 350)^2}{36508} \right], \quad (1)$$

где: Y_i – бегущая координата высоты профиля картофельной грядки, мм; X_i – бегущая координата ширины картофельной грядки, мм.

Уравнение (1) справедливо при условии размещение осей координат:

Y – перпендикулярно осевой линии грядки, которая проходит через ось симметрии;

X – по нижней кромке грядки.

Профиль клубненосного гнезда описывается эллипсом, размеры которого определяются шириной и высотой зоны размещения клубней согласно рис. 2.

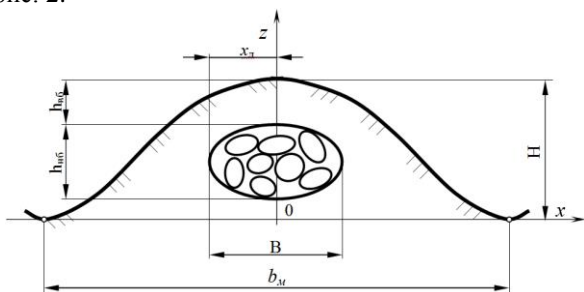


Рис. 2. Схема профиля клубненосного гнезда
Fig. 2. Chart of profile of nest

В координатных осях форма гнезда в профиле картофельной грядки описывается уравнением:

$$H^2 X^2 + B \left[z - \left(\frac{H}{2} + \Delta h \right) \right] = B^2 H^2, \quad (2)$$

где: Z, X – координаты профилю клубненосного гнезда, мм; H – высота, мм, $H = h_{НК} - h_{БК}$; B – ширина гнезда, мм.

После возделывания экспериментальных данных были определены максимальные границы залегания клубненосного гнезда [12-14]. С этой целью были рассчитаны верхние границы надежных интервалов с надежностью 0,99. Глубина залегания нижнего клубня относительно начала осей координат составляла $u_n = -1,5$ см, а верхнего клубня $u_v = 19,0$ см. Отклонение клубненосного гнезда от середины строки влево составляло $x_n = -12,0$ см, вправо -

$x_n = 18,0$ см.

ВЫВОДЫ

1. Ширина подкапывающего рабочего органа должна быть не более как 400 мм.
2. На супесчаных и легкосуглинистых почвах с малой засоренностью необходимо использовать корытоподобные лемехи.
3. На среднесуглинистых почвах с повышенной засоренностью необходимо применять лемехи треугольной формы.
4. Для прямолинейности хода подкапывающих рабочих органов по осевой линии строки необходимо использовать копирующие котки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Веденяпин Г.В. 1973.** Общая методика экспериментальных исследований и обработки опытных данных. – М.: Колос, – 198.
2. **Верещагин Н.И., Пшечников К.А., Герасимов В.С. 1983.** Уборка картофеля в сложных условиях. – М.: Колос, 1983. – 206.
3. **Воднев В.Т., Наумович А.Ф., Наумович Н.Ф. 1988.** Основные математические формулы. – Минск: Высшая школа, 1988. – 269.
4. **Вольф В.Г. 1976.** Статистическая обработка опытных данных. – М.: Колос, – 254.
5. **Федирко П.П., Бендера И.Н., Андреев А.А., Самокиш М.И., Ловкис З.В., Угланов М.Б. 1991.** Выкапывающий рабочий орган для корне-клубнеплодов. А.с. 1676493 СССР, МКИ А 01 D13/00. - № 4729271/15 Заявлено 09.08.89. Оpubл. 15.09.91., Бюл. №34 – 2.
6. **Размыслович И.Р., Скварски Б.Т., Кроптов А.И., Угланов М.Б. 1986.** Выкапывающий рабочий орган корнеклубнеуборочной машины: А.с. 1276283 СССР, МКИ А 01 D 19 /12/ - № 3744397 / 30 – 15. Заявлено 22.05.84. Оpubл. 04.11.86. Бюл. №46 – 5.
7. **Герасимов А.А., Прохорова М.Ф. 1978.** Особенности развития технологии уборки картофеля и конструкции картофелеуборочных машин // Труды ВИМ. -М., Т. 80. – 41–52.
8. **Дорохов А.П., Литвинов А.В. 1984.** Методические вопросы исследования рабочих органов картофелеуборочных комбайнов // Труды ЧИМЭСХ. – Челябинск. – Вып. 43. – 61 – 63.
9. **Петров Г.Д. 1984.** Картофелеуборочные машины. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение – 320.

10. **Желиговский В.А. 1970.** Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. – Тбилиси: Изд-во Груз. с.-х. института, – 364.
11. **Козюра К.С. 1978.** Исследование влияния некоторых факторов на производительность картофелеуборочного комбайна // Труды ВИМ. – М., 1978. – Т. 80. – 61 – 76.
12. **Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. 1980.** Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168.
13. **Степнов М.Н. 1985.** Статистические методы обработки результатов механических испытаний. – М.: Машиностроение, – 232.
14. **Синеоков Г.Н., Панов И.М. 1977.** Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 328.
15. **Пастухов В.М., Беловол С.А. 2014.** Обоснование параметров процесса обработки почвы в междурядьях ротационным рабочим органом // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Vol.16. No7. 140-149.
16. **Размыслович И.Р. Сквирский Б. 1985.** Исследование комбинированного сепарирующего рабочего органа картофелеуборочных машин – Тракторы и сельхозмашины, №11 – 34 – 36.
17. **Ферендюк А.И. 2014.** Анализ баланса мощности фрезерного культиватора с вибрационными рабочими органами // MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture- Vol.16. No.4. 157-161
18. **Jasinski B. 1987.** Nowy Krajowy Kombajn do zlioru riemniekow // Maszynyi Cianiki Rolnice. - №12. – 10.
19. **Mc. Gechan M. , 1977.** An investigation into the Relative Effectiveness of Various Piddling Motions for Removal of soil from Potatoes. I. agric. Engn. Res. 22.
20. **Karwowski T. 1982.** Teoria i konstrukcia maszyn rolniczych T. Z. Warsawa: PwRiL, 1982. – 429

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES GEOMETRIC PARAMETERS OF A POTATO-BED FOR THE WORK OF A POTATO HARVESTERS

Summary. In the article the results of experimental researches of geometrical parameters of type of potato bed and placing of potato nest are presented in a bed.

In labours of the known scientists conformities to the law of process of undermining of potato bed, mechanized method of collection of potato, are studied by machines, but the level of mechanization of production of potato does not yet answer agrotechnical requirements.

Researches of the fields of geometrical parameters of type of potato bed and potato nest are conducted on the experimental field of the Podolsky State Agricultural And Technical University.

Determination of parameters of type of potato bed, determinations of coordinates of placing of tubers in a nest by conducting of cut of every nest and measuring of coordinates with by a help two mutually perpendicular lines.

The rational parameters of undermining workings organs of картофелеуборочных machines are offered.

The maximal scopes of bedding of potato nest are certain. Depth of bedding of lower tuber relatively beginnings of axes of co-ordinates were made by $y_n = -1,5$ see, and overhead tuber of $y_b = 19,0$ see. Deviation of potato nest from the middle of line to the left made $x_{nl} = -12,0$ see, to the right – $x_n = 18,0$ see.

The high bounds of reliable intervals are expected with reliability 0,99.

Analytical dependences of results of the statistical processing of the got data are resulted and the charts of determination of co-ordinates of type of potato bed and placing of potato nest are built in a bed.

The line of type of potato bed with sufficient exactness is described exponential equalization.

The type of клубненосного nest is described an ellipse sizes of which are determined breadthways and height of area of placing of tubers accordant.

Key words: researches, soil, potato bed, potato nest, machine, productivity.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОСЕВА НА ПОТЕРИ САХАРНОЙ МАССЫ В ПРОЦЕССЕ ОТДЕЛЕНИЯ БОТВЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

*Николай Борис, Александр Стрельчук, Валерий Грубый, Елена Ткаченко
Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченка, 13, Каменец-Подольский, Украина. E-mail: rosyna@i.ua*

*Nicholay Boris, Alexander Strel'chuk, Valeriy Grubiy, Elena Tkachenko
Podolskiy State Agrarian and Engineering University
St. Shevchko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: rosyna@i.ua*

Аннотация. По результатам испытаний количество корнеплодов с высотой ботвы более 2 см составляла у машин с бескопирным срезом ботвы в среднем 2%; высокосрезанных корнеплодов – 26,6; низкосрезанных – 7,5, а среднесрезанных корнеплодов – 60,1%. Такая статистика свидетельствует о наличии потерь сахарной массы и значительных остатках ботвы на корнеплодах. Ранее проведенными исследованиями теоретически определены зависимости потерь сахароносной массы при разных агрофизических характеристиках посевов и технологических параметрах рабочих органов. Теоретическими исследованиями выявлено, что в результате применения бескопирного среза качество удаления недостаточно и возможны отходы сахароносной массы в ботву, что превышает агротехнические требования. Данными исследованиями развивается математическая модель рабочего процесса срезания головок сахарной свеклы с помощью комбинированного среза. Установлена зависимость потерь сахарной массы от статистических характеристик высоты выступления головок корнеплодов и густоты корнеплодов на одном гектаре, которые в свою очередь, могут варьировать в широких пределах. В результате увеличения толщины среза головки, содержимое остатков ботвы на корнеплодах снизится, но повысится потеря сахароносной массы. Установлено, что при экстремальных значениях статистических характеристик высоты выступления головок корнеплодов и их густоты потери сахарной массы превышают агротехнические требования вдвое. Обоснована необходимость создания автоматической системы регулировки высоты бескопирного среза головок корнеплодов перед копирной дообрезкой.

Ключевые слова: сахарная свекла, математическая модель, статистические характеристики посевов, потерянная масса, срез без копирования.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Уборка сахарной свеклы является одной из наиболее трудоемких и энергоемких операций в агропромышленном производстве. Учитывая то, что Украина принадлежит к высокоразвитым свеклосеющим странам Европы и мира и сахар является одним из стратегических продуктов питания, отечественному сельскохозяйственному машиностроению необходимо наладить выпуск свеклоуборочных машин, функциональные и эксплуатационные пока-

затели которых должны соответствовать уровню лучших мировых аналогов.

Повышение качественных показателей процесса уборки сахарной свеклы является комплексной научно-технической проблемой, решение которой должно базироваться на поиске новых конструктивных решений рабочих органов и компоновочных схем машин, с конечной целью анализа и синтеза оптимальных их параметров [3, 17].

Большинство из предложенных ботвосрезальных аппаратов этих машин имеют общие для всех рабочих органов проблемы, связанные с копированием головок корнеплодов, расположенных на разной высоте выступления над уровнем поверхности почвы, различных их отклонений от осевой линии рядка, наличии на головках сухой и павшей ботвы и т.д. [3].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Около 50 лет ученые работают над усовершенствованием технологического процесса и созданием новых рабочих органов, которые позволят качественно отделять ботву сахарной свеклы на скоростях более 2 м/с.

Научные исследования технологического процесса и рабочих органов для отделения ботвы отражены в работах Л.В. Погорелого, В.М. Булгакова, Н.В. Татьяна, В.Я. Мартыненко, Н.М. Зуева, Н.М. Хелемендика, С.А. Топоровской, Н.Г. Березового, А.П. Гурченко, Н.М. Бориса, А.А. [3-17] и др. Но данные исследования ориентированы на традиционные технологии и рабочие органы для отделения ботвы.

При малейших потерях сахарной массы наиболее полно ботва отделяется копирным срезом, но при этом скорость выполнения технологического процесса превышает 1,5 м/с. Ограниченность копирного среза заставила искать другие технологические решения. Использование известных роторных ботвосрезателей значительно увеличило энергоемкость процесса. Наряду с этим рабочая скорость процесса увеличилась по сравнению с копирными аппаратами всего на 0,5 м/с (от 1,5 до 2,0 м/с). Таким образом, машинами для отделения ботвы не достигнуто рабочих скоростей соразмерных со скоростями корнеуборочных машин.

В последнее время ряд фирм (Aloway Indastris, Grimme [1-2, 5]) в процессе дообрезания головок корнеплодов от ботвы используют копирующие ботвосрезальные аппараты активного типа с уменьшенной массой. По нашему мнению, это является возвратом к известным механико-технологическим принципам отделения ботвы, что не обеспечит существенного повышения скорости.

По нашему мнению создание эффективных рабочих органов с использованием центробежных сил для восстановления их первоначального положения и копирования головок корнеплодов является перспективным направлением развития конструкций. В технологическом плане перспективным является использование для отделения ботвы бескопирного среза корнеплодов, которые высоко выступают над поверхностью почвы с последующим копирующим дообрезанием головок корнеплодов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель наших исследований – установить зависимость потерь сахарной массы от статистических характеристик высоты выступления головок корнеплодов и густоты корнеплодов на одном гектаре, которые в свою очередь, могут варьировать в широких пределах.

Определить экстремальные значения статистических характеристик высоты выступления головок корнеплодов и их густоты при которых потери сахарной массы превышают агротехнические требования.

Обосновать необходимость создания автоматической системы регулировки высоты среза головок корнеплодов.

Методы исследования. Исследование проведено с использованием методов теории вероятностей и математического моделирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В результате применения бескопирного среза качество удаления недостаточное и возможны отходы сахарной массы в ботву, которые превышают агротехнические требования. Вследствие увеличения толщины среза головки содержание остатков ботвы на корнеплодах снизится, но повысятся потери сахарной массы.

По результатам испытаний [5, 19-20] количество корнеплодов с высотой ботвы более 2 см составляла у машин данной технологической схемы в среднем 2%; высокосрезанных корнеплодов – 26,6; низкосрезанных – 7,5, а среднесрезанных корнеплодов – 60,1%. Такая статистика свидетельствует о наличии потерь сахарной массы и значительных остатках ботвы на корнеплодах. В работе [3] установлено, что основным фактором, который влияет на потери сахарной массы при бескопирном срезе, есть распределения высот выступления головок корнеплодов над уровнем почвы, в частности математическое ожидание и стандартное отклонение.

Также известно, что указанные факторы могут варьировать в широких пределах и отличаться для разных посевов сахарной свеклы. В основном эти факторы формируются агротехникой выращивания

сахарной свеклы и почвенно-климатическими условиями. Наряду со статистическими характеристиками распределения высот выступления головок корнеплодов, на объем потерь сахарной массы сильно влияет их количество на одном гектаре. Поэтому очень важно исследовать степень комплексного воздействия указанных факторов на потери сахарной массы.

Для этого используем известную параметрическую модель головки корнеплода и ботвы [3, 7-8, 15-16]. Модель головки приведена на рис. 1.

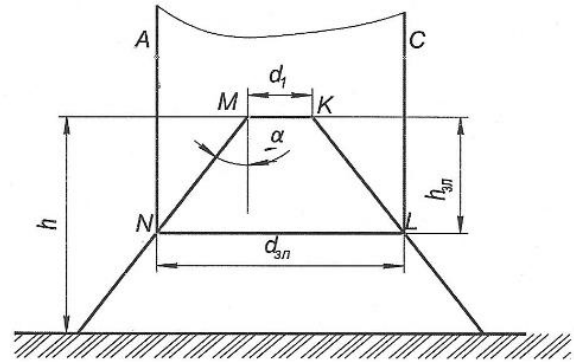


Рис. 1. Модель головки корнеплода

Fig. 1. Model heads root

Функциональные зависимости параметров головки корнеплода и ботвы имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} h_{3n} &= a \cdot h + b; \\ d_1 &= m \cdot h + n; \\ d_{3n} &= d_1 + 2 \cdot h_{3n} \cdot \operatorname{tg} \alpha \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где: h_{3n} – расстояние от вершины головки к основанию зеленых листьев; h – высота выступления головки; d_1 – диаметр вершины головки корнеплода; d_{3n} – диаметр пучка ботвы; a – половина угла конусности головки; a, b, m, n – постоянные величины.

Потери сахарной массы и остатки ботвы для корнеплодов заданного интервала высот выступления определяем по формуле:

$$M_i = F(h_i; h_{i+1}) \cdot P(h_i; h_{i+1}) \cdot N_i, \quad (2)$$

где: $F(h_i; h_{i+1})$ – потери сахарной массы или остатки ботвы для корнеплода $F(h_i; h_{i+1}) = V_k \cdot \rho$, для ботвы $F_c(h_i; h_{i+1}) = V_c \cdot \rho_c$, где V_k, ρ и V_c, ρ_c – соответственно объем и плотность корнеплода и ботвы; N_i – количество корнеплодов заданного интервала на единице площади; $P(h_i; h_{i+1})$ – вероятность появления данного интервала высоты выступления головок корнеплодов, определяется по формуле 3:

$$P(h_i; h_{i+1}) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{h_i}^{h_{i+1}} \exp\left(-\frac{(h-m)^2}{2\sigma^2}\right) dh. \quad (3)$$

Интеграл в выражении 3 не определяется в квадратурах, поэтому вероятность появления корнеплодов заданного интервала высоты выступления определяем численным интегрированием по формуле Симпсона. Просуммировав остатки ботвы и потери сахарной массы для всех интервалов высоты выступления, получим суммарные остатки ботвы и потери сахарной массы на единицу площади – выражения 4 и 5:

$$BM = \sum_{i=a}^b \left[N \cdot F \left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2}; h_c \right) \cdot \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3m} \sum_{j=0}^m c_j \cdot f(h) \right) \right], \quad (4)$$

$$GM = \sum_{i=a}^b \left[N \cdot F_c \left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2}; h_c \right) \cdot \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3m} \sum_{j=0}^m c_j \cdot f(h) \right) \right], \quad (5)$$

где: m – количество интервалов: $m = 2U$; $U=1,2,3,4,\dots$; c_j – коэффициент при значениях подинтегральной функции в соответствующих точках, $c_j = 1, 2, 3, 4, 2, 4, \dots, 2, 4, 1$.

Рассчитаны потери сахарной массы и остатки ботвы на корнеплодах в зависимости от среднеквадратического отклонения и густоты растений на одном га. Для этого был использован алгоритм [3], составлена программа в среде программирования MS Excel 2010 и построены графики указанных зависимостей (рис. 2).

Расчет потерь сахарной массы проводился в рабочем диапазоне высоты бескопирного среза головок корнеплодов 60-80 мм [4, 12, 14].

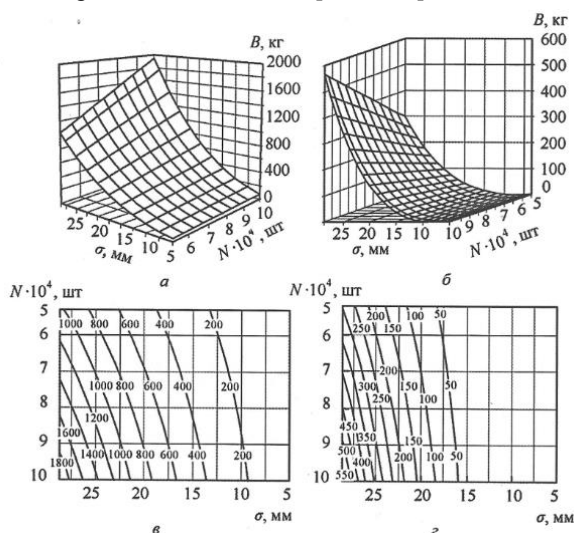


Рис.2. Зависимости потерь сахарной массы при высоте среза без копирования 60 мм (а) и 80 мм (б); двумерные сечения указанных зависимостей при высоте среза без копирования 60 мм (в) та 80 мм (г)

Fig. 2. Dependent loss of sugar mass at the height of cut without copying 60 mm (a) and 80 mm (б); two-dimensional cross-section of these dependencies at the height of cut without copying 60 mm (в) and 80 mm (г)

Исходя из графических зависимостей рис. 2, можно утверждать, что потери сахарной массы резко возрастают при увеличении обоих факторов среднеквадратического отклонения и густоте корнеплодов на одном гектаре.

Следует заметить, что в случае нижней границы рабочего диапазона высоты бескопирного среза головок корнеплодов (рис. 2 б, г) полностью выдерживаются агротехнические требования по потерям сахарной массы, но в этом случае следует ожидать

превышения загрязненности ботвой вороха корнеплодов и поэтому здесь целесообразно было бы автоматически снизить указанную высоту среза. В случае же верхней границы высоты бескопирного среза существует недопустимая зона по агротехническим требованиям потерь сахарной массы (более 2% от общей массы корнеплодов) (рис. 2 а, в) и в этом случае целесообразно увеличивать высоту бескопирного среза, чтобы не допустить чрезмерных потерь сахароносной массы.

Учитывая указанные выше особенности отделения ботвы сахарной свеклы бескопирным срезом, возникает необходимость создания автоматической системы регулировки высоты среза головок корнеплодов. Функциями такой системы является постоянный мониторинг размерных характеристик корнеплодов, определения их статистических характеристик и непрерывная во времени оптимизация высоты среза для предотвращения чрезмерных потерь сахарной массы.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования установлено, что потери сахарной массы зависят от статистических характеристик высоты выступления головок корнеплодов и густоты корнеплодов на одном гектаре, которые в свою очередь, могут варьировать в широких пределах.

2. Установлено, что при экстремальных значениях статистических характеристик высоты выступления головок корнеплодов и их густоты потери сахарной массы превышают агротехнические требования вдвое.

3. Обоснована необходимость создания автоматической системы регулировки высоты среза головок корнеплодов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Погорельый Л.В., Татьянко Н.В. 2004.** Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 232.
2. **Булгаков В.М. 2005.** Теория свеклоуборочных машин. – К.: Издательский центр НАУ, 245. (Украина).
3. **Борис Н. М. 2009.** Обоснование технологического процесса и параметров рабочего органа для отделения ботвы сахарной свеклы: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.05.11 “Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства” / Н.М. Борис. – Винница, 20. (Украина).
4. **Борис Н.М. 1997.** Моделирование процесса среза ботвы с корнеплодов сахарной свеклы. Сборник научных трудов Национального аграрного университета. Перспективные технологии выращивания и уборки сахарной свеклы. Т. 2, К. - НАУ, 77-80. (Украина).
5. **Bulgakov V., Holovach I., Berezovyy M., Eremenko O. 2006.** Development and Research of the New Haulm Gatherer. MOTROL, 8A, 80–97.

6. **Булгаков В.М., Сипливец А.А. Березовый Н.Г., Зыков П.Ю. 1997.** Разработка конструкции новой универсальной ботвоуборочной машины. Сб. науч. работ Национального аграрного университета. Механизация сельскохозяйственного производства. Т. III. Киев: НАУ, 76–77.
7. **Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Цурпал І.А. 1997.** Создание нового универсального комплекса свеклоуборочных машин для фермерских хозяйств. Сб. науч. работ. Проблемы конструирования, производства и эксплуатации сельскохозяйственной техники. Кировоград: КИСМ, 14–19. (Украина).
8. **Босой Е.С. 1967.** Режущие аппараты уборочных машин. Теория и расчет. Машиностроение, 167.
9. **Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г., 1978.** Под ред. Е.С. Босого. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения. Машиностроение, 568.
10. **Вентцель Е.С. 1964.** Теория вероятностей. М.: Наука, 576.
11. **Гутьяр Е.М. 1931.** К теории резания стеблей. Сельхозмашина, 7, 12–13.
12. **Irina Fabrichnikova, Vladimir Kolomiets. 2013.** Разработка и внедрение комплексного способа упрочнения свеклорезных ножей для срезания стружки. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture –Vol.15. No 7. 129–135. 129.
13. **Ишлинский А.Ю. 1937.** Задача о скорости косыбы злаков. Сельхозмашина, 5–6, 8–12.
14. **Зуев Н. М. 1988.** Бескопирный срез головок корнеплодов / Зуев Н. М., Топоровский С. А. // Сахарная свекла. – № 6. 42 – 45.
15. **Татьянко Н.В. 1962.** Расчет рабочих органов для обрезки ботвы сахарной. Тракторы и сельхозмашины 11, 18–21.
16. **Татьянко Н.В. 1967.** Исследование и усовершенствование аппарата для срезания ботвы с корнями сахарной свеклы до их выкопки: Автореф. дис. канд. техн. наук. Харьков, 28.
17. **Топоровский С.А. 1988.** Обоснование технологического процесса и основных параметров рабочего органа для уборки ботвы сахарной свеклы без копирования головок корнеплодов. /Автореф. на соискание ученой степени кандидата. техн. наук. К., 19.
18. **Фильчаков П.Ф. 1974.** Справочник по высшей математике. К.: Научная мысль, 743.
19. **Хвостов В.А., Рейнгарт Э.С. 1995.** Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет). Висхом, 391.
20. **Результаты независимых испытаний [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная техника. – 2007. – № 1. – Режим доступа до журналу: <http://russia.profi.com>.**

THEORETICAL RESEARCH OF INFLUENCE OF PARAMETERS OF SOWING IS ON LOSSES OF SUGAR-BEARING MASS IN THE PROCESS OF SEPARATION OF TOPS OF SUGAR BEETS

Summary. As a result of application of not copied cut quality of moving away unsuffices and wastes of sugar-bearing mass are possible in tops, that exceed agrotechnical requirements. As a result of increase of thickness of cut of head content of bits and pieces of tops will go down on root crops, but the losses of sugar-bearing mass will rise. On results tests amount of root crops with the height of tops presented a more than 2 cm at the machines of this flowsheet on the average 2%; high-cut away root crops - 26,6; cut away low - 7,5, and cut away satisfactorily root crops - 60,1%. Such statistics testifies to the presence of losses of sugar-bearing mass and considerable bits and pieces of tops on root crops. These results over are brought for the middle working rate of movement of machines 6 km/h., what is the small rate of movement and the choice of her is pre-defined by aspiration to get satisfactory quality of work of passive to cut as possible. To dig up working organs can work on considerably high speed. In-process it is set that by a basic factor that influences on the losses of sugar-bearing mass at a not copied cut there is distribution of heights of performance of heads of root crops above the level of soil, in particular, him statistical descriptions mathematical hope and standard deviation. Also it is known that the indicated factors can vary in wide limits and differ for the different sowing of sugar beets. Mainly these factors of by the agrotechnics of growing of sugar beets and ground-climatic we by terms. Next to statistical descriptions of distribution of height of performance of heads of root crops on the size of losses of sugar-bearing mass strongly their amount influences on one hectare.

Key words: sugar beet, a mathematical model, the statistical characteristics of crops, lost weight, cut without copying.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК

Владлен Девин, Василий Ткачук

*Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: dvvkp@rambler.ru*

Vladlen Devin, Vasiliy Tkachuk

*Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: dvvkp@rambler.ru*

Аннотация. На животноводческих фермах и комбикормовых заводах для измельчения фуражного зерна широко используются молотковые дробилки. Одним из основных элементов дробилок являются вращающиеся диски. Прочность и долговечность дисков определяет возможность достижения высоких параметров работы машин, обеспечивает необходимый срок службы. Традиционные методы расчета прочности и долговечности вращающихся деталей дробилок не могут обеспечить дальнейшее коренное усовершенствование данного процесса. В связи с этим, разработка новых методов расчета напряженно-деформированного состояния, оптимальных размеров рабочих органов машин для измельчения зерновых кормов, которые имеют более широкие технологические возможности, меньшую энергоёмкость и металлоёмкость, обеспечивают хорошее качество измельчения, являются актуальной задачей.

Классический подход в расчетах на прочность не раскрывает самого механизма разрушения, который с достаточной точностью может быть представленным с позиции механики разрушения, поэтому при изготовлении основных элементов молотковых дробилок необходимо использовать уточненный метод расчета на прочность - метод конечных элементов (МКЭ).

В статье предложена методика и алгоритм исследования напряженно-деформированного состояния диска молотковой дробилки с использованием программных продуктов компьютерного моделирования. Применение математического аппарата метода конечных элементов упрощает построение модели объекта, в котором необходимо исследовать напряженно-деформированное состояние. МКЭ позволяет получить решения в виде полей напряжений и деформаций практически в любом сечении деталей конструкции. Реализация МКЭ позволит уменьшить металлоёмкость оборудования, увеличить надежность его работы и снизить себестоимость, улучшить качество производимых кормов.

Ключевые слова: метод конечных элементов, молотковая дробилка, диск.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На животноводческих фермах и комбикормовых заводах для измельчения фуражного зерна широко используются молотковые дробилки [1-3],

которые отличаются простотой конструкции, универсальностью, компактностью, надежностью в работе и имеют широкий спектр производительности. Одним из основных элементов дробилок являются вращающиеся диски. Прочность и долговечность дисков определяет возможность достижения высоких параметров работы машин, обеспечивает необходимый срок службы. Проблема ситуации состоит в том, что традиционные методы расчета прочности и долговечности вращающихся деталей дробилок не могут обеспечить дальнейшее коренное усовершенствование данного процесса. В связи с этим, разработка новых методов расчета напряженно-деформированного состояния, оптимальных размеров рабочих органов машин для измельчения зерновых кормов, которые имеют более широкие технологические возможности, меньшую энергоёмкость и металлоёмкость, обеспечивают хорошее качество измельчения, являются актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

На сегодняшний день при проектировании элементов конструкций молотковых дробилок по существующим методикам [4-7] рассчитываются на прочность такие основные детали машин: вал дробилки, подшипники вала, диски, молотки и их крепления к диску. Расчеты на прочность деталей машин проводятся для наиболее тяжелых условий работы, то есть при максимально возможных оборотах и с учетом колебательных процессов в отдельных деталях.

Вал дробилки рассчитывают на прочность, жёсткость, поперечные и скручивающие колебания. Проектный, или предварительный, расчет вала на прочность проводится по деформациям изгиба и кручения. При этом расчете определяют размеры сечений отдельных участков вала. Длину участков вала выбирают из конструктивных соображений с учетом наиболее компактного размещения деталей. После конструктивного оформления вала машины проводят проверочный расчет, при котором определяют коэффициенты запаса прочности в наиболее опасных сечениях.

Конструктивные размеры диска выбирают из условий размещения молотков и обеспечения минимально необходимой окружной скорости молотка

[4-6]. При расчете на прочность материала диска проводят только проверочный расчет для определения действительных напряжений и коэффициентов запаса прочности. Расчет осей подвеса молотков, толщины диска, перемычки между отверстиями под оси подвеса и внешней оболочкой диска проводят исходя из деформации среза и смятия.

После анализа используемых методов расчета элементов конструкции молотковых дробилок можно сделать вывод, что эти расчеты, базирующиеся на коэффициентах запаса прочности, не позволяют эффективно использовать методы оптимального проектирования, учитывать качество изготовления деталей, эффективно внедрять САПР. Классический подход в расчетах на прочность не раскрывает самого механизма разрушения, который с достаточной точностью может быть представленным с позиции механики разрушения.

Поэтому при изготовлении основных элементов молотковых дробилок необходимо использовать уточненный метод расчета на прочность - метод конечных элементов (МКЭ) [11-16].

Наглядно преимущества МКЭ можно представить при расчете диска молотковой дробилки. Для этого мы предлагаем использовать модуль экспресс анализа системы АРМ FEM КОМПАС российской компании Аскон [17-20].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель статьи – разработать методику и алгоритм исследования напряженно-деформированного состояния диска молотковой дробилки с использованием программных продуктов компьютерного моделирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

При вращении тел во всех элементах их объема возникают центробежные силы, следствием которых являются механические напряжения. На каждый элемент объема тела, которое вращается, действует центробежная сила:

$$f_{ц} = \rho \omega^2 r,$$

где: ρ – удельный вес материала; ω – угловая частота вращения; r – радиус вращения.

Скорость вращения n , об/с, связана с угловой частотой вращения ω , рад/с, соотношением: $n = \frac{\omega}{2\pi}$.

Так, как элементы вращающегося тела, под действием центробежных сил перемещаются в теле (в пределах упругости), на каждый элемент действуют не только центробежные силы, но и силы упругости соседних элементов. В результате этого распределение механических напряжений во вращающемся теле, будет зависеть от формы тела и свойств упругости тела μ – модуля объемной упругости (коэффициента Пуассона).

В диске постоянной толщины распределение напряжений таково [8-10]:

радиальные напряжения (направлены параллельно радиусу):

$$\sigma_R = \frac{3+\mu}{8} \rho \omega^2 \left(R^2 + R_0^2 - r^2 - \frac{R^2 R_0^2}{r^2} \right), \quad (1)$$

тангенциальные напряжения (направлены перпендикулярно радиусу):

$$\sigma_T = \frac{3+\mu}{8} \rho \omega^2 \left(R^2 + R_0^2 - r^2 \frac{1+3\mu}{3+\mu} - \frac{R^2 R_0^2}{r^2} \right), \quad (2)$$

где: R – внешний радиус диска; R_0 – внутренний радиус диска; r – текущий радиус (рис. 1).

Эквивалентные напряжения для пластичных материалов определяются по четвертой теории прочности – критерию Мизеса (Von Mises):

$$\sigma_e^{IV} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2}. \quad (3)$$

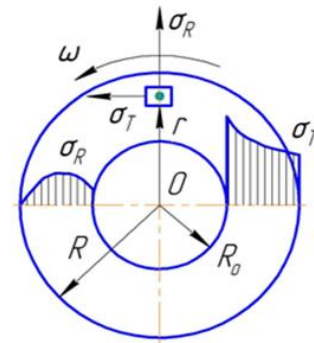


Рис.1. Распределение радиальных и тангенциальных напряжений во вращающемся диске

Fig.1. Distribution radial and tangential stresses in rotating disk

Радиальное перемещение внешней поверхности (деформация) диска равной толщины от напряжений:

$$\Delta R = \frac{\rho \omega^2 R^3}{4E} \left[1 - \mu + (3 + \mu) \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \right]. \quad (4)$$

Диски некоторых машин, кроме собственной инерционной нагрузки, дополнительно подвергаются нагрузкам от присоединенных деталей. Например, у молотковых дробилок центробежные силы инерции молотков передаются через оси подвеса диском, нагружая их на радиусе установки осей. Распределяя эти нагрузки равномерно по окружности указанного радиуса, можно принять, что кроме центробежных сил инерции на диск действуют также радиальные усилия, равномерно распределенные по концентричным кольцевым сечениям радиуса установки осей [9].

В результате диск можно приближенно рассматривать по окружности следующими силовыми факторами: радиальными распределенными силами инерции, что возникают в самом диске, и действуют в его срединной плоскости и центробежными силами инерции молотков, что действуют на радиусе установки осей.

Так, как диск дробилки с четырьмя молотками, это симметричная конструкция по конфигурации и нагружению, то можно рассмотреть равновесие четверти диска с одним молотком (рис. 2). Используя

метод кинестатики приложим к ободу диска силу инерции:

$$P_{i.d.} = m_d \cdot \omega^2 \cdot R_{ц.м.с.}, \quad (5)$$

где: m_d – масса четверти диска; ω – угловая частота вращения; $R_{ц.м.с.}$ – расстояние до центра масс сектора диска.

К внешней грани молотка приложим силу инерции:

$$P_{i.m.} = m_m \cdot \omega^2 \cdot R_{ц.м.м.}, \quad (6)$$

где: m_m – масса молотка; ω – угловая частота вращения; $R_{ц.м.м.}$ – расстояние до центра масс молотка.

Для заданных значений: $\omega=314 \text{ с}^{-1}$, $m_d=0,034 \text{ кг}$, $m_m=0,02 \text{ кг}$, $R_{ц.м.с.}=0,064 \text{ м}$, $R_{ц.м.м.}=0,141 \text{ м}$, получим такие величины сил инерции $P_{i.d.}= 214 \text{ Н}$, $P_{i.m.}= 284 \text{ Н}$.

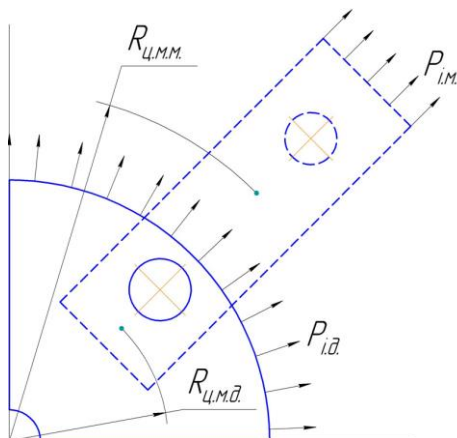


Рис. 2. Расчетная схема четверти диска молотковой дробилки

Fig. 2. Accounting scheme fourth disks of hammer crushers

Основные этапы решения задачи при помощи МКЭ следующие:

1. Подготовка геометрической 3D модели и выбор материала производится средствами системы КОМПАС-3D. Для диска выбираем материал сталь 45 с допустимым напряжением 200 МПа.

2. Анализ и назначение граничных условий (закрепление, нагрузки). Закрепление сектора диска задаем по образующим внутреннего отверстия, где он крепится к валу. Закрепление и нагрузки на модели показаны на рис. 3.

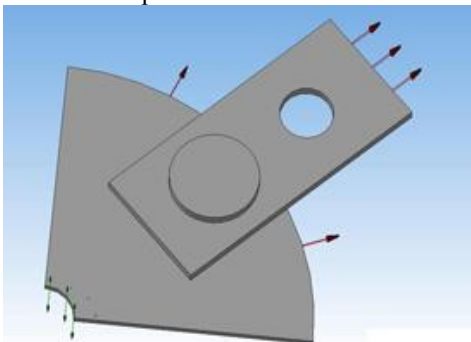


Рис.3. Схема закрепления и нагружения модели
Fig.3. Scheme of the fastening and loading models

3. Генерация конечно-элементной сетки на 3D-модели происходит автоматически, но размеры конечных элементов необходимо предварительно задать. В системе АРМ FEM КОМПАС конечные элементы имеют форму тетраэдра, количество элементов по толщине детали должно быть 4-6 мм. Толщина диска составляет 5 мм, поэтому принимаем высоту элемента 1,5 мм. Конечно-элементная сетка модели представлена на рис. 4.

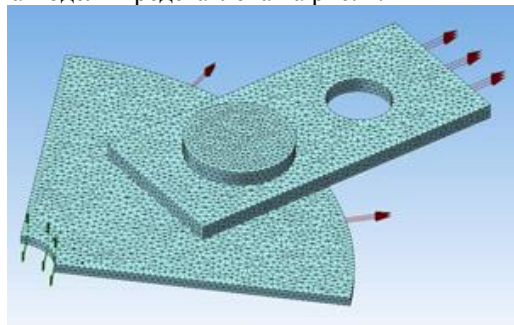


Рис. 4. Конечно элементная сетка модели
Fig. 4. Certainly element net to models

4. Выбор необходимого типа расчета и настройка его параметров происходит в окне панели АРМ FEM. Выбираем статический расчет.

5. В результате расчета получены эпюры деформированной расчетной модели, в которой цветовой диапазон зависит от уровня напряжений в данном месте диска (рис. 5).

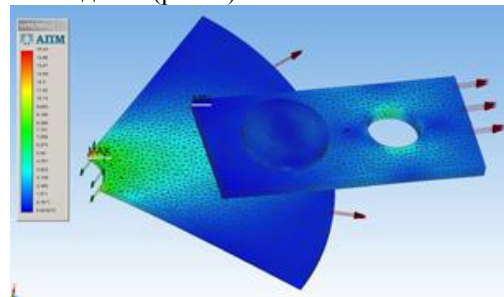


Рис. 5. Результаты расчета
Fig. 5. Results of the calculation

Просмотр полученных результатов и анализ значений основных расчетных характеристик (напряжений, коэффициентов запаса, перемещений) даст информацию для проведения модификации модели по результатам проведенных расчетов (можно изменить геометрические размеры деталей или материал). Максимальные напряжения возникают, как и ожидалось, на поверхности образующих внутреннего отверстия в месте крепления диска к валу. Как показывает диаграмма (рис. 5) напряжения в пределах нормы.

6. Последний этап - повторное проведение расчетного анализа для подтверждения работоспособности изделия.

ВЫВОДЫ

Применение математического аппарата метода конечных элементов упрощает построение модели объекта, в котором необходимо исследовать напряженно-деформированное состояние. МКЭ позволя-

ет получить решения в виде полей напряжений и деформаций практически в любом сечении деталей конструкции. Эти преимущества метода до теперешнего времени еще не были использованы при конструировании молотковых дробилок. Их реализация позволит уменьшить металлоёмкость оборудования, увеличить надежность его работы и снизить себестоимость, улучшить качество производимых кормов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Potapova S. 2013.** Klassifikatsia i otsenka izmel'chiteley zerna // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture –2013. Vol. 15. No 3. 348-355.
2. **Кирсанов В.В., Мурусидзе Д.Н., Некрашевич В.Ф. 2007.** Механизация и технология животноводства.– М.: Колос, 584.
3. **Трухачев В.И., Капустин И. В., Ангилев О.Г., Гребенник В.И.; 2005.** Технологии и технические средства в животноводстве СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 304.
4. **Демьянушко И.В., Биргер И.А. 1978.** Расчет на прочность вращающихся дисков. М.: Машиностроение. 247.
5. **Харламов С.В. 1991.** Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отд-ние. – 256.
6. **Соколов В.И. 1983.** Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: – М.: Машиностроение, 447.
7. **Михалев М.Ф., Третьяков Н.П., Мильченко А.И., Зобнин В.В. 1984.** Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: примеры и задачи / Под ред. Михалева М.Ф. – Л.: Машиностроение, 301.
8. **Писаренко Г.С. 1979.** Соппротивление материалов. – 5-е изд. перераб. и доп. – К.: Высшая школа. Головное изд-во, 696.
9. **Фесик С.П. 1982.** Справочник по сопротивлению материалов / – 2-е изд., перераб. доп. – Киев. 280.
10. **Феодосьев В.И. 1970.** Соппротивление материалов. – М.: Наука, 544.
11. **Журбин О.В., Чижумов С.Д. 2004.** Анализ инженерных конструкций методом конечных элементов: Учеб. пособие. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 157.
12. **Галлагер Р. 1984.** Метод конечных элементов: основы / Пер. с англ. В.М.Картвешвили; Под ред. Н.В. Баничука. - М.: Мир, 428.
13. **Зенкевич О. 1975.** Метод конечных элементов в технике / Пер. с англ.; Под ред. Б.Е. Победри. – М.: Мир, 541.
14. **Зенкевич О., Морган К. 1986.** Конечные элементы и аппроксимация / Пер. с англ. Б.И. Квашова; Под ред. Н.С. Бахвалова. – М.: Мир, 318.
15. **Зенкевич О., Чанг И. 1974.** Метод конечных элементов в теории сооружений и механике сплошных сред / Пер. с англ. О.П.Троицкого и С.В.Соловьева; Под ред. Ю.К.Зарецкого. -М.: Недра, 239.
16. **Васильева В.Н. 1986.** Введение в теорию метода конечных элементов. - Иркутск, Изд-во Иркут. ун-та, 149.
17. **Иванов А.Н. 2012.** Автоматизированное проектирование и расчет узлов оптоэлектронных приборов в САПР КОМПАС. Учебное пособие – СПб: НИУ ИТМО, 56.
18. **Герасимов А. 2010.** Автоматизация работы в КОМПАС-График (+ CD-ROM):— Москва, БХВ-Петербург, 608.
19. **Талалай П. 2010.** Компас-3D V11 на примерах (+ DVD-ROM): – Москва, БХВ-Петербург, 616.
20. **Жарков Н.В., Минеев М.А., Прокди Р.Г. 2010.** Компас-3D V11. Полное руководство (+ DVD-ROM): – Москва, Наука и техника, 688.

USE THE METHOD FINIT ELEMENT FOR DESIGN CALCULATION OF HAMMER CRUSHERS

Summary. On livestock farms and feed mills for grinding of coarse grains are widely used hammer mills. One of the main elements of crushers are rotating discs. The strength and durability of the disc determines the ability to achieve high parameters of the machine, provides the necessary durability. Traditional methods of calculating the strength and durability of the rotating parts of crushers cannot provide further radical improvement of the process. In this regard, the development of new methods for calculating the tense-deformed state, the optimal size of the working organs of machines for grinding grain feed, which have greater technological capabilities, lower power consumption and metal consumption provide good quality grinding, is an actual task.

The classical approach to the calculation of strength does not disclose the mechanism of destruction that with sufficient accuracy can be presented from the perspective of fracture mechanics, so the manufac of the main elements of hammer mills is necessary to use a revised method of calculating the strength - the finite element method (FEM).

In the article the technique and algorithm study of tense-deformed state drive with a hammer mill using computer simulation software. The use of the mathematical apparatus of finite element method simplifies the construction of a model of the object in which to explore the tense-deformed state. FEM provides a solution in the form of stress and strain fields in almost any section of the construction details. Implementation of FEM will reduce metal consumption of equipment, increase its reliability and reduce the cost, improve the quality of the feed.

Key words: method of finite elements, hammer crusher, disk.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ СЕМЯН СОРНЯКА ОТ СЕМЯН РАПСА

Василий Дуганец

*Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: duganec-vasil@rambler.ru*

Vasyl Duganets

*Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: duganec-vasil@rambler.ru*

Аннотация. В статье приведен анализ существующих средств и способов разделения семян, проведенных исследований физико-механических свойств семян рапса и их примесей, конструкций вибрационных, фрикционных семяочистительных машин, теоретических работ, посвященных процессу сепарации. Указаны преимущества и недостатки средств для разделения семян. Приведены результаты некоторых новых механико-технологических свойств семян рапса, а также сорняка (подмаренника цепкого). Определён признак делимости семян рапса и их сорняков – процесс зацепления семян сорняка с ворсистым текстильным материалом.

Приведены результаты теоретических исследований безотрывного движения семян сорняка подмаренника цепкого по рабочему органу предложенного фрикционного сепаратора, а также получена математическая модель движения с отрывом семян рапса от барабана сепаратора, покрытого текстильным материалом.

На основе проведенных комплексных исследований, теоретического обоснования, предложенный механизированный способ разделения двух фракций смеси. Определены теоретические основы работы вибратора-встрягивателя. Представлена математическая модель процесса работы фрикционного сепаратора. Также установлены условия безотрывного перемещения семян подмаренника цепкого по поверхности рабочего органа сепаратора в зону его встрягивания.

После проведения экспериментальных исследований определены рациональные конструктивно-технологические параметры, которые влияют на полноту сепарации. Установлено, что на работоспособность сепаратора влияет скорость движения ленты транспортёра сепаратора, подача смеси и наиболее влияющий фактор сила прижимания смеси к рабочему органу сепаратора.

Результаты экспериментальной проверки показали, что за одно пропускание смеси через фрикционный сепаратор можно получить семена рапса первой репродукции с содержанием семян сорняка подмаренника цепкого в семенах рапса около 160 штук на 1 кг., что допускается агротехническими требованиями. При сепарации исключается использование магнитных порошков, которые применяются в электромагнитных машинах, а также потери се-

мян основной культуры в отходы.

Ключевые слова: сепаратор, рапс, подмаренник, свойства, конструктивно-технологические параметры, очистка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из важных продовольственных масличных культур в сельскохозяйственном производстве в большинстве стран мира является рапс. Однако уровень механизации производства этой культуры на данный момент не соответствует современным требованиям. Наиболее сложным процессом на весь комплекс производства рапса является уборка и очистка семенного вороха. Технические сложности при очистке семян рапса в значительной мере объясняются вместительностью в смеси семян сорняка подмаренника цепкого.

Семяочистительные машины должны отделять из семян рапса большое количество разнообразных сорняков и остатков, влияющих на недостаточную кондиционность получения семян культурного растения. Рапс, который широко применяется как в пищевой промышленности, так и в технической для использования биотоплива и технических масел, а также для многих других целей, имеет очень большое значение. Рапсовое масло, не уступает подсолнечному. Оно широко применяется также в кондитерской, консервной, мыловаренной, текстильной и лакокрасочной промышленности.

Существует проблема при очистке семенных смесей, где наблюдается недостаточная очистка семян рапса серийными машинами от семян сорняков. При очистке от тяжело отделяемых сорняков, таких как подмаренник цепкий на магнитных машинах наблюдается большое использование магнитного порошка и значительные потери семян основной культуры в отходы, что значительно влияет на экологию.

В связи с этим есть необходимость поиска путей очистки семян на новых рабочих органах, а также исследования технологического процесса очистки.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам существующих способов и средств сепарации, а также изучению физико-механических

свойств семян масличных культур и семян сорняков, которые являются загрязнителями посевов: И.И. Блехман [1], П.М. Василенко [2], П.М. Заика [3], Э.Э. Левендел [4], Р.Ф. Нагаев [5], Д.А. Плисс [6], В.И. Якубович [7], С. Бетхер [8], В.Г. Зейдель [9], В. Клоххауз [10], О. Теприке [11], Р. Юнг [12], Л.Т. Седаш [13], А.А. Кобринский, А.Е. Кобринский [14], И.Д. Харук, В.М. Лукьяненко [15]. Учеными сделан обзор вибрационных семяочистительных машин и фрикционных сепараторов, отмечены основные недостатки и предложены пути их улучшения, а также улучшения качества работы при сепарации семенной смеси.

Установлено, что существующие способы и средства сепарации семян масличных культур, не способны отделить семена сорняка подмаренника цепкого, который является тяжело отделяемым.

Из просмотренных литературных источников известно, что семена рапса несколько отличаются от семян сопутствующих ему сорняков формой, состоянием поверхности и упругостью. Такие свойства, как форма и упругость семян в большей степени изучены, и при этом существуют специальные машины такие, как вибрационные, виброфрикционные, с помощью которых, часть семян сорняков отделяется. Недостатком вибрационных семяочистительных машин, которые используют в технологических линиях для очистки семян масличных культур, является недостаточная производительность, большая металлоемкость и сложность изготовления поверхностей рабочих органов.

Семена рапса и семена сорняка подмаренника цепкого имеют различия по физико-механическим и технологическим свойствам, характеризующие состояние поверхности.

Вследствие этого возникла необходимость поиска новых способов отделения семян сорняка подмаренника цепкого.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основной целью данной публикации является повышение эффективности процесса очистки семян масличных культур рапса от сорняка подмаренника цепкого методом разработки новой конструкции сепаратора фрикционного типа и обоснования возможности его работы.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Рапс – очень ценная масличная и кормовая культура, особенно современные сорта, содержащие минимальное количество эруковой кислоты, нежелательное для организмов людей и животных.

Семена рапса содержат от 38 до 50% масла, 16-29% белка, 6-7% клетчатки, 24 - 26% безазотистых экстрактивных веществ.

Рапсовое масло имеет широкий спектр применения в народном хозяйстве. Оно высоко ценится как в удовлетворении потребностей в питании, так и в различных отраслях технического направления.

Масло употребляется в натуральном виде в салаты и в кулинарии, является сырьём для изготовления бутербродного масла, маргарина, майонезов, приправ, кондитерских и других жиров, а также ши-

роко применяется в производстве лаков, красок в металлургической, мыловаренной и текстильной промышленности. При сгорании 1 г рапсового масла выделяется 9,5 тыс. калорий, по сравнению с тем, что при сгорании этого количества белка выделяется 5,5 тыс.; углеводов - 4 тыс.; сала 9,5 тыс.; сливочного масла - 7, 8 тыс. калорий. Это значит, что масло высококалорийное и имеет большую энергетическую отдачу [16-17].

Рапсовое масло полезно для здоровья человека. Содержание триглицеридов, входящих в его состав обладает способностью снижать и регулировать содержание холестерина в крови человека и этим предотвратить сердечно-сосудистые заболевания. По сравнению с другими маслами и жирами животного происхождения рапсовое масло имеет наименьше насыщенных жирных кислот, а также содержит больше линолевой и линоленовой кислот, которые имеют важную роль в жизнедеятельности человеческого организма. Например линолевая кислота является основным компонентом клеточных мембран, линоленовая имеет важное значение в кислородном обмене нервных клеток. В жирах животного происхождения эта кислота является крайне скудной, или вовсе отсутствует [16].

Относительно рапса, как кормовой культуры, то при его переработке с 1 ц семян получают до 41 кг масла и 57 кг жмыха. При урожайности 30 ц / га с 1 га рапса можно получить 1,0 - 1,3 тонн масла и 1,6 - 1,8 тонн шрота, который содержит около 40% белка. В 1 ц шрота содержится в среднем 90 кормовых единиц, коэффициент переваримости органических веществ достигает 71% по сравнению с подсолнечным, которое имеет 56%. Одна тонна рапсового шрота позволяет сбалансировать по белку 8 - 10 тонн зернофуража, повышая при этом содержание переваримого протеина в одной единице с 80 до 110 г [16-17].

Именно потому необходим поиск путей для получения семян рапса в исключительно чистом виде.

В процессе первичной очистки семян рапса после сбора урожая, на воздушно-решетчатых машинах общего назначения отделяется до 50% семян сорняков и примесей. Однако отделить тяжело отделяемые семена сорняков таких как, подмаренник цепкий, жабрий, горчак, горошек мохнатый, практически невозможно. Один из этих сорняков, как подмаренник цепкий, самый злостный и вредоносный, экономический порог вредоносности которого составляет 0,1 растения на 1 м².

Поэтому, необходимо более совершенное изучение вопросов очистки и сортировки семян рапса, а также возможность разделения и определения признаков разделения его от тяжело отделяемых сорняков. А это невозможно сделать без изучения физико-механических свойств семян рапса и сорняков [18, 19, 20].

Основные размерные характеристики семян масличных культур изложены в трудах В.А. Гудима, В.Г. Тихонова [21-22]. Ими приведены данные о состоянии поверхности, формы семян рапса, также определялись коэффициенты трения семян по ре-

зине, фанере, алюминию, оцинкованной и не окрашенной жести. Сведения о физико - механических свойствах тяжело отделяемых сорняков имеют место в трудах [23, 24, 25]. Также в работах Н.Г. Гладкова приведены данные об удельном весе, геометрические размеры, аэродинамические свойства, состояние поверхности и формы семян сорняков подмаренника цепкого, горца березкообразного. Наиболее совершенственно физико-механические свойства семян масличных культур и семян сорняков приведены в работе [26].

Из литературных источников известно, что физико-механические свойства семян масличных культур и их тяжело отделяемые сорняки изучены не полностью, так как во многих трудах они определялись не для нахождения признака их делимости, а авторами исследовались другие цели. Более полностью изучены только размерные характеристики, плотность масличных культур. Известные физико-механические свойства такие как, предельный угол подъема семян по наклонной вибрационной плоскости и коэффициент мгновенного трения при ударе. Форма и состояние поверхности семян масличных культур и их сорняков изучена не полностью. В литературе не найдено таких физико-механических свойств, как взаимосвязь семян рапса и его тяжело отделяемых семян сорняков с различными поверхностями текстильных материалов. В связи с этим, нами было изучено форму, состояние поверхности семян и коэффициент статического трения на фрикционной поверхности текстильных материалов.

Определение коэффициентов трения рапса и семян сорняка подмаренника цепкого необходимое для исследования возможности разделения по свойствам их поверхности, а также для выбора параметров и режима работы фрикционных сепараторов. Поверхность семян культурных растений и сорняков может быть ровной и жесткой, гладкой и ворсистой, плотной и пористой. Качественные семена имеет гладкую округлую поверхность, а не качественно-сморщенную, шёрсткой. Состояние их поверхности также зависит от спелости, влажности и условий прорастания. Состояние поверхности значительно влияет на сопротивление движению семян по разных материалах. Поэтому механико-технологические свойства семян, связанные с состоянием поверхности определяются величиной сил трения между подвижными семенами и поверхностью рабочих органов, которые используются для разделения семенных смесей.

Сила трения исследуемого семян характеризуется зависимостью:

$$0 \leq F \leq F_{\max}, \quad (1)$$

где: F_{\max} – максимальное значение силы трения семян рапса и подмаренника по поверхности образца материала, которая возникает в момент сдвига семян и его движения по наклонной поверхности исследуемого материала с постоянной скоростью.

Возможность компонентов смеси отделяться на рабочих органах фрикционных сепараторов характеризуется коэффициентом внешнего трения.

Статические коэффициенты внешнего трения применяется в сепараторах с неподвижными рабо-

чими органами, или с рабочими, которые движутся постепенно. В основе принципа работы фрикционного сепаратора является постепенное движение рабочего органа. Поэтому для большей достоверности значений коэффициентов трения, используемых в качестве признаков разделения семенной смеси на фрикционном сепараторе, необходимо его определение.

Для определения статического коэффициента внешнего трения использовали лабораторную установку, состоящую из наклонной платформы, основания механизма регулировки углов наклона и градусной шкалы.

Угол наклона платформы можно регулировать в пределах от 15 до 180. Такой диапазон изменения угла наклона платформы выбран из условия, что при исследовании ворсистых текстильных материалов предполагается сцепление семян подмаренника цепкого с поверхностью материала и при увеличении угла наклона платформы установки силы сцепления превратятся в силы зацепления. Образец семян исследуемых растений, который был изготовлен путем наклеивания семян на тонкую картонку площадью 20 мм², размещали на поверхности материала и закрепляли на платформе лабораторной установки. Если при наклоне под углом α к горизонту тело начинает скользить и движется равномерно вниз без ускорения, то угол наклона платформы α равен углу трения φ . В случае если угол наклона платформы становится равным 90⁰, а образец семян не отрывается от материала, который закреплен на платформе, то это явление называется зацеплением семян с поверхностью исследуемого материала. Если при увеличении угла наклона платформы установки наступает момент отрыва образца семян, то этот угол называют углом трения зацепления.

При исследовании углов трения использовали текстильные материалы, а также резина и сталь. Среди текстильных материалов были такие: войлок, Практика 100, Саванна, Фреска, Атлас, Дунай, Идеал, велюр, шерстяное сукно и текстильная основа. Резину и сталь использовали для сравнительной характеристики.

Полученные результаты экспериментальных исследований семян рапса и подмаренника цепкого на трение сцепления приведены на рис. 1,2.

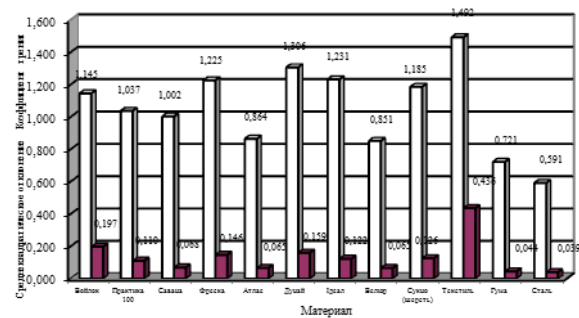


Рис. 1. Коэффициенты трения сцепления семян рапса по разных материалах и их среднеквадратичные отклонения

Fig. 1. The coefficients of static friction of rapeseed for different materials and their standard deviations

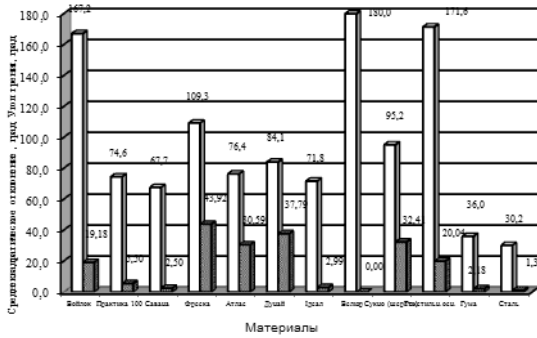


Рис. 2. Угол трения скольжения семян подмаренника цепкого по разным материалам и их среднеквадратические отклонения

Fig. 2. The angle of friction tenacious bedstraw seeds for different materials and their standard deviation

Результаты экспериментальных исследований показали, что среднее значение углов трения семян рапса по разным материалам находится в пределах от $30,6^{\circ}$ (сталь, минимальное значение) до $54,9^{\circ}$ (текстильная основа линолеума, максимальное значение). Среди исследуемых материалов наименьшую изменчивость углов трения семян имеют сталь и резина (среднее отклонение углов трения составляет $1,67$ и $1,72^{\circ}$), а среди текстильных материалов - Саванна, Атлас и велюр (среднее отклонение углов трения составляет соответственно $1,94^{\circ}$, $2,17^{\circ}$, $2,18^{\circ}$). Наибольшую нестабильность углов трения семян имеют материалы: текстильная основа линолеума, войлок и Фреска (среднее отклонение углов трения составляет соответственно $7,25^{\circ}$, $4,80^{\circ}$, $3,50^{\circ}$).

Среднее значение углов трения семян подмаренника цепкого по разным материалам находится в пределах от $30,2^{\circ}$ (сталь, минимальное значение) до 180° (велюр, максимальное значение). Среди исследуемых материалов наименьшую изменчивость углов трения семян имеют велюр, сталь и резина (среднее отклонение углов трения составляет соответственно $0,0$, $1,30^{\circ}$ и $2,18^{\circ}$).

Наибольшую нестабильность углов трения семян подмаренника цепкого имеют материалы Фреска, Дунай и сукно (шерсть) (среднее отклонение углов трения составляет соответственно $43,92^{\circ}$, $37,79^{\circ}$, $32,41^{\circ}$).

Если угол трения превышает 90° то образец семян не отрывается от поверхности исследуемого материала, это имеет место сцепления семян с ворсистой поверхностью материала. При увеличении угла наклона платформы установки от 90° до 180° наступает или не наступает момент отрыва семян от поверхности исследуемого материала. Он был назван углом трения сцепления.

Выявлено, что среди исследуемых текстильных материалов угол сцепления с семенами подмаренника цепкого больше 90° имеют такие материалы как велюр, текстильная основа линолеума, войлок и Фреска (среднее значение угла сцепления составляет 180° , $171,6^{\circ}$, $167,2^{\circ}$ и $109,3^{\circ}$ соответственно). Так как Фреска имеет наибольшую неравномерность при определении углов трения, то для эксперимен-

тального изучения текстильных материалов целесообразно взять первые три, а именно велюр, текстильную основу линолеума и войлок.

На основе выше изложенного и проведенных исследований возникла необходимость в разработке технологической схемы фрикционного сепаратора для проведения процесса сепарации семян за счет свойств их состояния поверхности.

При разработке новой конструкции сепаратора для работы учитывались нормативные организационные требования такие, как влажность семян, а также возможность семян сорняков подмаренника цепкого сцепляться с поверхностью рабочего органа сепаратора и отцепляться от него в предназначенном для того месте.

Учитывая сложность выполнения и доведение технологического процесса для выполнения этих требований, необходимо было исследование различных текстильных материалов, путем определения силы сцепления и зацепления семени подмаренника с тем текстильным материалом, который будет являться основным рабочим органом сепаратора. Было доведено и использовано за образец рабочего органа материал, так называемый велюр.

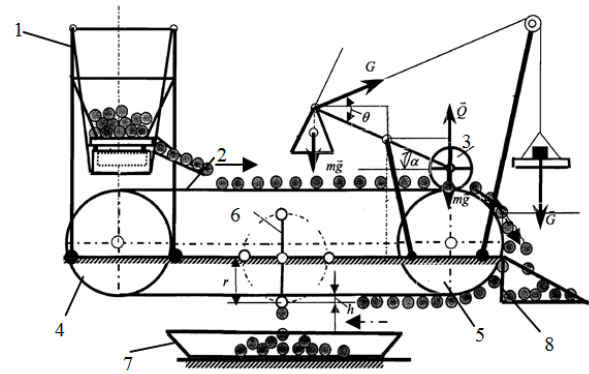


Рис. 3. Технологическая схема работы фрикционного сепаратора: 1 – бункер дозатор; 2 – фрикционный рабочий орган; 3 – прижимной валик; 4 – ведущий барабан; 5 – ведомый барабан; 6 – вибратор-встряхиватель; 7 – лоток для сбора семян сорняков; 8 – лоток для сбора семян рапса

Fig. 3. Technological scheme of the friction separator: 1 – hopper dispenser; 2 – friction working body; 3 – pressure roller; 4 – leading drum; 5 – driven drum; 6 – vibrator-shaker; 7 – tray to collect weed seeds; 8 – tray to collect rapeseed

- направление движения семенной смеси
- · · · → направление движения семян подмаренника цепкого
- - - → направление движения семян рапса

Работа фрикционного сепаратора происходит следующим образом. Смесь семян и подмаренника цепкого с помощью бункера-дозатора 1 равномерно подается на поверхность фрикционного рабочего органа 2, при этом скорость движения ленты и подача обеспечивают движение семян в один слой. Смесь, пройдя в зоне прижима на ведущем барабане 5, между фрикционной рабочей поверхностью и прижимным валиком 3, попадает в предназначенные

для каждой фракции места. По барабану 5 семена рапса сходят в лоток 8, а семена подмаренника цепкого, сцепившись с поверхностью рабочего органа, доносятся в зону лотка 7 для сбора семян сорняков, где встряхиваются вибратором-встряхивателем 6.

Прижимной валик 3 вращается соответственно направлению движения ленты рабочего органа с помощью силы трения с семенами. Он покрыт тонким слоем поролона для предотвращения скольжения его по монослою и обеспечения равномерного прижима каждого из семян.

Таким образом, предложенная технологическая схема работы сепаратора является нетрадиционной по отношению к серийным машинам, а потому его необходимо отнести к семяочистительным машинам фрикционного типа.

Для рациональной работы сепаратора требуется значительной максимальной подачи и скорости движения фрикционной поверхности, необходимого усилия прижатия валиком монослоя, а также создание необходимых вибраций для встряхивания семян сорняков.

Если рассматривать динамику движения семян по фрикционной поверхности вращающегося барабана рабочего органа сепаратора, то семя будем считать телом, которое имеет сферическую форму. При движении семян по вращающемуся барабане (рис. 4) в безотрывном режиме общий угол поворота радиуса:

$$R = (r_6 + r_c), \quad (2)$$

где: r_6 – радиус барабана, r_c – радиус семени, будет

$$\Theta = \varphi + \theta + \psi, \quad (3)$$

где: φ – угол поворота барабана с прилипшим к фрикционной поверхности семенем, как одного целого в случае отсутствия их качения и проскальзывания; θ – поворот радиуса, соединяющего центр барабана с центром масс семени при его скольжении без качения по поверхности барабана; ψ – угол поворота радиуса R при качении семян по фрикционной поверхности барабана без проскальзывания.

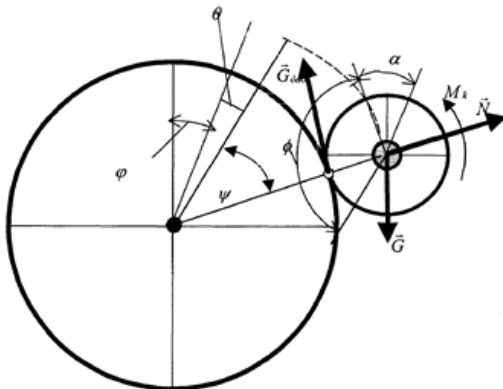


Рис. 4. Динамика движения семени рапса по оборачивающемуся барабану

Fig. 4. Dynamics of rapeseed for the drum wraps

Общий угол поворота семени вокруг его центра масс очевидно будет суммой двух углов: угла поворота семени при чистом его качении ϕ и угла поворота

рота от проскальзывания α . Эту сумму двух отмеченных углов обозначим через β , при этом имеем:

$$\beta = \phi + \alpha. \quad (4)$$

На семя во время его движения по барабану действуют такие силы: масса семени \vec{G} , нормальная реакция барабана \vec{N} , сила сухого трения Кулона $\vec{F}_{\text{тер}}$, и пара от силы трения качения с моментом M_k . Для записи дифференциальных уравнений движения семени в безотрывном режиме по фрикционной поверхности барабана рабочего органа сепаратора используем общие теоремы динамики – теорему о движении центра масс к кругу, по которому движется центр масс семени и теорему о смене кинетического момента относительно центра масс. Если обозначить дуговую координату центра масс семени через S_c , то в результате приходим к такой системы трех дифференциальных уравнений.

Тогда имеем:

$$\frac{G}{g} \cdot \left[(r_6 + r_c) \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \varphi + \frac{d^2}{dt^2} \theta + \frac{d^2}{dt^2} \psi \right) \right] = G \cdot \sin(\varphi + \theta + \psi) - F_{\text{мп}}, \quad (5)$$

$$\frac{G}{g} \cdot (r_6 + r_c) \cdot \left(\frac{d}{dt} \varphi + \frac{d}{dt} \theta + \frac{d}{dt} \psi \right)^2 = G \cdot \cos(\varphi + \theta + \psi) - N, \quad (6)$$

$$I \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \phi + \frac{d^2}{dt^2} \alpha \right) = F_{\text{мп}} \cdot r_c - M_k. \quad (7)$$

где: S_c – дугова координата центра масс семени; r_n , r_c – радиус семени; r_6 – радиус барабана; M_k – момент трения качения семени по фрикционной поверхности барабана; I – момент инерции семян.

Теперь учитываем, что в общем случае движения семян по фрикционной поверхности барабана

$$S_c = (r_6 + r_c) \cdot (\varphi + \theta + \psi), \quad (8)$$

и $\beta = \phi + \alpha$, а также выполнив соотносительное дифференцирование, приведем систему уравнений к такому виду:

$$\frac{G}{g} \cdot \left[(r_6 + r_c) \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \varphi + \frac{d^2}{dt^2} \theta + \frac{d^2}{dt^2} \psi \right) \right] = G \cdot \sin(\varphi + \theta + \psi) - F_{\text{мп}}, \quad (9)$$

$$\frac{G}{g} \cdot (r_6 + r_c) \cdot \left(\frac{d}{dt} \varphi + \frac{d}{dt} \theta + \frac{d}{dt} \psi \right)^2 = G \cdot \cos(\varphi + \theta + \psi) - N, \quad (10)$$

$$I \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \phi + \frac{d^2}{dt^2} \alpha \right) = F_{\text{мп}} \cdot r_c - M_k. \quad (11)$$

Барабан оборачивается с постоянной угловой скоростью $\frac{d}{dt} \varphi = \omega$. Потому в уравнениях движения семени по фрикционной поверхности барабана с постоянной угловой скоростью $\frac{d^2}{dt^2} \varphi = 0$. При таких

условиях эта система уравнений будет иметь вид:

$$\frac{G}{g} \cdot \left[R \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \theta + \frac{d^2}{dt^2} \psi \right) \right] = G \cdot \sin(\varphi + \theta + \psi) - F_{\text{мп}}, \quad (12)$$

$$\frac{G}{g} \cdot R \cdot \left(\omega + \frac{d}{dt} \theta + \frac{d}{dt} \psi \right)^2 = G \cdot \cos(\varphi + \theta + \psi) - N, \quad (13)$$

$$I \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \phi + \frac{d^2}{dt^2} \alpha \right) = F_{\text{мп}} \cdot r_c - M_k. \quad (14)$$

Исключая с первого и третьего уравнений силу трения $F_{\text{тер}}$, получим уравнение:

$$\frac{I}{r_c} \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \phi + \frac{d^2}{dt^2} \alpha \right) + \frac{G}{g} R \left(\frac{d^2}{dt^2} \theta + \frac{d^2}{dt^2} \psi \right) - G \sin(\varphi + \theta + \psi) + \frac{M_k}{r_c} = 0, \quad (14)$$

которое есть общим и учитывает режимы качения и проскальзывания семени, а также те условия, что движение семени происходит по круговой траектории.

Далее рассмотрим первые два уравнения системы, которые подадим в виде:

$$F_{mp} = G \cdot \sin(\varphi + \theta + \psi) - \frac{G}{g} \left[(r_c + r_o) \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \theta + \frac{d^2}{dt^2} \psi \right) \right]. \quad (15)$$

$$N = G \cdot \cos(\varphi + \theta + \psi) - \frac{G}{g} (r_o + r_c) \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega + \frac{d}{dt} \theta + \frac{d}{dt} \psi \right)^2. \quad (16)$$

Условием безотрывного режима движения семени по фрикционной поверхности барабана будет

$$N = G \cos(\varphi + \theta + \psi) - \frac{G}{g} (r_o + r_c) \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega + \frac{d}{dt} \theta + \frac{d}{dt} \psi \right)^2 \leq 0. \quad (17)$$

На основании уравнений движения семени по барабану и законов трения скольжения и качения можно записать условие отсутствия проскальзывания и качения семени по фрикционной поверхности барабана:

$$\begin{aligned} 0 > F_{mp} < F_{mp,max} \\ 0 > M_k < M_{k,max} \end{aligned}$$

Здесь $F_{mp,max}$ и $M_{k,max}$ – относительно максимальные значения силы трения скольжения и момента трения качения, которые выражаются формулами:

$$F_{mp,max} = IN, \quad M_{k,max} = \delta N,$$

то есть данной системе неравности соответствует относительное равновесие семени на фрикционной поверхности барабана.

Исследованиями установлено, что поверхность семян сорняков подмаренника цепкого покрыта множеством острых бугорков.

Наличие таких бугорков на поверхности семян является причиной возникновения сил сцепления между семенами и фрикционной поверхностью, которые резко зависят от величины дополнительной нормальной силы, действующей на семена и вдавливают его в фрикционную поверхность ленты сепаратора в момент вхождения во вращательную зону барабана.

Вращающаяся зона – это угол охвата лентой вращающегося барабана сепаратора, который находится в пределах от нуля до 180 градусов.

Проведенные экспериментальные исследования обусловили необходимость разработки фрикционного сепаратора, основным рабочим органом которого является лента, покрытая текстильным материалом.

Техническая новизна и отличающие особенности машины подтверждены декларационным патентом Украины на изобретение и актами внедрения его в производство.

Предполагается при внедрении в производство данного образца фрикционного сепаратора получить ряд преимуществ по сравнению с серийной электромагнитной машиной К-590А:

- исключение из процесса очистки магнитного порошка,
- исключение потерь семян основной культуры в отходы,
- минимальное потребление электроэнергии,
- простота конструкции.

Разработано документацию и рабочий чертеж с увеличением ширины рабочего органа и других узлов сепаратора, поскольку планируется поставить его в одну линию с К-218 «Петкус-Селектра».

Схема разработанной конструкции приведена на рисунке 5.

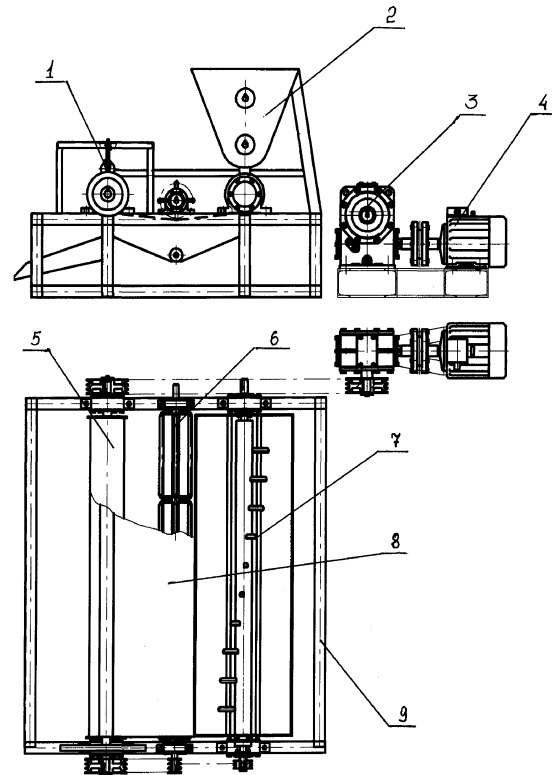


Рис. 5. Конструктивно-технологическая схема фрикционного сепаратора: 1 – прижимной валик; 2 – бункер; 3 – редуктор; 4 – электродвигатель; 5 – ведущий барабан; 6 – вибратор-встряиватель; 7 – рыхлитель; 8 – фрикционная поверхность рабочего органа; 9 – рама

Fig. 5. Structural and technological scheme of the friction separator: 1 – pressure roller; 2 – the bunker; 3 – gear; 4 – the electric engine; 5 – drive drum; 6 – vibrator-shaker; 7 – ripper; 8 – friction surface of the working body; 9 – frame

Исследования подтвердили правильность выбора технологической схемы фрикционного сепаратора, который обеспечит качественную очистку семян рапса от семян сорняков подмаренника цепкого, доведя при этом семена рапса до семенных кондиций первой репродукции с содержанием семян подмаренника цепкого до 160 штук на 1 килограмм остаточной массы, соответствующей агротехническим требованиям.

На основе этого были определены рациональные конструктивно-технологические параметры при компоновке машины, которые представлены в таблице 1.

ВЫВОДЫ

Таблица 1. Основные конструктивно-технологические и рациональные параметры при компоновке и изготовлении фрикционного сепаратора

Table 1. The main structural and technological and rational parameters and the layout of manufacturing friction separator

Параметры	Значение параметра
Ширина сепарирующего рабочего органа, м	1,12
Частота вращения ведущего и ведомого барабанов, хв^{-1}	69,0
Линейная скорость сепарирующего рабочего органа, м/с	0,48
Подача смеси, кг/час	220
Сила прижатия валика, Н	1,13
Частота вращения виброударного механизма (вибратора-встряхивателя) мин^{-1}	800
Амплитуда колебаний нижней ветки ленты рабочего сепарирующего органа, мм	10
Габаритные размеры, длина, мм	1915
Ширина, мм	1574
Высота, мм	810
Радиус ведущего и ведомого барабанов, мм	60
Радиус стержней встряхивателя, мм	50
Расстояние между осями ведущего и ведомого барабанов, м	0,5
Объём загружающего бункера, м^3	0,6
Необходимая мощность электродвигателя, кВт	1,2
Частота вращения электродвигателя, хв^{-1}	2840

Все конструктивно-технологические параметры для опытного образца были определены с помощью увеличения, а энергосоотношения по теории подобия.

Пользуясь числовыми и размерными значениями конструктивно-технологических и рациональных параметров машины в табл. 1 можно разработать новую конструкцию фрикционного сепаратора.

С целью дальнейшего применения новых сепарирующих органов, для улучшения процесса отделения семян сорняков подмаренника цепкого от семян рапса, предложено разработать и изготовить семяочистительную машину на основе рабочих чертежей и документации на изготовление. Эта машина выполняла бы следующие операции: подачу с бункера зерновой смеси, транспортировку семян рапса в тару семян основной культуры, отделения и транспортировки семян сорняков подмаренника цепкого в зону работы вибратора-встряхивателя для встряхивания семян сорняков в тару для отходов.

1. Обобщение опыта эксплуатации семяочистительных машин и решение научной задачи заключается в изобретении нового процесса отделения семян сорняков подмаренника цепкого от семян масличных культур (рапса) с исключением применения в машинах магнитного порошка.

2. Анализ существующих конструкций зерноочистительных машин и способов очистки свидетельствует, что отделить семена сорняка подмаренника цепкого от семян рапса полностью невозможно, так как у семян рапса и подмаренника цепкого близкие размерно-весовые характеристики и аэродинамические свойства.

3. Изучены новые механико-технологические свойства компонентов семенных смесей и текстильных материалов, коэффициенты трения скольжения и динамические характеристики сил сцепления, влияющие на процесс разделения смеси за их состоянием поверхности.

4. По результатам исследований разработана конструкция фрикционного сепаратора, рабочим органом которого является лента, покрытая текстильным материалом с ворсистой поверхностью и имеет способность отделять семена сорняка от семян рапса без применения магнитного порошка.

5. Разработана математическая модель, процесса работы сепаратора, а также установлены условия безотрывного перемещения семян подмаренника цепкого по рабочей поверхности в зону его встряхивания.

6. Установлены основные конструктивно-технологические и рациональные параметры при компоновке и изготовлении фрикционного сепаратора.

7. На базе проведенных исследований разработана методика проектирования фрикционных сепараторов для выделения семян сорняков подмаренника цепкого из семян рапса. Проведен расчет технико-экономической эффективности от использования фрикционного сепаратора и полученные значения показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. 1964.** Вибрационное перемещение. – М.: Наука. – 410.
2. **Василенко П.М. 1960.** Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. – Киев: Изд-во Акад. с.-х. Наук УССР. – 289.
3. **Заика П.М., Мазнев Г.Е. 1978.** Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. – М.: Колос. – 287.
4. **Лавендел Э.Э. 1971.** Система гипотез в технических расчетах по вибрационному перемещению. // Вопросы динамики и прочности. Рига: Зинатье. Вып. 21. 5-10.
5. **Нагаев Р.Ф. 1978.** Периодические режимы вибрационного перемещения. – М.: Наука. – 168.

6. **Плисс Д.А. 1967.** К теории вибрационной сепарации. // Инж. АН СССР. Ил. журнал. МТТ. – № 4. – 25-31.
7. **Якубович В.И. 1966.** Вибрационное перемещение при колебаниях несущей плоскости по эллиптической траектории // Механизация и автоматизация пр-ва. – № 8. – 18-20.
8. **Bottcher S. 1958.** Beitrag zur Klärung der Gutbewegung auf Schwingrinnen. Fördern und Heben, Heft 3, 4, 5.
9. **Seidel W. 1958.** Die Wurfbewegung von Schuttgut auf der schwingenden Ebene. Bergbautechnik. № 8, 9.
10. **Klockhaus W. 1952.** Fodergeschwindigkeit von Schwingrinnen und Schwindsieben. Erdöl und Kohle, № 55.
11. **Temprik O. 1967.** Pohub eastice po plosine Konajici Biharmonicke podelne Kmity. Strojnický casopis, Praha. – 18.
12. **Jung R. 1952.** Die Gleitbewegung auf der schwingenden Ebene. Forschund auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Band. 18, № 1.
13. **Седаш Л.Т. 1972.** Фрикционные сепараторы для очистки и сортирования семян с/х культур, Воронеж, ВГУ. – 124.
14. **Кобринский А.А., Кобринский А.Е. 1981.** Двумерные виброударные системы. – М.: Наука. – 355.
15. **Харук И.Д., Лукьяненко В.М. 1990.** Очистка и сортировка семян рапса на виброфрикционном сепараторе // Обоснование параметров машин для подготовки семенного материала и посева: Сб. науч. тр. / УСХА. – Киев. 81-84.
16. **Гайдаш В.Д. 1998.** Рапс / Под ред. канд. с. х. наук В.Д. Гайдаша. – Ивано-Франковск: Сиверсия ЛТД. – 224. (Украина).
17. **Бардин Я.Б. 2000.** Рапс: от посева к переработки. – К.: Свит. – 105. (Украина).
18. **Бенмеджбер А. 1987.** Физико-механические показатели семян некоторых сортов рапса. – Пищевая технология. – № 6.
19. **Громов М.А. 1987.** Плотность и теплоёмкость семян рапса // Масложировая промышленность. – № 9.
20. **Кожуховский И.Е. 1974.** Зерноочистительные машины. М.: Машиностроение. – 200.
21. **Гудым В.А. 1986.** Обоснование параметров технологического процесса очистки и сортирования семян лекарственных культур на виброфрикционных сепараторах: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Харьков. – 22.
22. **Тихонов В.Г. 1975.** Изыскание и исследование молотильного аппарата для обмолота снопов горчицы и других мелкосеменных масличных культур с опытных площадей: Автореф. дис. к.т.н. – Краснодар.
23. **Гирнык М.П., Мыронюк С.К., Анискин В.И. 1970.** Механизация и автоматизация послеуборочной обработки зерна. К.: Урожай. – 190. (Украина).
24. **Гладков Н.Г. 1961.** Зерноочистительные машины. – М.: Машизд. – 368.
25. **Гладков Н.Г. 1959.** Сепарирование семян по свойствам их поверхности. Труды ВИСХОМ.
26. **Курунин П.А., Мамонцев И.П., Шафоростов В.Д. 1985.** Средства механизации для возделывания, уборки и послеуборочной обработки рапса // Отчёт по НИР. ВНИИМК.

RESULTS OF RESEARCHING OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF DISTRIBUTION OF WEED SEEDS AND RAPE SEEDS

Summary. The article provides an analysis of existing tools and methods of separation of seeds, conducted research of physical and mechanical properties of rapeseed and impurities designs vibration, friction seed-cleaning machines, theoretical works devoted to the process of separation. These advantages and disadvantages of funds to separate seeds. The results of some of the new mechanical and technological properties of rape seeds and weed (bedstraw cleavers). Definite signs of divisibility of rapeseed and weeds - the process of engagement with weed seeds fleecy textile material.

The results of theoretical research nonseparated movement bedstraw tenacious weed seeds of the working body of the proposed friction separator, and the mathematical model of the motion with a margin of rapeseed from the separator bowl, covered with textile material.

On the basis of comprehensive studies carried out, the theoretical justification offered by the mechanized method of separating a mixture of the two factions. To determine the theoretical basics of the vibrator-shaker. A mathematical model of the process of work of the friction separator. Also set conditions unseparated seeds bedstraw tenacious movement of the surface of the working body of the separator in the area of his shaking.

After conducting experimental studies identified the rational design and technological parameters which affect the completeness of the separation. It was found that the impact on the performance of the separator speed of the conveyor belt separator feed mixture and most contributing factor to the strength of pressing a mixture of the working body of the separator.

The results of experimental verification showed that in one passing the mixture through a friction separator can be obtained rapeseed first reproduction with the content of weed seeds bedstraw tenacious rape seeds about 160 units per 1 kg., That allowed agronomic requirements. When the separation is eliminated the use of magnetic powders that are used in electromagnetic machines and loss of seeds of the main crop waste.

Key words: Separator, rape, cleavers, properties, structural and technological parameters, cleaning.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА КУЗОВА САМОСВАЛА

Виктор Дуганец, Аркадий Божок, Василий Майсус, Николай Волынкин

Подольский государственный аграрно-технический университет

Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: duganec-viktor@rambler.ru

Victor Duganets, Arkadiy Bozhok, Vasilij Maysus, Nikolay Volynkin

Podolsky State Agricultural and Technical University

St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: duganec-viktor@rambler.ru

Аннотация. Одним из недостатков подъемных механизмов с гидроприводом современных самосвальных средств являются низкие динамические показатели переходных процессов подъема и опускания кузова, обусловленные заложенным в них принципом управления выдвиганием штока гидроцилиндра только по отклонению в них давления масла. Это снижает скорость подъема кузова, интенсивность сдвига грузов и замедляет процесс разгрузки, увеличивая продолжительность простоя под разгрузкой, снижает производительность и эффективность использования самосвальных средств.

Для улучшения динамических показателей предлагается ввести в закон управления гидроприводом в первой фазе подъема, из-за большой инерционности подвижных масс и уменьшения скорости, корректирующей сигнал продолжительный интеграл, во второй фазе, после отрыва кузова от упора и увеличения скорости подъема – дифференциалу от изменения давления масла в гидроприводе, а после разгрузки в обратном порядке в первой фазе быстрое, и по мере приближения к упору, второй фазе, замедленное опускание кузова. Для этого корпус гидроцилиндра соединяется через неподвижный фланец с рамой, в его верхней части устанавливается первый подвижный поршень, связанный через подпружиненный шток со средней точкой кузова, а в средней части – гидравлический суммирующий механизм и интегро-дифференцирующий блок со вторым и третьим подвижными поршнями, соединенными между собой полой тягой, и направляющей третьего поршня, с образованием нижней и верхней гидравлических полостей, и полости постоянно сообщенной с атмосферой. Присоединены к корпусу первый, а к неподвижному фланцу – второй дозаторы с перепускными клапанами с осевыми дросселями и упорами, взаимодействующими с обратной от седла поверхностью дозаторов, при этом для обеспечения обратной связи клапаны тягами соединены с первым подвижным поршнем. С гидравлическим приводом через кран управления и гидролинии верхняя полость может сообщаться через первый, а нижняя полость – через второй дозатор, непосредственно и через дроссели.

Вначале первой фазы подъема кузова имеет место вычитание двух перемещений, то есть его перемещение будет состоять из первого, пропорцио-

нального изменению давления в нижней и верхней полости гидроцилиндра, минус второго, пропорционального скорости изменения давления. В конце первой фазы подъема, через обратную связь первого подвижного поршня с дозаторами, гидропривод автоматически переводится в режим суммирования составных перемещений и перемещение кузова уже будет состоять из суммы перемещений, обусловленных изменением давления в полостях гидроцилиндра и скоростью его изменения.

После разгрузки кузова гидравлический привод автоматически обеспечит сначала быстрое, а с приближением до упора его замедленное опускание. Гидропривод улучшит динамику и обеспечит оптимальный характер переходного процесса подъема и опускания кузова самосвала.

Ключевые слова: дозатор, дроссель, фаза, коэффициент усиления, постоянная времени, аперидическое звено, усилительное звено, интегро-дифференцирующее звено.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Актуальность тематики усовершенствования гидропривода подъемного механизма обусловлена повышением производительности и эффективности использования самосвальных средств.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Для подъема и опускания кузова автомобилей-самосвалов, тракторных самосвальных прицепов и других подъемно-транспортных средств они оснащены подъемными механизмами с гидроприводом. Несмотря на простоту конструкции, удобства ручного управления и ряд других преимуществ, недостатком их является низкие динамические показатели переходных процессов подъема и опускания кузова [1-5]. Последнее обусловлено заложенным в них принципом управления выдвиганием штока гидроцилиндра по отклонению в них давления масла [6-7]. Поэтому с момента отрыва от упора и до полного подъема скорость кузова постоянная с низкой интенсивностью смещения груза, замедлением процесса разгрузки и увеличением продолжительности простоя самосвальных средств.

Известные [8-10] принципы возможного улучшения динамических показателей в системах авто-

матического управления основаны на введении корректирующих сигналов, пропорциональных первым производным и интегралам от изменения сигналов управления. Известны также технические решения по усовершенствованию гидропривода механизма подъема кузова с использованием устройств дифференцирования, интегрирования, вычитания и суммирования формируемых ими корректирующих сигналов. Однако, недостатком их является сложность конструкции и увеличенные габаритные размеры, обусловленные наличием в них суммирующего рычажного механизма и зубчатой передачи обратной связи. Такой же недостаток имеет и гидропривод [13] с последовательным присоединением к гидроцилиндру распределителя потоков. Разработка компактного гидропривода с улучшенными динамическими показателями переходных процессов подъема и опускания кузова дала бы возможность, с уменьшением габаритных размеров, повысить производительность и эффективность использования всех видов самосвальных средств.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Усовершенствование конструкции гидропривода подъемных механизмов и выявления возможности автоматического управления его режимами подъема и опускания кузова самосвального средства.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Разработанный гидропривод с функционально возможным гидравлическим интегрированием, дифференцированием, вычитанием и суммированием выходных сигналов управление с непосредственными обратными связями его выходной тяги с дозаторами потока [14-19].

На рис.1 представлена схема гидропривода механизма подъема, который содержит корпус 3, укрепленный на раме 11 с установленными внутри подпружиненным первым поршнем 25 связанным через шток 29 с кузовом 2, интегро-дифференцирующий блок в составе подвижных соединенных тягой 5 второго 4 и третьего 6 поршней, дозаторы 9, 23 с клапанами 34, 39 соединенными тягами обратных связей с поршнем 25. Полости "А", "В" через дозаторы с насосом 17 могут сообщаться непосредственно и через дроссели, а полость "С" через отверстия – с атмосферой.

В первой фазе подъема масло от насоса 17 через гидролинии 16, 14, 42, дроссель 33 и клапан 34 дозатора 9 будет поступать в полость "А" непосредственно, а в полость "В" – через гидролинии 16, 14, 12 и дроссель 38. Из-за наличия дросселя давление в полости "В" будет повышаться медленнее, чем в полости "А". От чего поршень 6 переместится вверх и через тягу 5 за собой переместит поршень 4, уменьшая пророст давления в полости "В", вследствие этого поршень 25, а через шток 29 кузов 2 получат дополнительное замедление подъема. Итак, в первой фазе подъема, когда силы инерции большие, имеет место вычитание двух перемещений, и результирующее будет состоять из первого, обусловленного изменением давления в полостях "А", "В"

минус второе перемещение, обусловленное скоростью (первой производной) его изменения.

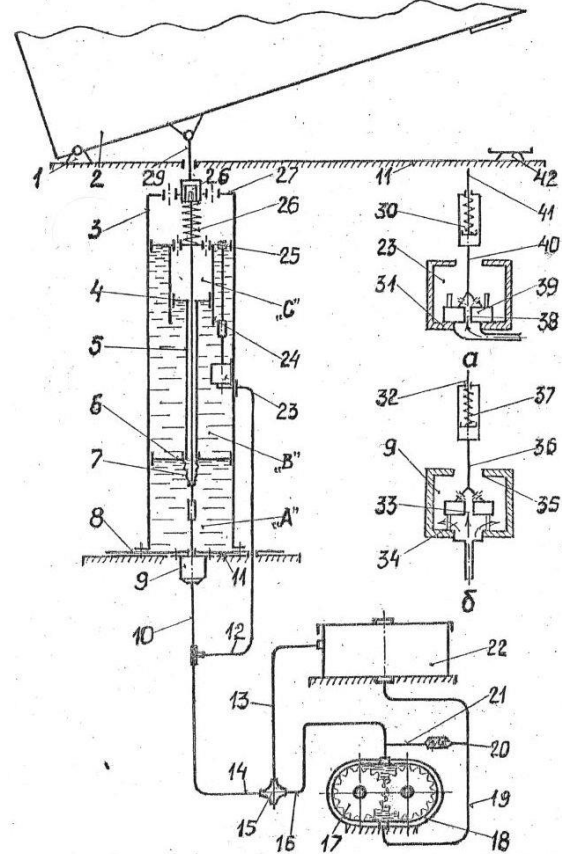


Рис. 1. Принципиальная схема гидропривода подъемного механизма кузова самосвала: а – схема первого дозатора; б – схема второго дозатора; 1 – шарнир; 2 – кузов; 3 – корпус; 4, 6, 25 – поршни; 5, 32, 36, 40, 41 – тяги; 7 – чехол; 8 – фланец; 9, 23 – дозаторы; 10, 12, 13, 14, 16, 19, 21 – гидролинии; 11 – рама; 15 – кран; 17 – насос; 18 – источник давления гидропривода; 20, 34, 39 – клапаны; 22 – бак; 24 – направляющая; 26, 30, 37 – пружины; 27 – крышка; 28 – гайка; 29 – шток; 31, 35 – седло; 33, 38 – дроссели; 42 – упор

Fig. 1. Schematic diagram of the hydraulic lifting mechanism of the truck: а – diagram of the first dispenser; б – scheme of the second dispenser; 1 – hinge; 2 – body; 3 – body; 4, 6, 25 – pistons; 5, 32, 36, 40, 41 – thrust; 7 – cover; 8 – flange; 9, 23 – feeders; 10, 12, 13, 14, 16, 19, 21 – line; 11 – frame; 15 – valve; 17 – pump; 18 – pressure source to the hydraulic actuator; 20, 34, 39 – valves; 22 – tank; 24 – a guide; 26, 30, 37 – springs; 27 – cover; 28 – nut; 29 – stem; 31 and 35 – seat; 33, 38 – chokes; 42 – emphasis

В конце первой фазы подъема, после преодоления сил инерции, поршень 25 подымится и автоматически переведет гидропривод из режима вычитания перемещения пропорционального скорости изменения давления в режиме его суммирования. Тогда, от действия тяг 40, 41 клапаном 39 будет открываться перепускное отверстие в дозаторе 23, но от действия тяг 36, 37 будет клапаном 34 перекрываться перепускное отверстие в дозаторе 9, и давление в полости "А" будет повышаться медленнее, чем в полости "В". В результате поршень 6 переместится

вниз и через тягу 5 переместит поршень 4, создавая дополнительное увеличение приращения давления в полости "В", вследствие чего поршень 25, а через шток 7 кузов 2 получают дополнительное увеличение подъема. Итак, во второй фазе подъема, когда силы инерции уменьшились, два выходных перемещения суммируются и результирующее будет складываться из первого, обусловленного изменением давления в полостях "А", "В" плюс другое перемещение, обусловленное скоростью (первой производной) его изменения.

После разгрузки кузова гидропривод в обратном порядке автоматически обеспечит сначала быстрое, а по мере приближения до упора замедленное его опускание.

Интегро-дифференцирующие возможности автоматического управления режимами подъема и опускания кузова оцениваются по переходным процессам гидропривода. В случае резкого изменения входного давления в первой фазе подъема кузова движение выходного штока и связанных с ним подвижных деталей опишется дифференциальным уравнением обратного апериодического звена первого порядка с передаточной функцией [6,8,9], которая выглядит как:

$$W'_a(p) = \frac{K_1}{1 - Tp}, \quad (1)$$

где: K_1 – коэффициент усиления звена; $T = \frac{V}{c}$ – постоянная времени звена, характеризующая его интегрирующие свойства; V – коэффициент гидравлического демпфирования; c – жесткость пружины; $p = \frac{d}{dt}$ – оператор в преобразовании Лапласа.

Движение усилительного звена описывается алгебраическим уравнением, передаточная функция которого выглядит как:

$$W'_{yc}(p) = K_2, \quad (2)$$

где: K_2 – коэффициент усиления звена.

Из полученных выражений (1, 2) следует, что гидропривод в первой фазе переходного процесса является интегрирующим динамическим звеном, образованным параллельным соединением апериодического звена первого порядка и усилительного звена [8-9]. Структурная схема такого соединения представлена на рис. 2а, с которой передаточная функция образованного звена выглядит как:

$$W'(p) = W'_a(p) + W'_{yc}(p) = K \frac{T_1 p - 1}{T p - 1}, \quad (3)$$

где: $K = K_1 + K_2$ – общий коэффициент усиления звена; $T_1 = \frac{K_2 T}{K_1 + K_2}$ – постоянная времени образованного звена, которая характеризует его интегрирующие свойства.

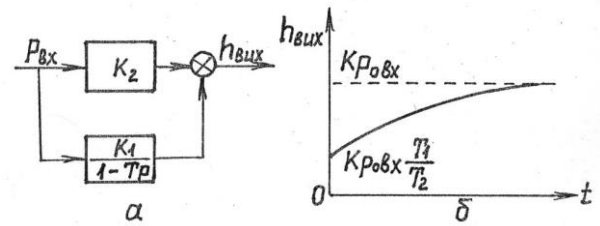


Рис. 2. Образование интегрирующего звена: а – структурная схема; б – переходный процесс

Fig. 2. Education integrating factor: a – structural diagram; b – transition

Дифференциальное уравнение движения образованного звена с полученной передаточной функцией выглядит как:

$$\frac{T dh_{\text{вых}}}{dt} - h_{\text{вых}} = K \left[T_1 \frac{dp_{\text{вх}}}{dt} - p_{\text{вх}} \right], \quad (4)$$

где: $h_{\text{вых}}$ – перемещение выходного штока; $p_{\text{вх}}$ – давление на входе гидропривода подъемного механизма.

Характер переходного процесса интегро-дифференцирующего звена с преобладающими свойствами интегрирующего при скачкообразном изменении входного давления на $p_{0\text{вх}}$ выглядит как:

$$h_{\text{вых}} = K p_{0\text{вх}} \left[1 + \left(\frac{T_1}{T} - 1 \right) e^{\frac{t}{T}} \right]. \quad (5)$$

и представленный на рис. 2 б.

Во второй фазе переходного процесса в гидроприводе подъемного механизма происходит обратное взаимодействие входных давлений. При этом передаточные функции составных динамических звеньев представляются как:

– апериодического первого порядка:

$$W''_a(p) = \frac{K_1}{1 + Tp}, \quad (6)$$

и усилительного:

$$W''_{yc} = K_2. \quad (7)$$

А образованное их параллельным соединением динамическое звено является дифференцирующим, структурная схема которого изображена на рис.3а. Из схемы передаточная функция этого звена выглядит как

$$W''(p) = W''_a(p) + W''_{yc}(p) = \frac{T_1 p + 1}{T p + 1}. \quad (8)$$

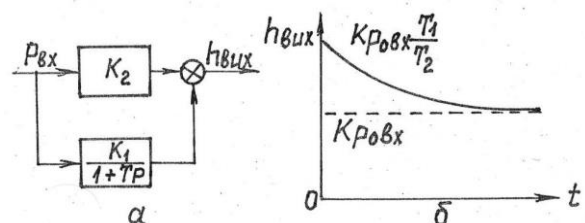


Рис. 3. Образование дифференцирующего звена: а – структурная схема; б – переходный процесс

Fig. 3. Education differentiating link: a – structural diagram; b – transition

Полученной передаточной функции дифференциальное уравнение движения звена выглядит как:

$$\frac{T dh_{\text{вых}}}{dt} + h_{\text{вых}} = K \left[T_1 \frac{dp_{\text{вх}}}{dt} + p_{\text{вх}} \right]. \quad (9)$$

Выражение (9) является дифференциальным уравнением также интегро-дифференциального звена, которое по своим динамическим свойствам больше приближается к дифференцирующему звену, переходный процесс которого выглядит как:

$$h_{\text{вых}} = K p_{0\text{вх}} \left[1 + \left(\frac{T_1}{T} + 1 \right) e^{-\frac{t}{T}} \right], \quad (10)$$

а графически представлен на рис. 3б.

Общая передаточная функция усовершенствованного гидропривода с двухфазным переходным процессом подъема и опускания кузова самосвала выглядит как:

$$W(p) = K \frac{(T_1 p - 1)(T p + 1)}{(T p - 1)(T p + 1)}. \quad (11)$$

Таким образом, полученное выражение является передаточной функцией гидропривода подъемного механизма как интегро-дифференцирующего динамического звена с комбинированными свойствами, которые зависят от относительных величин T , T_1 и K .

ВЫВОДЫ

1. Для улучшения динамических показателей переходного процесса гидропривода подъемного механизма кузова самосвала необходимо в закон управления дополнительно вводить корректирующий сигнал, пропорциональный скорости изменения входного давления, при этом в первой фазе подъема кузова ее отнимать, а во второй фазе - добавлять к основному сигналу, пропорциональному изменению входного давления.

2. Корректирующий сигнал формировать путем привлечения комбинированного интегро-дифференцирующего звена с преобладающими интегрирующими свойствами в первой фазе и дифференцирующими - во второй фазе переходного процесса подъема кузова.

3. Автоматическую перенастройку комбинированного звена с режима интегрирования на режим дифференцирования и наоборот осуществлять по выходным сигналам гидропривода, действием на перепускные клапаны дозаторов, которые кинематически должны быть связаны с выходным штоком и кузовом самосвала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Анохин В. И. 1964.** Отечественные автомобили / В. И. Анохин. - Москва: Машиностроение. - 780.
2. **Михайловский Е. В. 1967.** Автомобили / Е.В. Михайловский, К. Б. Серебряков. - Москва: Машиностроение. - 372.
3. **Гуревич А. М. 1974.** Тракторы и автомобили / А. М. Гуревич, Е. М. Сорокин. - М: Колос. -

- 400.
4. **Краткий автомобильный справочник. 1984.** - Москва: Транспорт. - 320.
5. **Родичев В.А. 1987.** Тракторы и автомобили / В.А. Родичев, Г.И. Родичева. - Москва: Агропромиздат. - 352.
6. **Васильев Д.В. 1967.** Системы автоматического управления / Д.В. Васильев, В.Г. Чуич. - Москва: Высшая школа. - 419.
7. **Гамынин Н.С. 1972.** Гидравлический привод систем управления / Н. С. Гамынин. - Москва: Машиностроение. - 376.
8. **Бабаков Н.А., Воронов А.А., Воронова А.А. 1977.** Теория автоматического управления: Учеб. для ТЗЗ вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления. - Москва: Высшая школа. - 303.
9. **Иващенко И.И. 1978.** Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем / И. И. Иващенко. - Москва: Машиностроение. - 736.
10. **Гамынин Н.С. 1979.** Динамика быстродействующего гидравлического привода / Н. С. Гамынин, Ю. К. Жданов, А. Л. Климашин. - Москва. - 80.
11. Пат. 48451 Украина, МПК В 60 S 9/00. Устройство для подъема самосвального кузова / **А.М. Божок, В.А. Мельник.** - заявитель **А.М. Божок, В.А. Мельник.** - u2001085593; заяв. 07.08.2001, опубл. 15.08.2002, бюл. №8, 2002 г.
12. Пат. 52894 Украина, МПК В 60 S 9/00. Подъемный механизм самосвального кузова / **В.И. Дуганец, А.М. Божок, В.В. Майсус, Н.А. Венгер, Н.П. Волюнкин.** - заявитель В.И. Дуганец, А.М. Божок, В.В. Майсус, Н.А. Венгер, Н.П. Волюнкин. - u201004004; заяв. 06.04.2010, опубл. 10.09.2010, бюл. №17, 2010 г.
13. Пат. 96008 Украина, МПК В 60 S 9/00. Подъемный механизм самосвального кузова / **А.М. Божок, В.А. Мельник, В.А. Ридкевич.** - заявитель А.М. Божок, В.А. Мельник, В.А. Ридкевич. - u201408993; заяв. 11.08.2014, опубл. 12.01.2015, бюл. №1, 2015 г.
14. Пат. 98601 Украина, МПК В 60 S 9/00. Подъемный механизм кузова самосвального средства / **В.И. Дуганец, А.М. Божок, В.В. Майсус, Н.П. Волюнкин, В.А. Прокопчук, Н.А. Венгер.** - заявители В.И. Дуганец, А.М. Божок, В.В. Майсус, Н.П. Волюнкин, В.А. Прокопчук, Н.А. Венгер. - u201414116; заяв. 29.12.2014, опубл. 27.04.2015, бюл. №8, 2015 г.
15. Пат. 96879 Украина, МПК С 06 С 5/00. Комбинированный интегро-дифференциатор / **А.М. Божок, В.В. Понедилок.** - u201408797; заяв. 04.08.2014, опубл. 25.02.2015, бюл. №4, 2015 г.
16. **Крассов И.М. 1967.** Гидравлические элементы в системах управления / И. М. Крассов. - Москва: Машиностроение. - 256.
17. **Садовский Б.Д., Прокофьев В.Н., Кутузов В.К. 1972.** Динамика гидропривода. - Москва. - 288.

18. Денисов А.А. 1978. Пневматические и гидравлические устройства автоматики / А.А. Денисов, В. С. Нагорный. – Москва: Высшая школа. – 214.
19. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б., Байбаков О.В. 1982. Гидравлика, гидромашинны и гидроприводы. – Москва: Машиностроение. – 423.
20. Кожевников С.Н., Есипенко Я.Н., Раскин Я.М. 1976. Механизмы. Справочник: 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение. – 784.
21. Топчиев Ю.И. 1989. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования / Ю. И. Топчиев. – Москва: Машиностроение. – 752.
22. Крайнев А.Ф. 1987. Словарь-справочник по механизмам: 2-е изд., перераб. и доп. / А.Ф. Крайнев. – Москва: Машиностроение. – 560.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF HYDRAULIC LIFTING MECHANISM OF THE TRUCK

Summary. One of the disadvantages of lifting equipment with modern hydraulic tipper funds are low dynamic performance transient lifting and lowering of the body, due to the underlying principle of management by the extension of cylinder rod only to reject them in oil pressure. This reduces the rate of rise of the body, the intensity of shear loads and slows down the process of unloading, increasing the duration of downtime for unloading, reduces the performance and efficiency of using the dump tools.

To improve the dynamic performance is proposed to introduce a law to control the hydraulic actuator in the first phase of recovery, due to the large inertia of the moving masses and reduce the speed correction signal to the continuous integral, in the second phase, after separation of the body from the metal and increase the speed of ascent – the differential from the change of oil pressure in the hydraulic actuator, and after unloading in

reverse order in the first phase, fast, and as it approaches the stop, the second phase, the slow lowering of the body. For this purpose, the housing of the hydraulic cylinder is connected through the fixed flange with the frame, its upper part is installed first movable piston, which is connected through a spring loaded rod to a midpoint of the body, as in the middle part – a hydraulic totalizer mechanism and integro-differential unit with the second and third movable pistons interconnected by a hollow rod, and the guide of the third piston, with formation of the upper and lower hydraulic cavity, and the cavity is constantly communicated with the atmosphere.

Attached to the first housing, and fixed to the flange of the second dispensers, the bypass valve with axial chokes and stops interacting with the opposite from the seat surface of the dispensers in order to provide feedback valves rods are connected with the first movable piston. Hydraulically driven through the valve control and the brake hose upper cavity may be communicated through the first and the lower cavity through the second dispenser, directly and through chokes.

At the beginning of the first phase of body lift is the subtraction of two movements, that is, its movement will consist of the first, proportional to the pressure change in the lower and upper cylinder cavity, minus the second, is proportional to the rate of change of pressure. At the end of the first phase of the ascent, through a feedback of the first rolling piston with dispensers, hydraulic actuator is automatically switched into the mode of summation integral of the displacement and movement of the body will consist of the sum of the displacements due to a change of pressure in the cylinder and speed of its change.

After unloading the body of the hydraulic actuator will automatically provide first rapidly and is approaching to stop him for a slow lowering. Hydraulic drive for improving sheet dynamics and will provide optimum character of the transient process of lifting and lowering the truck body.

Key words: dispenser, throttle, phase, gain, time constant, aperiodic link, amplifying circuit, integro-differential link.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ И МЕТОДА ТЕРАПИИ ЭНДОМЕТРИТА КОРОВ МИЛЛИМЕТРОВЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Александр Думанский, Людмила Михайлова

Подольский государственный аграрно-технический университет

Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: alexsaha80@mail.ru

Alexander Dumanskiy, Lyudmila Mikhailova

Podolsky State Agricultural and Technical University

St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: alexsaha80@mail.ru

Аннотация. В статье проведённые теоретические исследования по созданию излучающего терминала электромагнитного излучения в миллиметровом диапазоне длин волн для внутриутробного лечения эндометрита крупного рогатого скота. Для практических целей возникла необходимость оценить коэффициент отражения от рассчитанного гофрированного облучателя. Это связано с необходимостью понять, какая доля выходной мощности задающего генератора будет излучаться в свободное пространство без обтекателя в раскрытом облучателе и при его наличии. В общем случае коэффициент отражения от раскрытого является величиной комплексной. С целью проверки выполненных расчетов были проведены экспериментальные исследования по измерению коэффициента отражения от гофрированного конического облучателя. Для этого был изготовлен конический гофрированный облучатель, длина которого от раскрытия до фазового центра равна 21 мм. Диаметр излучающего раскрытия равен 25 мм. Для запитки рассматриваемого облучателя используется переход с прямоугольного волновода сечением 7,2×3,4 мм на круглый диаметром 7 мм. После проведения измерений в раскрытом гофрированном облучателе помещается обтекатель и снимаются диаграммы направленности уже такого излучателя в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Представлены результаты экспериментальных исследований на которых показаны разрезы полей, измеренные в Н - и Е - плоскостях основной волны TE_{11} в круглом волноводе, на расстоянии 180 мм от излучающего раскрытия. Наличие обтекателя в раскрытом облучателе приводит к незначительному сужению диаграммы направленности, как мы и предположили. В этом случае она равна ≈ 22 мм. Полученный результат находится в хорошем соответствии с теоретическими расчетами, это говорит о правильности выполненного теоретического анализа. Представлена экспериментально измеренная диаграмма направленности конического гофрированного облучателя в плоскости вектора Е основной волны TE_{11} в круглом волноводе. В этом случае по уровню - 3 дБ ширина диаграммы направленности не превышает ≈ 29 мм. Максимальное отличие измеренной и рассчитанной диаграмм направленности не превышает 20%. Таким образом, весь цикл про-

веденных исследований позволяет сделать важный практический вывод о применимости конических облучателей для лечения послеродовых эндометритов у коров.

Ключевые слова: исследования, терапия, коровы, облучатель, лечения, обтекатель, эндометрит, антенна.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Состояние агропромышленного комплекса Украины за последнее десятилетие характеризуется сложившейся и продолжающейся углубляться тенденцией спада производства молока и мяса не только за счет уменьшения поголовья, но и за счет бесплодия маточного поголовья коров. Основной послеродовой болезнью у коров является эндометрит, который приносит хозяйствам огромный экономический ущерб. Экономический ущерб от этого заболевания складывается из низкой молочной продуктивности, недополучения телят, увеличения расхода спермы и ранней выбраковки скота. Быстрое и эффективное лечение эндометрита является важнейшей экономической задачей как в мясной, так и в молочной промышленности. В связи с чем сохранение и увеличение поголовья коров, а также повышение их продуктивности связано с применением низкоэнергетических (информационных) электромагнитных полей (ЭМП) для немедикаментозного лечения эндометрита [1, 5].

Однако, разработка терапевтической электромагнитной технологии для лечения эндометрита коров связана с теоретическими и экспериментальными исследованиями по определению параметров ЭМП и созданию антенной системы для внутриутробного лечения воспалений матки.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Повышение продуктивности животных крупнорогатого скота и увеличение их поголовья в значительной мере зависит от своевременного и эффективного лечения их болезней. В современных условиях большой экономический ущерб наносят акушерско-генекологические болезни у коров. Основной болезнью животных крупного рогатого скота является эндометрит [1]. Анализ показывает, что по-

слеродовым эндометритом могут переболеть до 90% коров, с уменьшением выхода приплода и молочной продуктивности до 20% [2, 4].

В современных условиях для лечения эндометрита животных используются антибиотики, гормоны и другие химические препараты, которые попадая в организм человека через молоко и мясо коров, угнетают иммунитет, поражают печень и другие органы, что приводит к различным заболеваниям. Поэтому немедикаментозное лечение эндометрита у коров является актуальной задачей.

В настоящее время для лечения эндометрита пытаются использовать метод квантовой терапии. Однако, учитывая длину волн лазерного излучения, и то, что излучающая система помещается в предохранительную оболочку при проведении обработки матки коров, результаты лечения оказываются малоэффективными.

Литературный анализ показывает, что лечение эндометрита у коров возможно на основе применения информационного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона. В основе метода лежит гибель патогенных микробов в матке животных и повышение энергетической активности клеточных мембран.

За последние годы накопился большой экспериментальный и клинический материал по микроволновым методам лечения сельскохозяйственных животных. Анализ экспериментальных исследований по воздействию электромагнитных полей на физико-химические процессы в биологических объектах проводимых: в Харьковском НТУСХ им. П. Василенко под руководством А. Черенкова, Ю. Мегеля, Н. Лисиченко, Н. Косулиной; в ИРЭ РАН под руководством Н. Д. Девяткова; в Новосибирске под руководством А. П. Казначеева; в Тульском государственном университете под руководством Е.Н. Нефёдова показывают, что наибольший терапевтический эффект следует ожидать от информационных ЭМП КВЧ диапазона [3, 5-21].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью экспериментальных исследований была проверка достоверности теоретических подходов: модели, описывающей процесс воздействия информационного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на патогенные микроорганизмы, вызывающих эндометрит у коров; излучающего терминала для внутриутробного лечения послеродовых эндометритов крупного рогатого скота.

В соответствии с целью экспериментальных исследований были определены задачи эксперимента и пути их решения: разработка, макетирование и исследование основных характеристик излучающего терминала; определение в лабораторных условиях биотропных параметров миллиметрового электромагнитного излучения для угнетения *Actinomyces ruogenes* (лучистый грибок); проведение производственных опытов лечения послеродовых эндометритов крупного рогатого скота.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведённые теоретические исследования по созданию излучающего терминала электромагнитного излучения в миллиметровом диапазоне длин волн для внутриутробного лечения эндометрита крупного рогатого скота показали, что для промышленного использования необходим излучатель для диапазона частот 30-31 ГГц с диаметром не более 30 мм, который должен обеспечить ширину диаграммы направленности в плоскостях xOz (H-плоскость) и плоскости yOz (E-плоскость) в пределах 24-30 мм. Для практических целей возникла необходимость оценить коэффициент отражения от рассчитанного гофрированного облучателя. Это связано с необходимостью понимать, какая доля выходной мощности задающего генератора на ЛПД будет излучаться в свободное пространство без обтекателя в раскрытие облучателя и при его наличии. В общем случае коэффициент отражения от раскрытия $\dot{\Gamma}_p$ является величиной комплексной. Его модуль и фаза зависят от размеров раскрытия. С увеличением размеров раскрытия модуль коэффициента отражения уменьшается, а фаза стремится к нулю [7]. И если поперечное сечение раскрытия облучателя составляет несколько длин волн, то отражением от него можно пренебречь [4, 7], т.е. $|\dot{\Gamma}_p|$ можно считать прибли-

тельно равным нулю. В этом случае практически вся мощность генератора излучается в свободное пространство, а в волноводном тракте устанавливается режим бегущей волны. С целью проверки выполненных расчетов были проведены экспериментальные исследования по измерению коэффициента отражения от гофрированного конического облучателя. Для этого был изготовлен конический гофрированный облучатель, длина которого от раскрытия до фазового центра равна 21 мм. Диаметр излучающего раскрытия равен 25 мм. Основные геометрические параметры гофры: $h=2,5$ мм, $c=1,25$ мм, $b=1,25$ мм.

Для запитки рассматриваемого облучателя используется переход с прямоугольного волновода сечением $7,2 \times 3,4$ мм на круглый диаметром 7 мм. Измерения проводились на частоте 30 ГГц. Поскольку модуль коэффициента отражения от облучателя должен быть близок к нулю, то для точных измерений необходимо использовать метод рефлектометра [8].

Блок-схема измерительной установки приведена на рисунке 1.

Сигнал, отраженный от раскрытия 8, через фазовращатель 7, направленный ответвитель 6 плечи II и III E-тройника 11, поступает в приемный тракт, состоящий из детекторной секции 13, резонансного усилителя 14 (У2-8) и осциллографа 15 (С1-83).

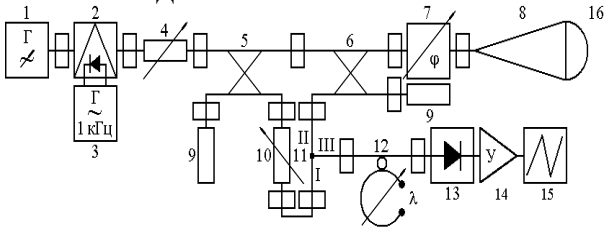


Рис. 1. Блок-схема измерительной установки: 1 – генератор на ЛПД; 2 – р-і-п модулятор; 3 – звуковой генератор с частотой 1 кГц; 4 – аттенюатор установочный; 5, 6 – направленные ответвители; 7 – фазовращатель; 8 – гофрированный конический облучатель; 9 – согласованная нагрузка; 10 – аттенюатор поляризационный; 11 – волноводный тройник; 12 – волномер; 13 – детекторная секция; 14 – усилитель резонансный; 15 – осциллограф; 16 – обтекатель

Fig. 1. Block diagram of the measurement setup: 1 – ATD generator, 2 – p-i-n modulator, 3 – sound generator with a frequency of 1 kHz, 4 – Attenuator installation, 5, 6 – directional couplers, 7 – shifter, 8 – corrugated conical illuminator, 9 – matched load, 10 – Polarizing attenuator, 11 – waveguide tee, 12 – wavemeter, 13 – detector section, 14 – resonant amplifier, 15 – Oscilloscope, 16 – cowl

Для контроля частоты генератора на ЛПД 1 в приемный тракт включен волномер 12. Поскольку мы используем схему рефлектометра для измерения малых изменений модуля коэффициента отражения, то ответвители 5 и 6 подобраны таким образом, что их направленности составляют 30 дБ. Для расширения динамического диапазона сверхвысокочастотный сигнал от генератора 1 модулируется по амплитуде низкочастотным сигналом с частотой 1 кГц. Для этого в измерительный тракт включены р-і-п модулятор 2 и генератор сигналов 3 низкочастотный ГЗ-106. Для развязки задающего генератора с нагрузкой (в данном случае со свободным пространством) в схему включен установочный аттенюатор 4. Переотражения от антенны, представляющей собой гофрированный облучатель 8, и различных отражателей, расположенных в поле его излучения, устранены путем экранировки поглощающими покрытиями. Методика эксперимента состоит в следующем. Первоначально на частоте 29,5 ГГц в раскрыве облучателя 8 располагается медная пластина, которая представляет собой короткозамыкатель. С помощью поляризационного измерительного аттенюатора 10 и фазовращателя 7 добиваемся компенсации сигналов в плече III E-тройника (одного – отраженного от короткозамыкателя в раскрыве облучателя и поступающего в плечо II E-тройника через направленный ответвитель 6, и другого – опорного сигнала от генератора 1, попадающего в плечо I E-тройника через направленный ответвитель 5). При этом фиксируем показания аттенюатора 10, которые будут равны N_1 . После этого убирается короткозамыкатель и производится измерение модуля коэффициента отражения от излучающего раскрыва. Для этого снова проводится балансировка E-тройника с помощью фазовращателя 7 и аттенюатора 10, пока-

зания которого при этом имеют величину N_2 . В результате модуль коэффициента отражения по полю $|\dot{\Gamma}_p|$ от раскрыва исследуемого гофрированного конического облучателя легко вычисляется по формуле [6, 9]:

$$|\dot{\Gamma}_p| = 10^{\Delta N/20}, \quad (1)$$

где: $\Delta N = N_1 - N_2$.

После этого задающий генератор перестраивается по частоте с шагом 100 МГц до 30,5 ГГц и вновь при каждом значении частоты проводятся калибровка и измерение $|\dot{\Gamma}_p|$. Во вторые плечи вспомогательных линий направленных ответвителей 5 и 6 включены согласованные нагрузки 9.

Для дальнейших исследований в раскрыве конического гофрированного облучателя 8 помещается обтекатель из полистирола 16 и по описанной выше методике в диапазоне перестройки задающего генератора от 29,5 ГГц до 30,5 ГГц с шагом 100 МГц измеряется модуль коэффициента отражения от излучающего терминала. Результаты измерения $|\dot{\Gamma}_p|$ приведены на рисунке 2.

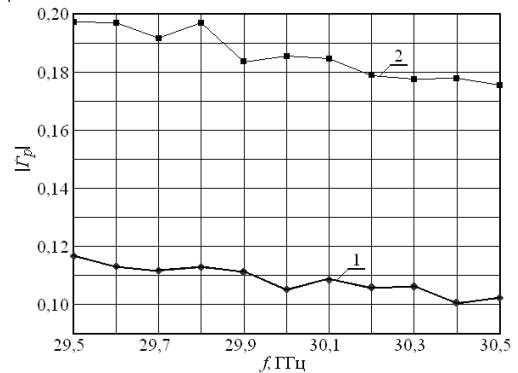


Рис. 2. Экспериментально измеренный $|\dot{\Gamma}_p|$ от раскрыва рассчитанного гофрированного конического облучателя без обтекателя и с ним

Fig. 2. Experimentally measured $|\dot{\Gamma}_p|$ from the aperture calculated corrugated conical fairing and radiator without him

Из рисунка 2 видно, что практически во всем диапазоне изменения частоты генератора (29,5÷30,5) ГГц модуль коэффициента отражения по полю от излучающего раскрыва изменяется в диапазоне 0,117÷0,103 (кривая 1). При этом на частоте 30 ГГц $|\dot{\Gamma}_p|$ равен 0,105. Это свидетельствует о хорошем согласовании антенны со свободным пространством. Наличие обтекателя в раскрыве исследуемого облучателя приводит к незначительному увеличению $|\dot{\Gamma}_p|$.

В диапазоне электронной перестройки задающего генератора на ЛПД (29,5÷30,5) ГГц модуль коэффициента отражения изменяется от 0,197 до 0,177. На частоте 30 ГГц $|\dot{\Gamma}_p| = 0,185$, т.е. модуль коэффициента отражения по полю при наличии в раскрыве облучателя обтекателя, изготовленного из

материала с малыми потерями, вырос незначительно. Если теперь рассмотреть коэффициент отражения по мощности от гофрированного облучателя с обтекателем, то он не превышает 0,04, т.е. $|\Gamma_p|^2 < 0,04$. Таким образом, практически вся мощность, подводимая к коническому гофрированному облучателю с обтекателем, будет излучаться во внешнее пространство.

Для того чтобы понять какой фактически будет ширина диаграммы направленности анализируемого конического гофрированного облучателя экспериментально измерим разрезы поля в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на расстоянии 180 мм от раскрытия. Блок-схема экспериментальной установки, с помощью которой проводились исследования, приведена на рисунке 3.

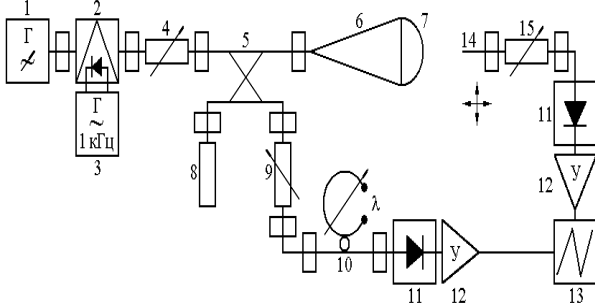


Рис. 3. Блок-схема экспериментальной установки для измерения диаграммы направленности гофрированного конического облучателя: 1 – генератор; 2 – модулятор; 3 – низкочастотный генератор; 4 – установочный аттенюатор; 5 – ответвитель; 6 – гофрированный конический облучатель; 7 – обтекатель; 8 – согласованная нагрузка; 9, 15 – поляризационный аттенюатор; 10 – резонансный волномер; 11 – детекторная секция; 12 – резонансный усилитель (У2-8); 13 – двухлучевой осциллограф (С1-83); 14 – волновод

Fig. 3. Block diagram of the experimental setup for measuring the pattern of corrugated conical feed: 1 – the generator; 2 – modulator; 3 – low frequency oscillator; 4 – Attenuator installation; 5 – coupler; 6 – corrugated conical illuminator; 7 – fairing; 8 – matched load; 9, 15 – Polarizing attenuator; 10 – resonant wavemeter; 11 – detector section; 12 – tuned amplifier (U2-8); 13 – double-beam oscilloscope (S1-83); 14 – waveguide

Сигнал от задающего генератора на ЛПД 1 и установочный аттенюатор 4 поступает на излучающую апертуру гофрированного конического облучателя 6. Для расширения динамического диапазона сигнал от генератора модулируется по амплитуде сигналом с частотой 1 кГц. Для этого в передающий тракт включены р-и-п модулятор 2 и низкочастотный генератор 3 (ГЗ-106).

Для контроля частоты и уровня выходной мощности генератора 1 в тракт установлен направленный ответвитель 5, в прямое плечо вспомогательной линии которого включены: поляризационный аттенюатор 9, резонансный волномер 10, детекторная секция 11, резонансный усилитель 12 (У2-8), двухлучевой осциллограф 13 (С1-83). Для устранения отраженных сигналов, которые могут исказить

результаты измерений, в обратное плечо вспомогательной линии направленного ответвителя 5 включена согласованная нагрузка 8.

Разрезы полей в двух взаимно перпендикулярных плоскостях измерялись с помощью открытого конца прямоугольного волновода сечением $7,2 \times 3,4$ мм с шагом 1 мм. В приемный тракт помимо отрезка волновода 14 также входят: поляризационный аттенюатор 15, детекторная секция 11, резонансный усилитель 12 (У2-8), двухлучевой осциллограф 13 (С1-83).

После проведения измерений в раскрытие гофрированного облучателя помещается обтекатель 7 и снимаются диаграммы направленности уже такого излучателя в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 4, на которых показаны разрезы полей, измеренные в H - и E - плоскостях основной волны TE_{11} в круглом волноводе, на расстоянии 180 мм от излучающего раскрытия.

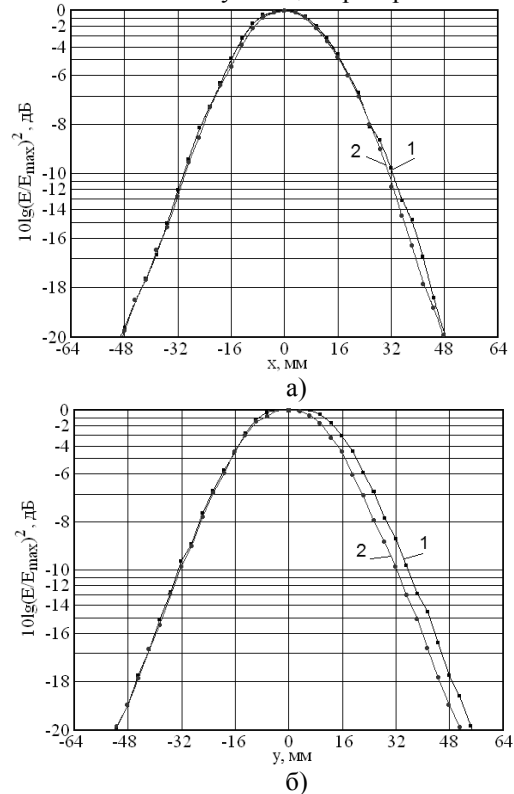


Рис. 4. Экспериментально измеренные диаграммы направленности конического гофрированного облучателя в плоскости вектора H (а) и E (б) основной волны TE_{11} в круглом волноводе

Fig. 4. Experimentally measured conical corrugated pattern in the plane of the vector H (а) and E (б) of the fundamental wave in TE_{11} circular waveguide

Из рис. 4 а, видно, что диаграмма направленности конического гофрированного облучателя в H - плоскости по уровню -3 дБ составляет ≈ 24 мм (кривая 1). Наличие обкатателя в раскрытии облучателя приводит к незначительному сужению диаграммы направленности, как мы и предположили. В этом случае она равна ≈ 22 мм (кривая 2). Полученный

результат находится в хорошем соответствии с теоретическими расчетами, что свидетельствует о правильности выполненного теоретического анализа.

На рис. 4 б, представлена экспериментально измеренная диаграмма направленности конического гофрированного облучателя в плоскости вектора E основной волны TE_{11} в круглом волноводе (кривая 1). В этом случае по уровню -3 дБ ширина диаграммы направленности не превышает ≈ 29 мм. Когда в раскрытие нашего облучателя расположен обтекатель указанных выше размеров, ширина диаграммы направленности по уровню -3 дБ сужается до 26 мм.

Эти результаты подтверждают теоретические выкладки, когда было показано, что конический гофрированный облучатель имеет в плоскости вектора E более широкую диаграмму направленности.

Максимальное отличие измеренной и рассчитанной диаграмм направленности не превышает 20%. Таким образом, весь цикл проведенных исследований позволяет сделать важный практический вывод о применимости конических облучателей для лечения послеродовых эндометритов у коров.

ВЫВОДЫ

1. Излучение всей мощности в матку коровы, подводимой к раскрытию гофрированного излучателя электромагнитной энергии, возможно с величиной модуля коэффициента отражения менее 0,185.

2. Внутриутробное лечение эндометрита коров возможно с излучателями электромагнитной энергии на частоте 30 ГГц, создающих ширину диаграммы направленности в двух взаимно перпендикулярных областях не более 30 мм.

3. Получение общей терапевтической эффективности внутриутробного лечения эндометрита животных крупного рогатого скота до 98% возможно с применением электромагнитного излучения на частоте 30 ГГц и плотностью потока мощности 45 мкВт/см².

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Багманов М.А. 1999.** Диагностика, лечение и профилактика заболеваний животных. Ульяновск: УСХИ. 25.
2. **Воскобойников В.Ф., Козлов Г.Г. 1991.** Эффективный метод лечения коров с послеродовым эндометритом / Ветеринария. №25, 44 – 46.
3. **Девятков Н.Д., Арзуманов Ю.Л., Бецкий О.В., Лебедев Н.Н. 1995.** Применение низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицине и биологии. М: ИРЭРАН, 8.
4. **Думанский А.В., Торчук М.В., Михайлова Л. Н. 2013.** Использование микроволнового излучения в технологических процессах лечения животных и людей / Весник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенка. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины. Вып. 141, 89 – 91. (Украина).

5. **Черенков А.Д., Кучин Л.Ф. 2001.** Влияние низкоэнергетических ЭМП на клетки тканей вымени коров больных маститом / Весник ХДТУСХ. Харьков: ХДТУСХ. Вып. 6, 32 – 331. (Украина).
6. **Нефедов Е.И., Протопопов А.А., Семенов А.Н. 1995.** Взаимодействие физических полей с живыми существами. Тула: Изд-во ТулГУ, 168.
7. **Савин Б.М., Вермель А.Е., Никонова К.В. 1978.** Биологическое действие электромагнитных излучений / Физиология человека и животных. - Т. 22, 138.
8. **Воскресенский Д.И. 2003.** Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток / Под ред. Воскресенского Д.И. М.: Изд-во Радиотехника, 632.
9. **Думанский А.В., Михайлова Л.Н. 2013.** Анализ управляющего воздействия информационных электромагнитных излучений на физико-химические процессы в биологических объектах. / Весник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенка. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины. Вып. 142, 83. (Украина).
10. **Думанский А.В., Михайлова Л.Н. 2013.** Аналитический анализ антенной системы для лечения эндометрита животных / Весник национального технического университета «ХПИ». Новые решения в современных технологиях. № 54, 138 – 141. (Украина).
11. **Думанский А.В. 2014.** Теоретический анализ процесса взаимодействия микроволнового излучения с животными, больными эндометритом/ Технологический аудит и резервы производства. №3/1(17). 38 – 42.
12. **Думанский А.В. 2014.** Аналитический анализ гофрированного конического рупора для лечения эндометрита животных / Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. Общегосударственный научно-производственный журнал. № 12 (82). 55-61.
13. **Думанский А.В. 2013.** Биофизические предпосылки лечения акушерно-генетических заболеваний животных: тезисы за материалами международной научно-технической конференции молодых учёных [«Возобновляемая энергетика, новейшие автоматизированные электротехнологии в биотехнических системах АПК »] (Киев, 6 - 7 ноября 2013) / М-во аграр. политики и продовольствия Украины, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, К.: НУБиП, 70-72. (Украина).
14. **Думанский А.В. 2014.** Требования к антенной системе для лечения эндометрита животных: тезисы за материалами научно-практической студенческой конференции [«Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины»] (Харьков, 26 марта 2014 г.) / М-во аграр. политики и продовольствия Украины, Харьковский национальный технический уни-

- верситет сельского хозяйства им. П. Василенко. М.: ХНТУСГ им. П. Василенко, Вып. 6, 15.
15. **Думанский А.В. 2014.** Внутриутробное лечение эндометрита животных электромагнитным излучением миллиметрового диапазона: тезисы за материалами научно-практической студенческой конференции [«Проблемы энергобезопасности»] (Белгород, 26-27 мая 2014 г.), Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. Б. Я. Горина (Россия). Белгород, БелГСХА. Т.2, 16.
 16. **Думанский А.В. 2014.** Лечение электромагнитным излучением. / Сборник научных трудов: выпуск 22 / Подольский государственный аграрно-технический университет; под редакцией доктора экономических наук, профессора, Заслуженного работника сельского хозяйства Украины, и.о. ректора университета (председатель) В.В. Иванишина. Каменец-Подольский: Подольский государственный аграрно-технический университет, 474 – 477. (Украина).
 17. **Мегель Ю.Е., Шигимага В.А. 2013.** Линейные электротехнические модели проводимости биологической клетки [Электронный ресурс] / Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Вып. 141. 126 – 127. (Украина).
 18. **Лисиченко Н.Л. 1999.** Развитие лазерных технологий в животноводстве и птицеводстве // Матер. XII Межд.науч.-прак.конф. “Применение лазеров в медицине и биологии” (20-23 апреля 1999 г.) Харьков: ХГУ, 152.
 19. **Косулина Н.Г., Черенков А. Д., Горпинченко В. Г., Аврунин О.Г. 2013.** Определение оптимальных биотропных параметров электромагнитного поля с помощью компьютерной обработки ГРВ-граммы / Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Вып. 141, 102-104. (Украина).
 20. **Yatsun A.M. 2013.** Power of consumption and phase displacement between voltage and a current of the covering ring capacitor transducer over a conducting plate / Яцун А. М. // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Pzeszów – vol. 15 No 4. – 206–211.
 21. **Андрей Палий, Анатолий Палий 2013.** Техническое и технологическое обеспечения процесса дезинфекции в животноводстве / Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa 15_7. 29-33.

EXPERIMENTAL STUDY OF ELECTRONIC SYSTEMS AND METHOD OF TREATMENT OF ENDOMETRITIS COWS MILLIMETER ELECTROMAGNETIC RADIATION

Summary. The article provides theoretical studies to build a terminal emitting electromagnetic radiation in the millimeter wavelength range for intrauterine treatment of endometritis cattle. For practical purposes, it was necessary to evaluate the reflection coefficient calculated from the corrugated feed. This is due to the need to understand how much of the output of the master oscillator is radiated in free space without the fairing and radiator in the aperture, if any. In general, the reflectance from the aperture is a complex quantity. In order to verify the calculations were carried out experimental studies on the measurement of the reflectance of the corrugated conical feed. To this end was made conical corrugated illuminator length from the aperture to the phase center is 21 mm. The diameter of the radiating aperture is 25 mm. For powering considered irradiator used the transition from rectangular waveguide section of $7,2 \times 3,4$ mm round diameter of 7 mm. After the measurement aperture corrugated radiator cowl and placed shot pattern has such a radiator in two mutually perpendicular planes. The experimental results which show sections of fields measured in H - and E - planes of the fundamental wave in TE₁₁ circular waveguide at a distance of 180 mm from the radiating aperture. The presence of the fairing in the aperture feed leads to a slight narrowing of the radiation pattern, as we have suggested. In this case, it is 22 mm. This result is in good agreement with theoretical calculations, it shows the correct execution of the theoretical analysis. The experimental measured radiation pattern of the conical corrugated feed in the plane of the vector E of the fundamental wave in the TE₁₁ circular waveguide. In this case, the level - 3dB beamwidth does not exceed 29 mm. The maximum difference between the measured and calculated patterns does not exceed 20%. Thus, the entire cycle of studies leads to an important conclusion about the practical applicability of tapered illuminators for the treatment of postpartum endometritis in cows. Formulate conclusions. A list of references.

Key words: research, irradiator, therapy, cows, treat, cone, endometritis, antenna.

МЕТОДЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИММУНИТЕТА НОВОРОЖДЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Игорь Гарасимчук, Павел Потапский, Юрий Панцир, Иван Гордийчук
Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: main@pdatu.edu.ua

Igor Garasymchuk, Pavel Potapsky, Youry Panzir, Ivan Gordiychuk
Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: mail@fast-foto.com

Аннотация. В исследовании проанализированы методы и электронные системы повышения иммунитета новорожденных животных.

Проведен анализ физиологических особенностей новорожденных животных и методов лечения их инфекционных заболеваний.

Проведен анализ методов и элементов системы повышения иммунитета новорожденных животных.

На основании анализа литературных источников, отечественных и зарубежных публикаций установлено, что для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза для повышения иммунитета новорожденных животных следует использовать информационные импульсные ЭМП.

Обосновано применение импульсных генераторов для повышения иммунитета новорожденных животных.

Для определения биотропных параметров импульсного ЭМП (амплитуда импульсов, период следования импульсов и их длительность, экспозиция) нужны теоретические исследования процесса взаимодействия импульсных ЭМП с организмом новорожденных животных.

Для разработки эффективной, экологически безопасной технологии для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза, связанной с повышением иммунитета новорожденных животных, нужны исследования по созданию импульсных генераторов на полупроводниковых приборах.

Ключевые слова: иммунитет животных, импульсный генератор, электромагнитное поле, электронные системы, электромагнитная технология.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

По данным литературных источников из-за болезни самые высокие потери телят бывают до 15-дневного возраста. По общественным данным, на первые 5 дней жизни приходится 40–50% гибели телят, на первые 10 дней – 65–70% и до 15-дневного возраста – 75–80% от павших в течение первого года жизни. В современных условиях для лечения заболеваний новорожденных телят используют антибиотики и химические препараты, которые наносят вред организму телят, а результаты лечения не всегда оказываются эффективными.

Проведенный анализ инфекционных болезней новорожденных телят показывает, что их болезни в

первые дни жизни зависят от количества иммуноглобулинов, которые попадают в организм телят через молозиво коров.

В современных условиях для повышения иммунологической ценности молозива принимают вакцинацию коров соответствующими антигенами. Однако эта процедура дорогостоящая и не всегда приводит к положительному результату. Биофизический анализ физико-химических процессов в биологических объектах показывает, что в медицине и ветеринарии всё большее внимание привлекают электромагнитные методы повышения иммуноглобулинов в молоке матерей и молозиве коров.

Таким образом, исследование и разработка способов и электронных систем для повышения иммуноглобулинов в молозиве коров с использованием информационного импульсного ЭМИ является актуальной задачей в технологическом процессе производства животноводческой продукции.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Иммунитет является свойством всего живого – человека, животных, растений и даже бактерий [1-3].

Анализ литературных источников [4-11] показывает, что импульсное излучение может влиять на рецепторы нервной системы, капиллярное русло кровеносной системы и циркулирующие в нем лимфоциты и клетки диффузной нейроэндокринной системы.

В ряде работ [12-15] обсуждены механизмы действия ЭМП на биологические объекты. В [14] предложен механизм действия информационного ЭМП на живые организмы, основанный на гипотезе о электромеханических автоколебаниях клеточных субструктур, как естественное состояние живых клеток. Там же показано, что синхронизация излучением ведет к появлению внутренних информационных сигналов, влияющих на регуляторные системы организма.

В ряде работ показано на резонансный характер действия ЭМП [5]. То есть биологический эффект наблюдается в узких частотных интервалах, причем действие ЭМП на живые организмы носит не энергетический, а информационный характер [6-8], при этом первичное действие ЭМП реализуется

на клеточном уровне и связана с биоструктуры, общими для разных организмов.

Уникальные возможности информационных импульсных ЭМП нашли широкое применение в ветеринарной и медицинской практике [2-3, 10].

Основное применение информационных ЭМП в животноводстве связано с лечением и повышением продуктивности животных [16-20].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью исследования является анализ методов и электронных систем повышения иммунитета новорожденных животных.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ физиологических особенностей новорожденных животных и методов лечения их инфекционных заболеваний;
- провести анализ методов и элементов иммунной системы повышения иммунитета животных;
- обосновать применение импульсных генераторов для повышения иммунитета животных.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Иммунная система организма животных обеспечивает иммунитет, то есть сохраняет генетический гомеостаз. В генетическом аспекту иммунитет рассматривают как способность организма отличать чужеродный материал от «своего» (например, чужой белок от «своего»), что жизненно важно. Поступление во внутреннюю среду организма веществ с признаками чужеродной информации (макромолекул белков, полисахаридов) грозит нарушением структурного и химического его состава. Количественное и качественное «постоянство» внутренней среды, называемое гомеостазом, обеспечивается процессами саморегулирования во всех живых системах. Иммунитет – одно из проявлений гомеостаза.

Иммунные клетки участвуют в осуществлении защитной функции организма от действия патогенов - в быстродействующем запуске воспалительного процесса и реакций гиперчувствительности при контакте с антигенами. Такие клетки (мастоциты, лаброциты) - высокоспециализированные иммунные клетки соединительной ткани позвоночных животных, аналоги базофилов крови, которые участвуют в адаптивном иммунитете. Они скапливаются в местах наиболее вероятного встречи с патогенами среды и рассеяны по соединительной ткани организма, особенно под кожей, вокруг лимфатических узлов и кровеносных сосудов; содержатся в селезенке и костном мозге.

При активации такие клетки высвобождают содержимое гранул в окружающую ткань (дегрануляция). Выделение физиологически активных веществ, содержащихся в гранулах клеток, происходит с участием циклических монофосфатов, ионов кальция, ряда специфических ферментов. Физические факторы также могут влиять на дегрануляцию клеток. Гепарин и гистамин, выделяемых в процессе дегрануляции клеток, имеют во многом противоположные свойства. Антагонизм гистамина и гепарина лежит в

основе функциональной двойственности клеток - как стимулирующее, так и пригнитающая действие.

Также следует отметить, что клетки эпидермиса в коже животных также имеют фагоцитарную активность и производят фактор, стимулирующий пролиферацию и дифференцировку Т-лимфоцитов. Активное участие в данных реакциях принимают и неспецифические факторы бактерицидной системы кожи. В последнее время среди неспецифических факторов иммунитета большое значение придается интерферону. И все же, хотя сегодня и накоплен достаточные данные о выполнении кожей ряда иммунологических функций, до сих пор вопрос о самостоятельном значении ее в иммунном гомеостазе окончательно не решен. Не совсем ясны и механизмы действия физических факторов на иммунологические функции кожи. Существование же такого влияния вряд ли у кого вызывает сомнения. Есть как косвенные, так и прямые доказательства изменения активности специфических и неспецифических факторов иммунитета в коже при воздействии физических факторов. Исследования в этом направлении ЭМП могут открыть новые пути в использование методов и средств целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза.

В результате проведенного анализа следует отметить:

- стимуляция иммунной системы возможна за счёт синхронизации электромагнитных колебаний в иммунокомпетентных клетках организма животных с частотой внешнего информационного поля коротковолнового диапазона;
- усиление кровоснабжения облучаемой области приводит к стимуляции иммунной системы животных за счёт воздействия информационных коротковолновых сигналов на движущиеся в микроциркуляторном русле лимфоциты;
- зависимость биологического эффекта от частоты коротковолнового излучения, действующего на организм, носит острорезонансный характер, т.е. отклик на воздействие имеет место в узких полосах частот (обычно отклонение не превышает 0,1...0,01% от средней частоты);
- на резонансных частотах имеет место более высокая степень поглощения организмом крайне высокочастотного ЭМИ (эффект резонансного поглощения). Область резонанса является достаточно узкой, и резонансная частота может изменяться в зависимости от состояния биообъекта, вида патологии, а также в результате различных внешних воздействий на организм;
- приёмником информационного импульсного электромагнитного излучения являются биологически активные точки (БАТ), гормональные клетки, а также микроциркулярное русло периферической кровеносной системы и лимфатические сосуды.

Таким образом, для повышения иммунитета новорожденных животных следует использовать генераторы с относительной нестабильностью частоты следования импульсов $10^{-6} \dots 10^{-7}$, что позволит обеспечить полную ($\approx 95\%$) передачу энергии облучения и существенно уменьшит время воздействия до 10 с.

В состав генератора входят:

- формирователь временных параметров,
- формирователь параметров основных импульсов,
- формирователь входной последовательности импульсов,
- формирователь тактовых импульсов,
- формирователь задержанных импульсов,
- делитель тактовых импульсов,
- делитель в схеме формирования длительности основных импульсов.

К генераторам, выпускаемым на территории СНГ, относятся импульсные генераторы Г5-56 и Г5-58 [21-23].

Генератор импульсов Г5-56 является измерительным прибором и представляет собой источник импульсных сигналов с широким диапазоном изменения периода повторения, длительности импульсов и временного сдвига.

Генератор импульсных сигналов Г5-88 предназначен:

- для генерации импульсных сигналов с метрологическими нормированными характеристиками,
- для применения в измерительной и вычислительной технике,
- технике связи, промышленной автоматике и телемеханике,
- при исследовании параметров материалов и элементов, требующих повышенной амплитуды импульсов.

Генераторы для биофизических исследований [21, 23] обеспечивают длительность импульсов от 5 до 99 мкс, период повторения импульсов от 0,3 до 99 мс., амплитуду импульсов от 100 В до 300 В и стоят более 40 тыс. грн.

В Японии выпускаются импульсные генераторы с параметрами [24, 25]:

- амплитуда импульсов от 40 В до 700 В;
- длительность импульсов от 10 мкс до 500 мкс.

Стоимость такого генератора более 7000 дол. США.

Компания NPIELECTCRONIC Германии выпускает импульсные генераторы с параметрами [21]:

- амплитуда импульсов 10...300 В,
- длительность импульсов 0,1...999,9 мкс.;
- количество импульсов в пачке 1...99 шт.

Стоимость генератора 20000 дол. США.

Компания CUY21SC Англии выпускает импульсные генераторы с параметрами [26]:

- амплитуда импульсов 1...500 В,
- длительность импульсов 0,1...999,9 мс.

Стоимость генератора более 4000 евро.

Проведенный анализ показывает, что параметры импульсных генераторов, выпускаемых в странах СНГ и других странах, не соответствуют требованиям технологического процесса повышения иммунитета для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза новорожденных животных. Поэтому создание импульсных генераторов для повышения иммунитета животных требует проведения дополнительных исследований.

ВЫВОДЫ

1. На основании анализа литературных источников, отечественных и зарубежных публикаций установлено, что для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза для повышения иммунитета новорожденных животных следует использовать информационные импульсные ЭМП.

2. Для определения биотропных параметров импульсного ЭМП (амплитуда импульсов, период следования импульсов и их длительность, экспозиция) нужны теоретические исследования процесса взаимодействия импульсных ЭМП с организмом новорожденных животных.

3. Для разработки эффективной, экологически безопасной технологии для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза, связанной с повышением иммунитета новорожденных животных, нужны исследования по созданию импульсных генераторов на полупроводниковых приборах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Шишков В.П. 1985.** Иммунология и современные проблемы ветеринарии. М.: Агропромиздат, 3 – 9.
2. **Ярилин А.А. 1999.** Основы иммунологии: Учебник /А. А. Ярилин. М.: Медицина, 608.
3. **Торчук М.В. 2014.** Анализ элементов иммунной системы повышения иммуноглобулинов в молозиве коров / М. В. Торчук // Сборник научных трудов Подольского государственного аграрно-технического университета. 451 – 456. (Украина).
4. **Белановский А.С. 2007.** Основы биофизики в ветеринарии //А. С. Белановский. – М.: Дрофа, 332.
5. **Марчук Г.И. 1991.** Математические модели в иммунологии / Г. И. Марчук. – М.: Наука, 304.
6. **Вержбицкая Н.И. 1987.** Морфология акупунктурных точек кожи / Н. И. Вержбицкая // Медико-биологические и технические аспекты рефлексодиагностики и рефлексотерапии. – Изд. Калинин. университет. Калинин, 35 – 41.
7. **Торчук М.В. 2014.** Электромагнитная технология повышения сохранности новорожденных телят КРС: тезисы за материалами научно-практической студенческой конференции [«Проблемы энергообеспечения»] (Белгород, 26 – 27 мая 2014 г.) / Торчук М. В. // Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. Б. Я. Горина (Россия). – Белгород, БелГСХА, 19.
8. **Портнов Ф.Г. 1987.** Электростимуляционная рефлексотерапия / Ф.Г. Портнов // Рига: Зинатне. 25 – 32.
9. **Филимонов Н.Н. 1962.** Ретикулярная формация / Н. Н. Филимонов // БМЭ, 2-е изд. – М., Т. 28. 521 – 542.
10. **Мычковский Ю.Г. 2012.** Радиоэлектроника биологически активных точек / Ю. Г. Мычковский // Вестник КрНУ им. М. Остроградского. 45 – 47. (Украина).

11. **Сасимова И.А. 2008.** Обоснование биофизического действия информационных электромагнитных излучений на микробиологические объекты животноводства / И. А. Сасимова, Л. Ф. Кучин // Восточно-европейский журнал передовых технологий, 27 – 29.
12. **Черенков А.Д. 2001.** Влияние низкоэнергетических ЭМП на клетки тканей вымени коров больных маститом / А.Д. Черенков, Л.Ф. Кучин // Вестник ХГТУСХ. – Харьков: ХГТУСХ, Вып. 6. 32 – 331. (Украина).
13. **Исмаилов Э.Ш. 1987.** Биофизическое действие СВЧ-излучения / Э.Ш. Исмаилов. – М.: Энергоатомиздат, 144.
14. **Эйди У.Р. 1980.** Частотные и энергетические окна при воздействии слабых электромагнитных полей на живую ткань / У.Р. Эйди // ТИИЭР, 135 – 143.
15. **Кузьмин А.Ф. 1972.** Влияние электромагнитных полей на организм животных / Сборник научных трудов кафедры патофизиологии и биофизики под ред. А.Ф. Кузьмина. – М.: МИИСП, 24.
16. **Иноземцев В.П. 1993.** Применение электромагнитных излучений крайневысоких частот в ветеринарной практике / Иноземцев В.П., Балковой Н.И. // Ветеринария. 38 – 42.
17. **Брюхова А.К. 1985.** Влияние ЭМП миллиметрового диапазона, лазерного излучения и их комбинированного действия на свойства микроорганизмов / Брюхова А.К. // Электронная промышленность. 6 – 9.
18. **Карпов М.А. 1981.** Лечит втрое быстрее / Карпов М.А. // Изобретатель и рационализатор. 38.
19. **Grissom D. 1966.** Dielectric dissipation in Nall and below 4,2 K. / D. Grissom., W. Hartwig // Of Appl. Phys. 47 – 84.
20. ИБП РАН / Приборы для исследования клетки. Режим доступа: <<http://www.ibp-ran.ru/main.php>>.
21. **Хохлов А.М. 2007.** Устройство для электропорации клеток /А.М. Хохлов, В.В. Шугайло, В.В. Кононенко, С.А. Костенко // Научное приборостроение. 79 – 81.
22. **Хохлов А.М. 2007.** Устройство для электро-стимулируемого слияния клеток / А. М. Хохлов, В.В. Шугайло, В.В. Кононенко // Научное приборостроение. 62 – 66.
23. NEPAGENE / Electroporator NTRA 21. – Режим доступа: <<http://www.nepagene.ip/>>.
24. SHIMADZU Productc. – Режим доступа: <<http://www.shimadzu.co.jp/>>.
25. SONIDEL Limited / CUY Electroporator. – Режим доступа: <<http://www.sonidel.com/>>.
26. GENETRONICS inc/- Режим доступа: <<http://www.gentronics.com/>>.
27. **Valeriy Voityuk, Volodymyr Boiko, Roman Yakimov. 2007.** Определение влажности почвы по коэффициентам отражения электромагнитных волн. // MOTROL Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, Vol. 9A. 47-55. (Украина).

METHODS AND ABYLITIES OF USAGE ELECTRICAL SYSTEMS IN INCREASING PROCESS OF NEWBORN ANIMALS IMMUNITY

Summary. The study analyzed the methods and electronic systems increase the immunity of newborn animals. An analysis of the physiological characteristics of newborn animals and their treatment of infectious diseases. The analysis methods and system elements enhance immunity newborn animals. The application of pulse generators to improve the immunity of newborn animals.

Based on the analysis of literary sources, domestic and foreign publications it found that for targeted correction of immune homeostasis to improve the immunity of newborn animals should be used pulsed EMF information.

The application of pulse generators to improve the immunity of newborn animals.

To determine the parameters of pulsed EMF biotropic (pulse amplitude, pulse period and their duration exposure) need theoretical studies of the interaction of pulsed EMF with the body of newborn animals.

In order to develop an efficient, environmentally sound technology for targeted correction of immune homeostasis related to increasing immunity of newborn animals, studies are needed to create a pulse generator for semiconductor devices.

Key words: immune animals, pulse generator, an electromagnetic field, electronic, electromagnetic technology.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ НОЖА ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРОПАШНЫМИ КУЛЬТИВАТОРАМИ

Валерий Грубий¹, Елена Ткаченко¹, Александр Стрельчук¹, Андрей Борис²

¹*Подольский государственный аграрно-технический университет*

Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: rosyna@i.ua

²*Национальный научный центр “Институт механизации и электрификации сельского хозяйства”*

Ул. Вокзальная, 11, Глеваха, Украина. E-mail: aborys@ukr.net

Valeriy Grubiy¹, Elena Tkachenko¹, Alexander Strel'chuk¹, Andrei Boris²

¹*Podolsky State Agricultural and Technical University*

St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: rosyna@i.ua

²*National Scientific Centre “Institute for agricultural engineering and electrification”*

St. Vokzalna, 11, Glevacha, Ukraine. E-mail: aborys@ukr.net

Аннотация. Использование пассивных рабочих органов с малой защитной зоной приводит к сдвигу почвы в зоне роста растения уничтожая ростки сахарной свеклы. Потому необходимо изыскивать такие рабочие органы которые бы разрушили почвенную корку косвенным воздействием при минимальной гибели культурных растений. Такими рабочими органами пропашных культиваторов могут быть рабочие органы фрезерного типа.

Основными факторами в выборе угла установки крыла ножа являются: кинематический параметр ротора, (отношение скоростей вращения ротора к поступательной агрегата), отношение глубины обработки, ширины и толщины крыла к его радиусу, угол заострения ножа и вид заточки (внешняя, наружная). Разработана эквивалентная модель работы фрезы для обработки почвы с жестким креплением ножей где показан эффект уменьшения глубины рыхления фрезы вследствие взаимодействия тыльной стороны крыла ножа на необработанный монолит. Это приводит к нарушению агротехнических требований обработки почвы, что особенно недопустимо при рыхлении на малые глубины. С другой стороны уменьшение угла установки крыла ножа к радиусу ротора фрезы способствует увеличению энергоемкости процесса и увеличению количества отбрасываемой почвы. Составлены трансцендентные уравнения выбора параметров ножа и режимов работы фрезы в зависимости от глубины рыхления почвы.

Проведенные графоаналитические исследования показывают, что параметры ножа фрезы для обработки почвы зависят от глубины ее рыхления. При этом определяющим в выборе угла установки крыла ножа с внешней заточкой для пропашного культиватора является толщина полки крыла ножа, если значения параметров фрезерного барабана заданы конструктивно, а кинематический режим определен на основании других технологических критериев.

Ключевые слова: сахарная свекла, глубина обработки, пропашной культиватор, нож фрезы, угол установки полки ножа, угол заточки.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Особенностью выращивания сахарной свеклы в начальный период вегетации на суглинистых почвах Украины есть то, что после интенсивных дождей образуется почвенная корка. Она приводит к изреживанию посевов и естественно к снижению урожая. Почвенную корку можно уничтожить посредством прямого и косвенного воздействия. Прямой контакт рабочих органов уничтожает до 20 % ростков сахарной свеклы. Вместе с тем при высеве на конечную густоту допустимый агротехнический предел составляет до 8 % [1, 20]. Поэтому необходимо изыскивать такие рабочие органы которые бы разрушили почвенную корку косвенным воздействием при минимальной гибели культурных растений. Такими рабочими органами пропашных культиваторов могут быть рабочие органы фрезерного типа. Использование пассивных рабочих органов с малой защитной зоной приводит к сдвигу почвы в зоне роста растения уничтожая ростки сахарной свеклы.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ научно-исследовательских работ показал, что основными факторами в выборе угла установки крыла ножа почвообрабатывающей фрезы являются: кинематический параметр ротора, (отношение скоростей вращения ротора к поступательной агрегата), отношение глубины обработки, ширины и толщины крыла к его радиусу, угол заострения ножа и вид заточки (внешняя, наружная).

Изучению вопросов оптимизации угла установки ножа почвообрабатывающих фрез посвящены работы: Синеокова Г.Н., Панова И.М. [5, 7], Яцук Е.П. [2], Канарева Ф.М. [4], Павлова П.В., Матяшина Ю.И., Гринчука И.М. [6, 11, 14], Зенина Л.С., Сурилова В.С. [3], Листопада Г.Е. [12].

Существует несколько подходов определения угла установки крыла от перечисленных факторов.

В ряде работ [2-3] выбор его производится расчетом по отношению к вектору скорости движения лезвия при учете величины заострения и корректировки глубины обработки. Однако, в большинстве работ [4-7, 11, 15-16] выбор угла установки предлагается вести по ширине крыла Г-образного ножа. Так Канарев Ф.М. приводит значения кинематических режимов без учета толщины, угла заострения крыла, а Матяшин Ю.И. и Гринчук И.М. приводят только поправку на его товщину. Вместе с тем, Панов И.М. [5-6, 17-19] указывает, что для узких крыльев выбор угла установки может производиться без учета его ширины. При этом предельные значения такого угла в литературных источниках отсутствуют.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При работе почвообрабатывающих фрез с жестким креплением Г-образных ножей наблюдается эффект выглубления фрезы вследствие взаимодействия тыльной стороны крыла ножа на необработанный монолит (рис. 1 а, б). Это приводит к нарушению агротехнических требований обработки почвы, что особенно недопустимо при рыхлении на малые глубины. С другой стороны уменьшение угла установки крыла ножа γ к радиусу ротора фрезы R способствует увеличению энергоемкости процесса и увеличению количества отбрасываемой почвы [8]. Поэтому необходимо производить оптимальный выбор параметров ножа и режимов работы фрезы в зависимости от глубины рыхления почвы.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Известно, что угол установки крыла γ (рис.1 б) зависит от его размеров (толщина a и ширина b_k) вида заточки (внутренняя или наружная) и угла заострения лезвия β , а так же величины радиуса ротора R , глубины обработки почвы h и кинематического режима λ . Для упрощения теоретических исследований представим линейные параметры a , b_k и h отношениями к R . Тогда, с учетом указанных параметров, при оптимизации γ необходимо решить следующую функциональную зависимость:

$$\gamma = f(\lambda, \beta, a/R, b_k/R, h/R). \quad (1)$$

Рассматривая процесс движения крыла ножа по трохоиде (рис.1 б) видно, что для плавного внедрения в монолит точка затылочной части В (конец заточки) и С (конец крыла) должна повторять, в идеальном случае, траекторию образованную точкой А (лезвием). При этом практический интерес представляет вопрос, какая из точек В или С становится определяющей в выборе γ , с известными параметрами связи (1).

Сначала для проведения теоретических исследований принимаем некоторые упрощения (рис. 1 а). Разложим сложное движение фрезбарабана на собственно вращательное с угловой скоростью ω и поступательную «скорость почвы» V_n . Крыло ножа представим линией АВ = b_k , где точка А является его лезвием, а точка В – вслед движущаяся точка затылочной части (конец скоса при внешней или конец крыла при внутренней заточках). [10-14].

Определим путь Δx , который "пройдет почва" от касания лезвия крыла фрезбарабана радиусом R в точке А до касания вслед движущейся точки крыла В радиусом ρ в точке В при вращении ротора с угловой скоростью ω .

$$\Delta x = x_1 - x_2. \quad (2)$$

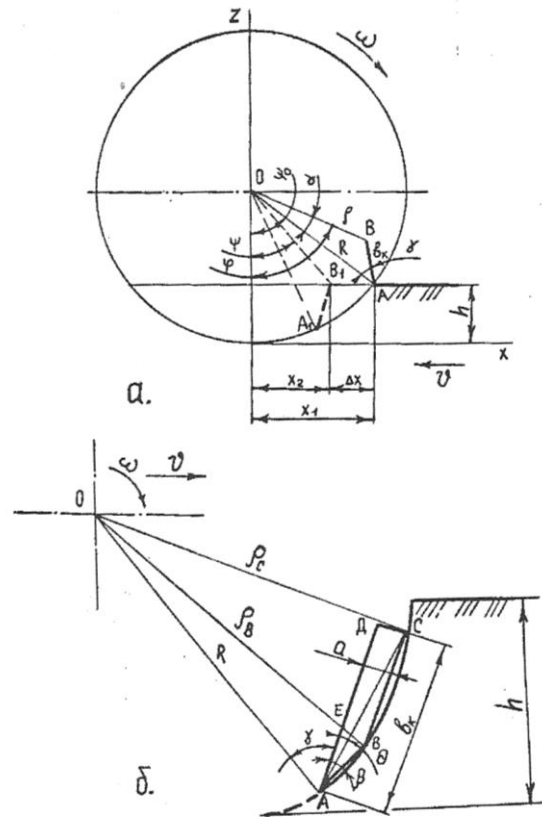


Рис. 1. Схема для расчета угла установки крыла Г-образного ножа: а) упрощенная схема; б) движение крыла по трохоиде

Fig. 1. The scheme for calculating the angle of installation of the wing blade cutter: а) simplified scheme; б) wing movement of trochoid

Углы касания почвы точками А и В определяются по зависимостям:

$$\cos \psi_o = \frac{R - h}{R}, \quad (3)$$

и

$$\cos \psi = \frac{R - h}{\rho}, \quad (4)$$

При решении совместно уравнений (3) и (4) радиус:

$$\rho = R \frac{\cos \psi_o}{\cos \psi},$$

с учетом $x_1 = R \sin \psi_o$ и $x_2 = \rho \sin \psi$, получим определяемое "перемещение почвы":

$$\Delta x = R \sin \psi_o - R \cos \psi_o \operatorname{tg} \psi. \quad (5)$$

После упрощения формула (5) примет вид:

$$\Delta x = R \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}.$$

Угол поворота ножа при условии $t(\psi_o) = 0$ до пересечения уровня почвы вслед движущейся точки В:

$$\varphi = \psi + \alpha t(\psi_o, \psi), \quad (6)$$

где: $t(\psi_o, \psi)$ – время между пересечением поверхности почвы точкой А и точкой В при вращении фрезбарабана с условием, что почва переместилась с точки А в точку В₁ на расстояние Δx .

Если:

$$t = \frac{\Delta x}{V_n} = \frac{R}{V} \cdot \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi},$$

тогда угол поворота ножа:

$$\varphi = \psi + \frac{\omega \cdot R}{V} \cdot \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}. \quad (7)$$

Учитывая, что кинематический режим $\lambda = \frac{\omega R}{V_n}$, запишем выражение (7) в виде:

$$\varphi = \psi + \lambda \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}.$$

Из схемы (рис. 1 а) видно, что угол заключенный между радиусами R и ρ равняется:

$$\alpha = \varphi - \psi_o = \lambda \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi} - (\psi_o - \psi). \quad (8)$$

Используем теорему синусов и определяем угол α через конструктивные параметры радиуса фрезбарабана R и ширину крыла b_k :

$$\sin \alpha = \frac{b_k}{\rho} \sin \gamma = \frac{b_k \cdot \cos \psi}{R \cdot \cos \psi_o} \cdot \sin \gamma,$$

откуда:

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{b_k \cdot \cos \psi}{R \cdot \cos \psi_o} \cdot \sin \gamma \right). \quad (9)$$

Решая совместно уравнения (8) и (9) получим значение кинематического режима:

$$\lambda = \frac{\arcsin \left(\frac{b_k \cdot \cos \psi}{R \cdot \cos \psi_o} \cdot \sin \gamma \right) + (\psi_o - \psi)}{\cos \psi}. \quad (10)$$

Кроме того значение углов пересечения почвы концами радиусов R и ρ крайних точек А и В можно выразить зависимостями:

$$\psi_o = \arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right), \quad (11)$$

$$\psi = \arccos \left(\frac{R-h}{\rho} \right) = \arccos \left[\frac{R}{\rho} \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right]. \quad (12)$$

Сделаем обозначение:

$$k = \frac{R}{\rho}, \quad (13)$$

получим:

$$\psi = \arccos \left[k \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right]. \quad (14)$$

Используя теорему косинусов определим радиус:

$$\rho = \sqrt{R^2 + b_k^2 - 2Rb_k \cos \gamma}. \quad (15)$$

Для дальнейших рассуждений остановимся на выборе вида заточки и угла заострения β крыла ножа. Как считают ряд авторов [2, 4-6] β у фрез принимается в пределах 15–30°, а выбор его меньше указанного предела ведет к быстрому затуплению и крошению лезвия. В случае с внутренней заточкой, расчет кинематического режима можно выполнить по зависимостям (10)–(15) с последующим определением графически или при помощи таблиц одних параметров, через другие. При этом зависимость (12) представляется в следующем виде:

$$\psi = \arccos \left[\left(1 + \frac{b_k^2}{R^2} - 2 \frac{b_k}{R} \cos \gamma \right)^{-1/2} \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right]. \quad (16)$$

Однако следует давать предпочтение ножам с внешней заточкой, так как они в процессе эксплуатации обладают способностью самозатачивания. При внутренней заточке, кроме этого, увеличивается угол резания α_p на величину угла заточки β , что приводит к увеличению отброса почвы в начальной стадии отрезания стружки.

При наружной заточке вопрос выбора кинематического режима λ и угла установки крыла Г-образного ножа γ усложняется. Как видно из рис. 1 б существует определяющая траекторию движения точка А и две точки В и С, которые не должны пересекать первоначальную траекторию в сторону необработанного монолита.

Принимаем допущения, что толщина крыла $CD \approx CD' \approx BE \approx a$.

С ΔABO и ΔACO определим радиусы, которые связывают точки В и С с центром вращения фрезбарабана О по теореме косинусов:

$$\rho_B = \sqrt{R^2 + \frac{a^2}{\sin^2 \beta} - 2R \frac{a}{\sin \beta} \cdot \cos(\gamma + \beta)}, \quad (17)$$

где длина заточки:

$$AB = \frac{a}{\sin \beta}, \quad (18)$$

и

$$\rho_C = \left[R^2 + b_k^2 + a^2 - 2R \sqrt{b_k^2 + a^2} \times \cos \left(\gamma + \arg \operatorname{tg} \frac{a/R}{b_k/R} \right) \right]^{1/2}. \quad (19)$$

При этом длина диагонали соединяющая лезвие и конец крыла ножа:

$$AC = \sqrt{b_k^2 + a^2}, \quad (20)$$

а угол ДАС образованный внутренней плоскостью с диагональю АС:

$$\theta = \arctg \frac{a}{b_k} = \arctg \frac{a/R}{b_k/R}. \quad (21)$$

После подстановки значений радиусов в зависимость (13) получим для конца заточки (точка В):

$$k_B = \frac{R}{\rho_B} = \left[1 + \frac{a^2}{R^2} \cdot \frac{1}{\sin^2 \beta} - 2 \frac{a}{R} \times \frac{1}{\sin \beta} \cdot \cos(\gamma + \beta) \right]^{-1/2}, \quad (22)$$

и для конца крыла ножа (точка С):

$$k_c = \frac{R}{\rho_c} = \left\{ 1 + \frac{a^2}{R^2} + \frac{b_k^2}{R^2} - 2\sqrt{\frac{a^2}{R^2} + \frac{b_k^2}{R^2}} \times \right. \\ \left. \times \sin \left[\gamma + \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{R} / \frac{b_k}{R} \right) \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}. \quad (23)$$

Если сделать подстановку в трансцендентное уравнение кинематического режима (10) длину заточки (18) и диагональ крыла ножа (20), увеличив, соответственно, углы установки ножей γ на β и θ тогда:

$$\lambda_B = \frac{\arcsin \left[\frac{a}{R} \cdot \frac{\cos \psi}{\cos \psi_o} \cdot \sin \beta \cdot \sin(\gamma + \beta) \right]}{\sin(\psi_o - \psi)} + \frac{\cos \psi}{\sin(\psi_o - \psi)} + \frac{(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}. \quad (24)$$

и

$$\lambda_c = \frac{\arcsin \left\{ \sqrt{\frac{a^2}{R^2} + \frac{b_k^2}{R^2}} \cdot \frac{\cos \psi}{\cos \psi_o} \cdot \sin \left[\gamma + \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{R} / \frac{b_k}{R} \right) \right] \right\}}{\sin(\psi_o - \psi)} + \frac{(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}. \quad (25)$$

При подстановке в уравнение (24) зависимостей (11, 14, 22), а в уравнение (25) - (11, 14, 23) можно получить уравнения для определения значений λ_B и λ_C в развернутом виде. Однако так как уравнения будут очень громоздкими, приводить их нет необходимости.

Данные трансцендентные уравнения решались на ЭВМ с помощью программы Matlab R13. Для этого была составлена программа с варьированием всех входящих в уравнения параметров: $\gamma = 46-70^\circ$;

$$\beta = 15-30^\circ; \quad \frac{b_k}{R} = 0,3-0,5; \quad \frac{a}{R} = 0,01-0,05;$$

$$\frac{h}{R} = 0,2-0,5.$$

Выбор критического минимального значения кинематического режима работы фрезерного барабана λ следует проводить по максимальной величине λ_B или λ_C , так как в противном случае одна из точек затылочной части крыла ножа В или С (рис. 1 б) будет "снимать" монолит. Исходя из сказанного можно записать условие выбора кинематического режима фрезерного барабана:

$$\begin{cases} \lambda \geq \lambda_B; \\ \lambda \geq \lambda_C; \end{cases} \text{ при } \lambda \rightarrow \min. \quad (26)$$

По результатам решений трансцендентных уравнений (24, 25) на основании условия (26) представим в графической интерпретации.

Графический анализ выбора угла установки крыла ножа γ в зависимости от его ширины $\frac{b_k}{R}$ (рис. 2) при различных фиксированных значения λ_B ,

λ_C если $\frac{a}{R} = 0,02$, $\frac{b_k}{R} = 0,03$. С помощью приведенного графика необходимо ответить на вопрос, какая из точек крыла В или С (рис. 1 б) Г-образного ножа является определяющей в выборе кинематического режима. А определяющей есть точка В угол установки крыла γ которой, при определенном значении $\frac{b_k}{R}$, когда $\lambda_B = \lambda_C$ принимает меньшее значение. Например при $\frac{b_k}{R} = 0,3$, $\frac{a}{R} = 0,02$, $\beta = 15^\circ$ (рис. 2 а) и если $\lambda_B = \lambda_C = 2,5$ видно, что угол установки крыла по точке С $\gamma = 56^\circ$, по точке В $\gamma = 51^\circ$.

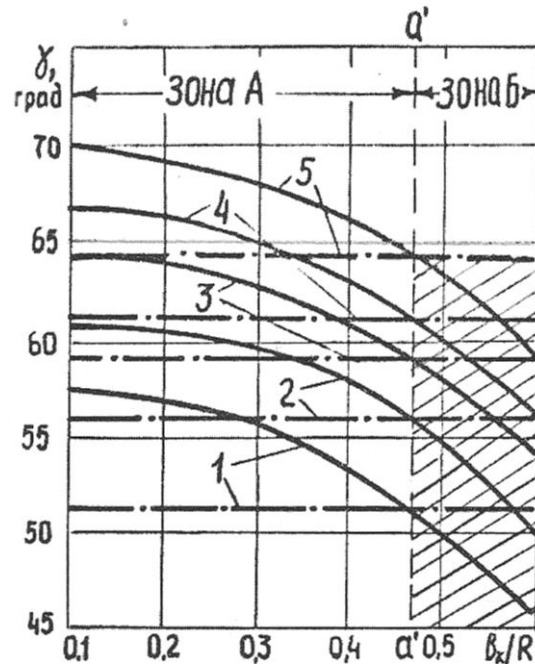


Рис. 2. Зависимость изменения γ от b_k/R для $\beta = 15^\circ$, $a/R = 0,02$ и $h/R = 0,3$, при различных значениях λ (штрихпунктирная линия — λ_B , сплошная — λ_C): линии 1, 2, 3, 4, 5 соответственно равны 2,5; 3; 3,5; 4 и 5

Fig. 2. Dependence of change γ of b_k/R to $\beta = 15^\circ$, $a/R = 0,02$ and $h/R = 0,3$, for various values of λ (dashed line - λ_B , solid - λ_C): lines 1, 2, 3, 4 and 5 are, respectively, 2,5; 3; 3,5; 4 and 5

Тогда на основании изложенного выше принимаем угол установки крыла $\gamma = 51^\circ$ по точке В т.е. точке конца заточки крыла (рис. 1 б). Дальнейший анализ рис. 2а свидетельствует, что при увеличении вплоть до $\frac{b_k}{R} = 0,47$ определяющей в выборе является

толщина крыла a . И только если $\frac{b_k}{R} > 0,47$ ($\beta = 15^\circ$) выбор γ следует осуществлять по предельным кинематическим режимам λ_C , т.е. по значениям ширины крыла b_k . С увеличением угла заточки крыла β предельное значение $\frac{b_k}{R}$, по которому производится выбор γ — увеличивается.

На основании графика рис.2 построен график зон определения угла установки крыла γ в зависимо-

сти $\frac{b_k}{R}$ и β (рис. 3) при $\frac{a}{R} = 0,02$ и $\frac{h}{R} = 0,3$. Если допустить, что точка пересечения принятых параметров $\frac{b_k}{R}$ и β будет расположена под кривой, тогда выбор γ осуществится по зависимости λ_B (24), если над кривой – по зависимости λ_C (25).

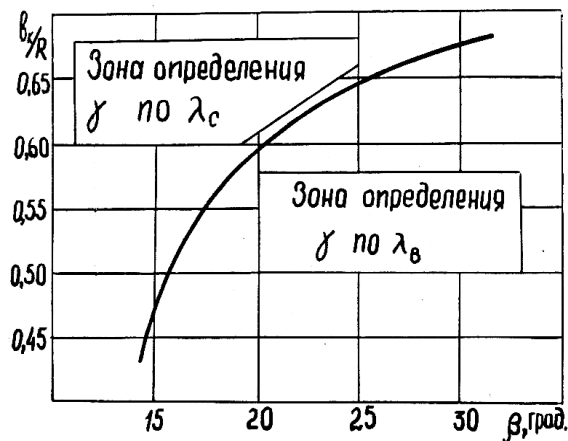


Рис. 3. Зоны определения угла установки крыла ножа γ по λ_C или λ_B зависимости его ширины b_k/R от угла заострения β при $h/R = 0,3$ и $a/R = 0,02$

Fig. 3. Zone determining the installation angle of the wing blade γ of λ_C or its width depending λ_B b_k/R on the angle at the taper β $h/R = 0,3$ and $a/R = 0,02$

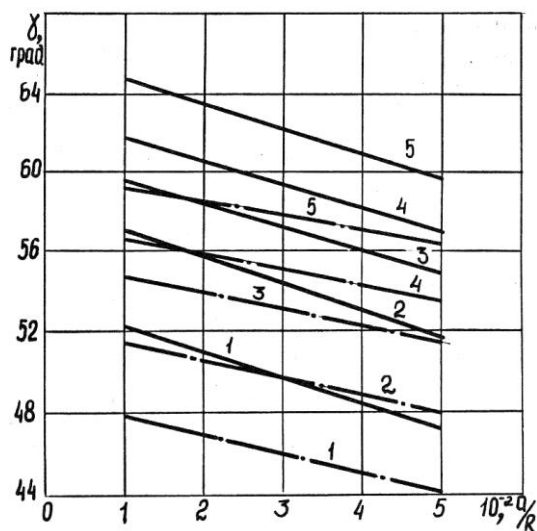


Рис. 4. Зависимость изменения угла установки крыла Г-образного ножа γ от его толщины a/R при $h/R = 0,3$ (сплошная линия – $\beta = 15^\circ$ штрихпунктирная – $\beta = 20^\circ$): 1...5 кинематический режим фрезы λ соответственно равен 2,5; 3; 3,5; 4 и 5

Fig. 4. The dependence of the change in the angle of the wing blade cutter installation of its thickness γ a/R when $h/R = 0,3$ (solid line – $\beta = 15^\circ$ dashed – $\beta = 20^\circ$): 1...5 kinematic mode mills respectively λ is 2,5; 3; 3,5; 4 and 5

Однако, так как значения параметров $\frac{b_k}{R}$, которые расположены на графике над кривой, в конструкциях фрез с Г-образными ножами пропашных культиваторов не применяются, поэтому выбор γ

осуществляется по λ_B . Выбор γ в зависимости от $\frac{a}{R}$ на рис. 4.

Представляет интерес вопрос изучения зависимости угла установки крыла ножа γ от кинематического режима фрезбарабана λ при изменении глубины обработки почвы h (рис. 5).

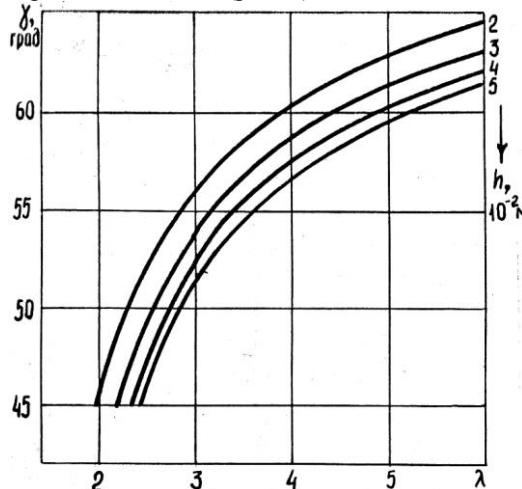


Рис. 5. Зависимость угла установки крыла ножа от кинематического режима фрезбарабана при изменении глубины обработки почвы

Fig. 5. The dependence of the installation angle of the wing blade of the kinematic mode milling drum when the depth of tillage

Как видно из графика, с увеличением h угол установки γ необходимо уменьшать или увеличивать кинематический режим фрезы λ . В соответствии с агротехническими требованиями для выращивания сахарной свеклы в начальный период вегетации глубина рыхления почвы $h = 30 \pm 5$ мм. Если ротор имеет параметры отношения толщины крыла ножа к радиусу $\frac{a}{R} = 0,02$, угол заострения $\beta = 15^\circ$ и кинематический режим составляет $\lambda = 2,5 \dots 2,6$, тогда угол установки должен быть в пределах $\gamma = 50 \dots 51^\circ$.

ВЫВОДЫ

1. Таким образом, проведенные графоаналитические исследования показывают, что параметры ножа почвообрабатывающей фрезы зависят от глубины рыхления почвы.

2. При этом определяющим в выборе угла установки крыла ножа с внешней заточкой, если значения радиуса фрезерного барабана, угла заточки ножа, кинематического режима заданы конструктивно или определены на основании других технологических критериев, для пропашного культиватора является толщина полки крыла ножа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Зубенко В., Ронк Н., Иващенко А. 2007.** Свекловодство. Проблемы интенсификации и ресурсосохранения: Монография / под общ. ред. акад. УААН и РАСХН, д. с.-х. н, проф. В. Зубенко. – [Второе, доп. издан. на укр. языке]. – К.: НИП ООО «Альфа-стеви́я ЛТД», 496 (Серия «Интенсивное земледелие»). (Украина).

2. **Яцук Е.П. и др. 1971.** Ротационные почвообрабатывающие машины. – М.: Машиностроение. 255.
3. **Сурилов В.С. 1965.** Исследование энергоёмкости работы и обоснование некоторых параметров фрезерного пропашного культиватора: Дис.к.т.н., – Новосибирск, 190.
4. **Канарев Ф.М. 1983.** Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. – М.: Машиностроение. 144.
5. **Синеоков Г.Н., Панов И.М. 1977.** Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение. 328.
6. **Матяшин Ю.И., Гринчук И.М., Егоров Г.М. 1988.** Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин. – М.: Агропромиздат. 176.
7. **Панов И.М. 1984.** Механико-технологические основы расчета и проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами: Ав-тореф. дис. докт. техн. наук. Челябинск. 36.
8. **Грубый В.П. 1993.** Обоснование технологического процесса и параметров рабочих органов для обработки защитных зон рядков сахарной свеклы: Дис. канд. техн. наук. Киев. 253. (Украина).
9. **Валерий Пастухов, Светлана Беловол. 2014.** Обоснование параметров процесса обработки почвы в междурядьях ротационным рабочим органом. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 16. No 7. 140–149.
10. **Татьяна Марченко, Николай Петренко. 2014.** Экспериментальное исследование рабочего органа рыхлителя с целью снижения разрушительного воздействия на агрегатную структуру почвы. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 16. No 2. 103–109.
11. **Матяшин Ю.И. 1968.** Параметры и характеристики работы почвообрабатывающей фрезы. // Вестник сельскохозяйственной науки, № 9. 131–133.
12. **Листопад Г.Е., Кошеваров Ф.М. 1973.** О деформации почвы рабочими органами почвообрабатывающих машин. Доклады ВАСХНИЛ, № 10, 42–44.
13. **Вилде А.А. 1986.** Комбинированные почвообрабатывающие машины. – Л.: Агропромиздат, 128.
14. **Гринчук И.М. 1970.** Аналитические исследования фрезерных машин //Материалы НТС НИСХОМ. – М., – №27, 20–35.
15. **Ковриков И.Т. 1978.** Обоснование формы иглы и параметров рабочих органов для поверхностной обработки почвы // Тракторы и сельхозмашины, №6, 18–19.
16. **Гринчук И.М., Матяшин Ю.И. 1969.** К вопросу выбора основных конструктивных параметров и режимов работы почвенной фрезы // Тракторы и сельхозмашины, № 1, 25–28.
17. **Гуреев И.И. 1994.** Обоснование технологий и комплекса машин для возделывания основных культур в районах действия водной эрозии: Авт. дисс. докт.тех.наук, М. – 52.
18. **Бок Н.В. 1965.** О кинематике почвообрабатывающих фрез // Материалы НТС ВИСХОМ, – Вып. 20.
19. **Зиягдинов Р.Ф. 1966.** О взаимосвязи кинематических и конструктивных параметров ротационных мотыг (элементы теории) // Вопросы механизации и электрификации с/х. Тр. ЧИМЗСХ, вып. 21, Челябинск. – 43–47.
20. **Зеленский С.А. 1987.** Улучшение амплитудно-частотной характеристики системы привода ротационного культиватора КФГ-3,6-01: Авто-реф. дис. канд. техн. наук, Краснодар. 23.

GRAFOANALITICHESKY STUDY SELECTION PARAMETERS KNIFE MILLS TILLAGE ROTARY CULTIVATOR

Summary. Using passive working bodies with small protection zone of soil results in a shift in the growth zone of the plants by destroying the germs of sugar beet. Therefore it is necessary to seek such working bodies that would have destroyed the soil crust indirect impact with minimum destruction of crops. These working bodies row cultivators can be working bodies of the milling type.

The primary factors in the choice of the blade angle setting of the wing are: kinematic parameter rotor (rotor rotational speed ratio to a translational unit), the ratio of the working depth, width, and thickness of the wing to its radius, angle and type of knife sharpening grinding (external, outer). Designed equivalent model of the cutter for soil with a hard mount knives which shows the effect of reducing the depth of the cutter due to the interaction of loosening the rear of the wing blade on raw monolith. This leads to disruption of agro-technical requirements of the soil, which is particularly unacceptable when loosening at shallow depths. On the other hand a decrease in the angle of installation of the wing to the radius of the rotor blade cutter increases the energy intensity of the process and increasing the number of projected soil. Compiled analytical equations the choice of parameters and operating modes of the blade cutters, depending on the depth of soil loosening.

Graphic analytical studies carried out show that the parameters of the cutter knife for soil depend on the depth of its loosening. Thus the determining factor in choosing the installation angle of the wing with the outer knife sharpening for row cultivator is the thickness of the shelf-wing knife, if the parameters of the milling drum set is constructive and kinematic mode is determined based on other technological criteria.

Key words: Sugar beet, the depth of processing, cultivator cultivator blade cutter, the setting angle shelf knife sharpening angle.

МОНИТОРИНГ КОНКУРЕНТНОЙ СПОСОБНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КУКУРУДЗЫ В УКРАИНЕ

Роман Кирилюк

*Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: kirilyukrm@yahoo.com*

Roman Kyrylyuk

*Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: kirilyukrm@yahoo.com*

Аннотация. В статье осуществлен мониторинг существующего современного состояния, конкурентной способности культуры кукурузы и потенциал перспектив выращивания ее в Украине; приведены примеры и пути распространения перспективного развития технологии выращивания кукурузы; рассмотрены преимущества культуры кукурузы перед другими сельскохозяйственными культурами; изложены основные условия многоплановой, разноплановой перспективы развития распространение культуры кукурузы в Украине; приведены необходимость новых условий, стратегии развития и совершенствования путем изучения и обоснования новых технологий выращивания культуры кукурузы. Рассматривается спрос последних лет на рынке Украины на простые гибриды кукурузы. Анализируется производственная практика, свидетельствующая о том, что простые гибриды характеризуются высокой урожайностью, технологичностью, устойчивостью к болезням, выравненность по основным морфобиологические и сортовыми показателями.

Украина достигла максимальных масштабов развития отрасли. Более подходящими для ее выращивания является природно-климатические условия Лесостепи.

Выращивание кукурузы в степной зоне целесообразно при применении орошения. В 2013 году Украина собрала и экспортировала запланированные объемы кукурузы и вошла в тройку ведущих мировых экспортеров этого зерна. Причиной этого является использование высокопродуктивных семян, которые дают более высокую урожайность и распространение современных технологий.

Объемы производства влияют на формирование высокого экспортного потенциала. Уже расширяются рынки сбыта кукурузы в ЕС, Азии и Африки. На это зерно всегда будет высокий спрос на внешних рынках. Страны Азии, Ближнего Востока, Африки пока наращивают ее импорт. Поэтому это должна быть украинская кукуруза.

Ключевые слова: кукуруза, перспективы распространения, мониторинг, культура, технология выращивания.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

История возделывания кукурузы берет начало в Древней Мексике. Великие цивилизации обязаны

своим появлением и процветанием этой культуре, среди «благодарных»: племена ацтеков и майя, ольмекского цивилизация, поскольку она отождествлялась как основа высокоэффективного земледелия, возможно, из-за своей неприхотливости в обработке и уходе.

Без сомнения, можно утверждать, что кукуруза кормила цивилизации не одно тысячелетие. За что, собственно, и уважалась и даже обожествлялась в некоторых культурах, например, один из центральных богов пантеона Майя - бог кукурузы и плодородия Кетцалькоатль.

В Европу культура была завезена в 16 в. и теперь выращивается во многих странах Европейского и Азиатского континентов, занимая позицию лидера мирового масштаба среди всех последних выращиваемых зерновых культур.

Среди зерновых культур кукуруза занимает одно из почетных мест, являясь незаменимым источником сырья, используемого как в животноводческой отрасли, так и в промышленно-индустриальной сфере для производства масла и топлива.

Известно также, что современная одомашнено кукуруза, в том виде, в котором она появилась перед потребителем настоящее, три-четыре больше, чем ее предок (начало кукурузы был в длину не более 4 см).

В успешном решении зерновой проблемы большая роль принадлежит кукурузе - одной из самых высокопродуктивных культур многопланового использования.

Валовые сборы зерна кукурузы в ближайшие годы должны увеличиться за счет повышения урожайности, оптимизации ее посевных площадей и агротехники выращивания.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопрос по аспектам выращивания кукурузы достаточно плодотворно поднимался в последнее десятилетие в трудах, статьях М.Г. Цехмейструк, Н.М. Музафарова, К.М. Манько Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН Украины [18]. В обществе и среди отечественных педагогов, по мнению А. Пастарнака директора филиала в Украине французской компании «ОДА» перспективы рынка кукурузы в Украине находятся на достаточно актуаль-

льном уровне сегодня. Для успешной реализации зерновой необходимо отслеживать текущие тенденции на рынке как мировом, так и внутреннем [20].

Проблемы и конкуренция рынка кукурузы а также аспекты стабилизации производства зерна кукурузы достаточно четко обоснованы в трудах М. Романенко, А. Маслак [19].

Актуальные вопросы, которые играют важную роль для развития рынка кукурузы и технологии переработки кукурузы рассматривались в трудах А. Бондаренко [22], а также Н. Завирюхи [23].

Обзор литературных источников свидетельствует, что довольно большое количество вопросов посвящается такой стратегически важной сельскохозяйственной культуре как кукуруза. Поэтому вопрос конкурентоспособности и перспектив выращивания кукурузы в Украине является весьма актуальным на современном этапе развития аграрной Украины.

Актуальность проблем, связанных с перспективами развития и распространением новых современных конкурентно способных технологий выращивания культуры кукурузы является одним из первоочередных стратегических задач украинских аграриев.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данной работы является мониторинг основных вопросов современного развития конкурентоспособности и перспективы культуры кукурузы в Украине. Поиск возможных путей совершенствования новых способов и технологий улучшения распространения культуры кукурузы в Украине.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Кукуруза является одной из самых производительных злаковых культур универсального назначения, которую выращивают для продовольственного, кормового и технического назначения [20]. В странах мира для продовольственных нужд используется около 20% зерна кукурузы, для технических – 15-20%, на корм скоту – 60-65%. В ЕС для продовольственных нужд – 20%, для технических – 18%, на корм скоту – 72%.

Кукуруза имеет повышенные требования к влаге, теплу, свету, питательных веществ и других факторов окружающей среды. Ее гибриды значительно отличаются по вегетационным периодам, отсюда и разные требования к вышеуказанным факторам. При применении агротехнических приемов с учетом почвенно-климатических особенностей зоны, экологических требований, кукуруза обеспечивает получение максимального урожая.

Для посева кукурузы используют гибридные семена, которое получают при скрещивании самозапильных линий. В зависимости от родительских форм различают межсортовые, сортолинейные, межлинейные гибриды. Гибриды на 25-30% более урожайные, чем сорта за счет гетерозиса (табл. 1).

Максимальную прибавку урожая обеспечивает гибридные семена первого поколения, после пересева эффект гетерозиса значительно снижается, поэтому гибриды производят ежегодно.

Таблица 1. Классификация гибридов кукурузы по группам спелости.

Table 1. Classification of corn hybrids for maturity groups.

Группа спелости	Количество листьев	Вегетационный период, суток	Сумма активных температур, °С	Группа спелости за ФАО
Очень раннеспелые	До 11	85	2100	100-149
Раннеспелые	12-14	90-100	2200	150-199
Среднеранние	15-16	105-115	2400	200-299
Среднеспелые	17-18	115-120	2600	300-399
Среднепоздние	19-20	120-130	2800	400-499
Позднеспелые	21-23	135-140	3000	500-599
Очень позднеспелые	Больше 23	145-150	Больше 3000	Больше 600

Для сравнения гибридов различных стран мира по скороспелости продовольственная организация при ООН (ФАО) разработала шкалу из классов по скороспелости кукурузы.

В наше время, присваивая цифровой номер новым гибридам, необходимо соблюдать классификации по скороспелости ФАО.

Максимальный урожай кукурузы обеспечат только гибриды с оптимальным ФАО для зоны выращивания, поскольку выбор гибрида с меньшим ФАО, чем рекомендовано, приводит к неполному использованию солнечной радиации за вегетационный период и вследствие этого к недобору урожая, а использование гибридов с большим ФАО - КО не созревания зерна и неоправданных затрат на досушивание зерна.

Культура кукурузы в последние годы приобрела большую популярность среди украинских аграриев. Простота технологии выращивания, мощный биологический потенциал продуктивности, большим спросом на внутреннем и мировом рынках в сочетании с хорошей реализационной ценой является объективными факторами привлекательности кукурузы, рост посевных площадей и валового производства зерна [19].

За последние 10 лет площадь посева кукурузы выросла более чем вдвое. В 2013 году она составляла 4820000 га, в 2014 – 4660000 га. В благоприятном по погодным условиям 2013 валовой сбор кукурузы достиг 30900000 т при средней урожайности 64,4 ц/га. По объему экспорта зерна кукурузы Украина заняла второе место после США.

Принимая во внимание результаты анализа статистического материала, следует отметить, что производительность кукурузы в Украине на 19-25% зависит от погодных условий года, указывает на значительную зависимость производства от нерегулируемых факторов.

Относительно более стабильными и мощными в плане производительности кукурузы является Центральный и Западный регионы Украины. Здесь наблюдается несколько меньшая зависимость урожайности от условий года. В среднем за 10 лет наблюдений коэффициент вариации по показателю

урожайности составил 18,9-19,7%, тогда как в Восточном регионе - 24,5%. То есть при переходе с запада на юго-восток и усилением континентальности климата производительность кукурузы становится менее стабильной [21].

Ведущие селекционно-семеноводческие компании уделяют должное внимание подбору генетического материала, позволяет создавать устойчивые к водным и температурным стрессам гибриды кукурузы. Например, при создании засухо и холодостойких гибридов компания «Лимагрейн» использует как традиционные, так и новейшие технологии с использованием молекулярных маркеров, позволяет на предыдущих этапах селекционного процесса путем идентификации соответствующих участков хромосом прогнозировать наличие или отсутствие нужной признаки у будущего гибрида. Тестирование гибридов на заключительном этапе испытаний, например в регионах сильного проявления засухи, жары с использованием тензометрических методик дает возможность предложить производству наиболее ценные гибриды кукурузы.



Рис. 1. Плод кукурузы – зерновка
Fig. 1. Fruit kukurudzа - weevil

Украинский товаропроизводителю известна ряд таких гибридов: Адевей, ЛГ 3330, ЛГ 3350, ЛГ 2358, ЛГ 3255, ЛГ 3232. Об этом свидетельствуют результаты производства в засушливом 2010 и 2012 гг. в южной Лесостепи и Степи. Так, урожайность гибрида ЛГ 3232 в ОП ОХ «Александровское» Тростянецкого района Винницкой области в засушливом 2012 составила 8,8 т / га, или на 0,5-1,2 т / га выше, чем с гибридами других селекционных компаний.

В условиях жесткой засухи, которая получила распространение в юго-восточном регионе Украины в 2014 в ООО «Агроконтинент» Гуляйпольского района Запорожской области новый гибрид Адевей обеспечил урожайность 6,44 т / га. В этом же хозяйстве, а также в ООО НПП «Сортостанция» Вольнянского района Запорожской области гибрид ЛГ 3255 обеспечил урожайность более 5 т / га. В ряде хозяйств Кировоградской области (ДСП «Лекаревка» Александрійского района, ЗАО «Неоальянс» Нов-

городковского района, ООО АФ «Пятихатская» Петровского района) при остром дефиците влаги и высокой температуры воздуха гибриды кукурузы ЛГ 3258, ЛГ 3255, ЛГ 3330, ЛГ 3350 на производственных площадях позволили получить 6-7,5 т / га зерна [18-19; 21].

В условиях холодого стресса, который наблюдался в северных и западных областях Украины весной 2010, достаточно толерантными оказались гибриды Аальвито, ЛГ 3232, ЛГ 2244, Фантастик. После временного притупление роста указанные гибриды после восстановления температурного режима быстро вышли из стрессового состояния, восстановили рост и сформировали хороший урожай. Например, урожайность гибрида Аальвито в хозяйствах ООО «Лендком» в Бугском районе Львовской области и Радомышльском районе Житомирской составляла более 8,0 т / га. Гибрид ЛГ3232 в ООО «Крупец», Радивиливського района Ровенской области на площади 80 га обеспечил урожайность 9,6 т / га, в ООО «Триполье» этого же района на площади 120 га - 9,0 т / га, на отдельных полях более 10 т / га. Новые холодостойкие гибриды кукурузы ЛГ 3258 и ЛГ 3255, высеяны в ранние сроки (в первой декаде апреля 2014г.) В ЧОП «Ивановское» Тереховлянського и ООО «Украина» Подволочиского района Тернопольской области, вполне нормально завершили начальные этапы развития, сформировали мощные вилки и обеспечили урожайность более 11 т / га. Таким образом, в регионах, где наиболее чувствительными являются водные и высокотемпературные стрессы, предпочтение отдается устойчивым / толерантным гибридам кукурузы, таким как ЛГ 3232, ЛГ 3255, ЛГ 30288 Адевей, ЛГ 3330, ЛГ 3350 [18-19].

По частого проявления низкотемпературных стрессов лучшие результаты обеспечивает гибриды Аальвито, ЛГ 3232, ЛГ 3258, ЛГ 3255, Фантастик, Адевей [17-20].

Сейчас агрохолдинги, которые арендуют земли в разных регионах Украины, формируют единый машинно-тракторный парк и практикуют перемещения техники и сельскохозяйственных машин на сезонные работы из одного в другой производственного филиала. Это влияет на продолжительность сбора урожая. Ценовая ситуация тоже сказывается на периоде уборки.

В отдельные маркетинговые года расчеты свидетельствовали о нецелесообразности сбора урожая кукурузы, так как проведенные агротехнические меры не окупались доходами, полученными от его реализации. Поэтому при росте цен на зерно в течение маркетингового года повышается заинтересованность в сборе и реализации зерна. Учитывая растущий спрос мирового рынка, выращивание кукурузы будет экономически эффективным в следующих сезонах.

Зерно кукурузы используется на продовольственные цели (20%), технические (15-20%) и на фуражные (60-65%). По содержанию кормовых единиц зерно кукурузы преобладает овес, ячмень, рожь. Килограмм его содержит 1,34 кормовой единицы, 78 г переводимого протеина. Протеин представлен неполноценным зеин и глютелины, поэтому скармливать

зерно следует в смеси с высокопротеиновое корма. В зерне кукурузы 65-70% углеводов, 9-12% белка, 4-8% растительного масла (в зародыше до 40%) и лишь около 2% клетчатки. Содержатся витамины А, В₁, В₂, В₆, Е, С, незаменимые аминокислоты, минеральные соли и микроэлементы. Содержание белка невысокий, он дефицитный по некоторым незаменимыми аминокислотами, особенно по содержанию лизина и триптофана.

Кукуруза – основная силосная культура.



Рис. 2. Стебли кукурузы. Зеленая масса
Fig. 2. Stalks of corn. The green mass

По урожайности зеленой массы она превышает почти все кормовые культуры. Один центнер силоса, изготовленного из кукурузы в фазе молочно-восковой спелости, соответствует 0,22-0,24 К.е., а восковой-0,28-0,32 К.е. Содержание переводимого протеина - 1,4-1,8 кг. Силос кукурузы имеет хорошую переваримость и диетические свойства, богатый каротином. Вилки, заsilосовано в восковой или молочно-восковой спелости, это ценный концентрированный корм. В 1 ц его содержится до 40 К.е. и 2,6 кг протеина.

Кукуруза имеет важное значение в зеленом конвейере, обеспечивая животноводство зеленой массой, богатой углеводами и каротин. В 1 ц зеленой массы кукурузы, собранной до выбрасывания метелок, содержится 16 К.е. Листостебельная масса, остающаяся после уборки кукурузы на зерно, является хорошим грубым кормом, который по питательности почти не уступает ячменной и овсяной соломе. В 1 ц кукурузной соломы содержится 37 К.е., а в 1 ц размолотых стержней - 35 К.е.

Недостатком кормов из кукурузы является недостаточное содержание переводимого протеина. В силосе является 60-65 г протеина, в зерне 75-78 г на 1 К.е., при норме 100-110 г на 1 К.е. Это приводит к перерасходу кормов в 1,3-1,4 раза. Поэтому для сбалансирования рациона протеином, животным скармливают кукурузу вместе с бобовыми культурами.

Зерно кукурузы используется на продовольственные цели. Из него изготавливают более 150 пи-

щевых и технических продуктов: муку, крупу, хлопья, крахмал, сироп, глюкозу, спирт. Из 100 кг зерна получают 37-40 л спирта, на 3-5 л больше, чем из зерна других культур. Из зародышей зерна добывают ценную пищевую масло, которое обладает лечебными свойствами (уменьшает содержание холестерина в крови и предотвращает заболевание атеросклерозом). С стержней початков изготавливают фурфурол, лигнин, ксилозу, получают целлюлозу и бумагу. С 1 ц зерна можно получить 56 кг крахмала (или 60 кг фруктозы или 38 л спирта), 22,4 кг корма с содержанием протеина 21%, 5,2 кг глютенной муки и 2,7 кг кукурузного масла.

Кукуруза, как пропашная культура имеет важное агротехническое значения. При соблюдении требований агротехники она оставляет поле чистым от сорняков с разрыхленным грунтом. Возвращается значительная часть органики в виде корней и стеблевых остатков. Важным элементом биологизмами растениеводства является запахивания листостебельной массы при уборке и вывозе с поля только зерна кукурузы. На каждую тонну прооранной кукурузы в почву возвращается N16-17, P47, K30-37, Mg4. Запахивания 7 т листостебельной массы равноценно за поступлением элементов питания внесению 20-25 т навоза. Кукуруза - хороший предшественник для зернобобовых, яровых зерновых культур; хуже для озимых зерновых, так как после нее тяжелее качественно подготовить почву к посеву.

Итак, кукуруза - это одна из важных и высокоурожайных сельскохозяйственных культур: по урожайности она превышает наиболее распространенные зернофуражные хлеба и находит чрезвычайно разностороннее использование - дает ценные продукты питания для человека, лучше многообразием и питательности корма животным, является дешевым сырьем для промышленности и особенно богата углеводами. Эта культура почти не имеет отходов, так как используют зерно, листья, стебли, стержни начал и даже ее корни. Ценные свойства кукурузы проверены в течение многих веков народами разных стран. Ее по праву называют удивительной казной, золотым началом, чемпионом зерновых и кормовых культур, растением неограниченных возможностей.

Кстати, потенциал этой культуры используется лишь на 30-50%, поэтому в ближайшие годы ее урожайность планируют увеличивать за счет стабилизации посевных площадей и использования гибридов различных групп спелости. Важным резервом повышения урожайности зерна кукурузы также внедрение современных технологий, которые могут обеспечить использование новейших достижений селекции и семеноводства, химизации и механизации производственных процессов на основе точного биологического контроля за состоянием и развитием растений.

Выращивание кукурузы - энергоемкий процесс, поэтому вопрос уменьшения расходов энергоресурсов при различных технологиях выращивания является особенно актуальным. Наиболее влиятельными факторами в технологическом процессе выращивания этой культуры, которые достаточно заметно влияют на урожайность и качество зерна кукурузы,

способ основной обработки почвы, оптимизация агрофона выращивания и выбор гибрида.

ВЫВОДЫ

Использование адаптивных факторов для современных технологий выращивания кукурузы на зерно является самым доступным зимостойкости, с помощью которого в условиях недостатка материально-технических ресурсов можно регулировать уровень урожайности. В производстве ограничиваться гибридами одной селекции или гибридами одной группы спелости нецелесообразно. Для того чтобы уменьшить влияние погодных условий года, необходимо подбирать гибриды разных групп спелости для конкретной зоны выращивания.

Таким образом, внедрение достижений современной генетики и зональных технологических разработок являются главными рычагами борьбы с водными и температурными стрессами кукурузы. Их творческое сочетание позволит стабилизировать производство зерна и существенно ослабить зависимость от погодных условий.

Как видим, рынок кукурузы находится под влиянием различных факторов: политических решений правительств стран-производителей зерновых культур, климатических условий, позиций инвестиционных фондов, которые постоянно меняются, растущей экономики в азиатских странах. Прямо или косвенно вышеупомянутые факторы влияют на формирование мировых цен на кукурузу, а те, в свою очередь, на цены внутри страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Козубенко Л.В., Козубенко Л.В., Гурьева И.А. 2000.** Селекция кукурузы на раннеспелость. Харьков, 239. (Украина).
2. **Дзюбецкий Б.В., Черчель В.Ю., Антонюк С.П. 2001.** Селекция кукурузы. Генетика и селекция в Украине на рубеже тысячелетий. К: Логос, Т 4. 571-589. (Украина).
3. **Чупиков М.Н., Чупиков М.М., Овсянникова Н.С., Чернобай Л.Н. 2005.** Оценка стабильности урожая гибридов кукурузы различных групп спелости. Научные труды Крымского государственного агротехнологического университета. Сельскохозяйственные науки. – Симферополь, Вып. 91. 154-158. (Украина).
4. **Сотченко В.С., Сотченко В.С., Ивашенко В.Г., Горбачева А.Г., Сотченко Ю.В. 2009.** Селекция кукурузы на устойчивость к вредным организмам и засухе. Вестник защиты растений. Киев, № 2. 22-31. (Украина).
5. **Орлянский Н.А., Орлянская Н.А., Зубко Д.Г. 2005.** Селекция кукурузы на адаптивность и загущение посевов. Кукуруза и сорго. М., № 5. 2-4.
6. **Козубенко Л.В., Камышан Т.П., и др. 2007.** Селекция гибридов кукурузы различных групп спелости в Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева // Селекция и семеноводство. Харьков, №94. 3-10. (Украина).
7. **Фурсова К., Фурсов Д., Сергиив В. 2003.** Растениеводство (лабораторно-практические занятия) К. 15 (Украина).
8. **Козубенко Л. 2003.** Методические рекомендации полевого и лабораторного изучения генетических ресурсов кукурузы (второе издание). - Харьков: ИП, – 43. (Украина).
9. Методика Государственного испытания сортов растений на пригодность к распространению в Украине. 2003. Общая часть. Официальный бюллетень, №1. Ч.3. – 105. (Украина).
10. Методика проведения экспертизы и Государственного испытания сортов растений зерновых, крупяных и зернобобовых культур. 2003. Официальный бюллетень, – №2. – Ч. 3. – 241. (Украина).
11. **Gurieva I.A., Ryabchun V.K., Kozubenko L.V. 1994.** Classifier-directory of *Zea mays* L. Kharkiv, 73.
12. **Грисенко Г.В., Дудка Е.Л. 1980.** Методика фитопатологических исследований по кукурузе. Днепропетровск, 62. (Украина).
13. **Матийчук В.Г. 1989.** Вредоносность и видовой состав возбудителей гнилей кукурузы. Селекционно-генетические исследования кукурузы и сорго в Молдавии. Кишинев: Щтиинца, 102-110.
14. **Griffing V. 1950.** Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. Genetics. Vol 35. 303-321.
15. **Доспехов Б.А. 1985.** Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 351.
16. **Кирпа М.Я. 2003.** Устойчивость и качество семян кукурузы в процессе хранения. Бюллетень Института зернового хозяйства. № 21-22. 45-49. (Украина).
17. **Романенко М. 2015.** Агрономические аспекты стабилизации производства зерна кукурузы: №1-2 (296-297) Январь <<http://agro-business.com.ua/>> (Украина).
18. **Музафаров Н., Манько К., Музафаров И. 2012.** Кукуруза в севообороте - жди урожая. Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины: №10 (233): <<http://agro-business.com.ua/>> (Украина).
19. **Маслак А. 2013.** Рынок кукурузы: ценовые сюрпризы: №19 (266): <<http://agro-business.com.ua/>> (Украина).
20. **Пастарнак О. 2012.** Перспективы рынка кукурузы в Украине.: №7 (230): <<http://agro-business.com.ua/>> (Украина).
21. **Цехмейструк М., Музафаров Н., Манько К. 2014.** Аспекты выращивания кукурузы: №8 (279): <<http://agro-business.com.ua/>>.
22. **Bondarenko A., Polishkevych O. 2007.** Использование кукурузы в качестве альтернативного топлива. MOTROL, 9A, 99-103 (Украина).
23. **Завирюха Н. 2012.** Энергетические показатели процесса двохподпорного резания стеблей кукурузы. MOTROL, Vol. 14-№2 103-112.

MONITORING OF COMPETITIVE ABILITY AND PROSPECTS CORN GROWING IN UKRAINE

Summary. In the article the modern condition monitoring isnuyochoho, competitiveness crops of corn and its growing potential prospects in Ukraine; are examples of ways of promoting and future development of technology growing corn; Advantages over other crops of corn crops; The basic conditions multifaceted, diverse perspectives of distributing maize crops in Ukraine; given the need for new conditions, strategy development and improvement through learning and study new technologies of growing crops of corn. We consider the demand of recent years in the Ukrainian market on simple maize hybrids. We analyze manufacturing practices, indicating that simple hybrids are characterized by high productivity, adaptability,

disease resistance, uniformity of basic Morfobiologicheskoy and varietal characteristics.

Ukraine has reached the maximum scale development of the industry. More suitable for its cultivation is the climatic conditions of the forest-steppe.

Growing corn in the steppe zone is useful when applying irrigation. In 2013, Ukraine had exported and planned volumes of corn and entered the top three world exporters of grain. The reason for this is the use of high-yield seeds, which give higher yields and the spread of modern technology.

Production volumes affect the formation of a high export potential. Already expanding markets for maize in the EU, Asia and Africa. At this grain will always be in high demand in foreign markets. Asia, Middle East, Africa is increasing its imports. Therefore, it should be a Ukrainian corn.

Key words: corn, prospects dissemination, monitoring, culture, technology of cultivation.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Сергей Комарницкий

*Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: trteh@mail.ru*

Sergei Komarnitskiy

*Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: trteh@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты моделирования системы централизованной уборки ранних зерновых культур. Обосновано, что рекомендации по повышению эффективности производства зерна касаются в основном определения нужного комплекса машин для производства зерна, а из-за отсутствия в сельскохозяйственных предприятиях средств не могут быть быстро реализованы. Обоснованы составляющие комплекса первичной обработки и складирования зерна. Раскрыты причинно-следственные связи, характерные для функционирования уборочной системы, и которые нужно учесть при ее проектировании и в процессе управления уборкой. Обосновано, что снижение потерь зерна достигается благодаря технологической подготовке как комбайнов, так и транспортных средств к уборке урожая. Доказана необходимость использования статистического имитационного моделирования уборочного процесса для определения оптимального количества зерноуборочных комбайнов. Обосновано, что параметры уборочной системы зависят от характеристик потока заказов полей с созревшим урожаем на уборку, которые, в свою очередь, обуславливают характеристики потока собранного зерна. Показана зависимость уборочной системы от характеристики потока заказов полей с созревшим урожаем на уборку, которые, в свою очередь, обуславливают характеристики потока собранного зерна.

Ключевые слова: уборка, концептуальная модель, зерновые культуры, сезонная программа.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Развитие материального производства происходит на основе инженерной деятельности, которая является многогранной – от конструирования машин к управлению инжиниринговыми проектами. Еще недавно в Украине научно-инженерные проблемы аграрного производства сводились лишь к его механизации и электрификации. Сегодня, учитывая интенсивный научно-технический прогресс, что характерно для развитых в этой области стран, актуальность инженерной деятельности определяется уровнем решения проблем технологической эффективности производства – основы конкурентоспособности продукции. Они решаются благодаря инженерии – научно-инженерной деятельности, что обеспечивает системную эффективность научно-

технических достижений и применения в производстве [17].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известны методы определения сезонной нагрузки на зерноуборочный комбайн [7], а также идентификации конфигурации комбайнового парка в проектах уборки ранних зерновых культур [5-20] являются важными научными трудами для согласования указанных работ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью данной статьи является освещение результатов моделирования системы уборки ранних зерновых культур.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Сегодня достаточно много научно-инженерных предложений по повышению эффективности производства зерна, начиная с подготовки почвы под посев и заканчивая сбором урожая [20]. Большинство из них являются достаточно аргументированными и, безусловно, заслуживают внимания. Однако, эти рекомендации и проекты касаются в основном определения нужного комплекса машин для производства зерна, а из-за отсутствия в сельскохозяйственных предприятиях средств не могут быть быстро реализованы. Рассмотрим проблему несколько под другим углом зрения, в частности, повышения эффективности использования имеющегося технического потенциала для сбора и хранения зерновых культур. К сожалению, в большинстве сельскохозяйственных предприятий не уделяется должное внимание планированию уборки зерновых культур, а без него невозможно добиться эффективного использования имеющегося технического потенциала. Сегодня в учебниках по механизации сельского хозяйства и эксплуатации машин отсутствуют сведения о том, как разработать организационно-технологический проект уборки ранних зерновых культур в условиях ограниченных технических ресурсов того или иного сельскохозяйственного предприятия, не говоря уже о сборе зерновых культур комбайновыми комплексами предприятий МТС (машинно-технологических станций, обслуживающих кооперативов и т.д.). Рассмотрим общие научно-методические основания разработки таких проектов.

Первым этапом создания организационно-технологического проекта является концептуальное описание системы сбора зерновых культур. Оно нужно для того, чтобы учесть все важные для реализации проекта моменты уборки. Концептуальная модель уборочной системы разрабатывается за несколько последовательных этапов. На первом этапе определяются цели и задачи системы сбора зерновых. В частности, их можно обозначить как повышение эффективности сбора – обеспечение своевременности сбора при заданном техническом потенциале сельскохозяйственного предприятия, обоснование целесообразности привлечения к сбору зерноуборочных комбайновых комплексов МТС, а также определения площади будет собираться централизованно МТС. Для этого, в первую очередь, рассматривают такие составляющие системы как: 1) зерноуборочный комбайновый комплекс (ЗК); 2) транспортный комплекс (ТК); 3) комплекс первичной обработки и складирования зерна (СК); 4) звено технического обслуживания (ТО); 5) звено бытового обслуживания (БО); 6) контрольно-информационное звено (КИ).

Следующим этапом создания концептуальной модели системы сбора является детализация составляющих системы (N_r). Комбайновый комплекс состоит из определенного числа комбайнов r -й марки (N_a). Транспортный комплекс состоит из определенного числа a -й марки автомобилей и тракторных транспортных средств m -й марки (N_m).

В комплекс первичной обработки и складирования зерна входят открытые и закрытые площадки для хранения зерна, специальные складские помещения (кладовые), сушилки, веялки и сепараторы зерна, весы для взвешивания транспортных средств.

Звено ТО состоит из передвижных агрегатов технического обслуживания, комплекса запасных частей, необходимых инструментов, а также оборудования для выполнения ТО комбайнов, автомобилей, тракторов и оборудования, токов и тому подобное. Звено БО состоит из кухни, где должны готовиться обеды для комбайнеров и водителей (трактористов), набора посуды (в т.ч. термосов), транспортного средства. Ланка КИ должна иметь инструменты и приборы для определения урожайности зерновых, влажности зерна, объема собранной площади и тому подобное. Каждая из указанных составляющих должна иметь определенное количество исполнителей. Кроме того, важной составляющей уборочной системы является также звено управления уборкой, назначение которой – обосновывать и реализовать организационно-технологические операции по обеспечению эффективной уборки.

На третьем этапе создания концептуальной модели уборочной системы осуществляется выделение в ней сезонной программы сбора, а также предсказания возможного влияния агрометеорологических условий на ход уборочного процесса. Сезонная программа уборки характеризуется конечным множеством полей с теми или другими зерновыми культу-

рами, которые нужно собрать. Каждое из полей сезонной программы характеризуется площадью, средней длиной гона, наличием определенных препятствий (например, электрических столбов), рельефом. На каждом поле зерновая культура характеризуется: 1) временем созревания; 2) урожайностью; 3) соломистостью. 4) полеглостью. 5) засоренностью. Агрометеорологические условия характеризуются: 1) последовательностью погожих и ненастных промежутков времени (суток), в течение которых есть либо нет возможности осуществлять уборку; 2) агрометеорологически-допустимой продолжительностью выполнения уборочного процесса в течение того или иного дня, обусловленной повышением влажности воздуха, а также наличием росы. Поля с дозревшим урожаем и агрометеорологические условия уборки являются исходными данными, обуславливающие параметры уборочной системы.

Важным этапом создания концептуальной модели уборочной системы является выделение связей и управления функционированием ее составляющих. Главные связи делятся на предметные (материальные) и информационные и предоставляют возможность управлять системой. В частности, управление осуществляется каждой из составляющих системы во время ее проектирования, создания, а также в течение уборочного сезона и после его завершения.

Концептуальной моделью системы также предполагается рассмотрение технологических, транспортных, обслуживающих и контролирующих процессов. Каждый из этих процессов обусловлен определенными факторами и в конечном итоге совокупно формирует показатели эффективности (Y_n) функционирования уборочной системы – объем собранного и потерянного урожая. Эти показатели зависят от сезонной программы и агрометеорологических условий (X_g), а также от параметров (Z_i) системы и в неявном виде отображаются формулой:

$$Y_n = f(X_g, Z_i). \quad (1)$$

Раскроем причинно-следственные связи, характерные для функционирования данной системы, и которые нужно учесть при ее проектировании и в процессе управления уборкой. Прежде всего, следует помнить, что потери урожая (B_y) зависят как от технологического состояния (T_{cr}) каждой (r -й) машины, которая задействована в уборочном процессе, так и своевременности δt_{ky} уборки k -й культуры на γ -м поле:

$$B_y = f(T_{cr}, \delta t_{ky}). \quad (2)$$

Не останавливая внимания на особенностях влияния технологического состояния машин на потери (B_y), отметим, что снижение этих потерь достигается благодаря технологической подготовке как комбайнов, так и транспортных средств к уборке.

Значительные потери зерна несут предприятия от несвоевременного сбора зерновых культур, что приводит к их осыпанию. Собственно, параметры

системы (Z_i) определяются по критерию своевременности уборки.

Они делятся на параметры подсистем: 1) главной (Z_{zi}); 2) обслуживающей (Z_{oi}); 3) управленческо-контрольной (Z_{yi}). Параметры главной подсистемы состоят:

$$Z_{zi} : \{N_r, N_a, N_m, N_\theta, S_T, Q_k, N_c\}, \quad (3)$$

где: N_θ, N_c – соответственно количество весов для взвешивания транспортных средств и сушилок, ед.; S_T, Q_k – площадь тока для складирования зерна, поступающего от комбайнов, и объем закромов кладовых для его хранения, $m^2, т$.

Параметры обслуживающей подсистемы отображаются:

$$Z_{oi} : \{N_{aTo}, N_o, N_3\}, \quad (4)$$

где: N_{aTo}, N_o, N_3 – соответственно количество передвижных агрегатов ТО, оборудования и устройств для выполнения ТО и устранения отказов, запасных частей, ед.

Исходными данными для определения параметров указанных подсистем является сезонная программа уборки зерновых, которую характеризуют: 1) общая площадь посева ранних зерновых (S_c); 2) количество культур, которые нужно собрать (N_k); 3) объем посева каждой из них (S_k); 4) количество полей под каждой культурой (N_{jk}). Эти данные определяют характеристики потока заказов отдельных полей под зерновыми к выполнению уборочного процесса (рис. 1).

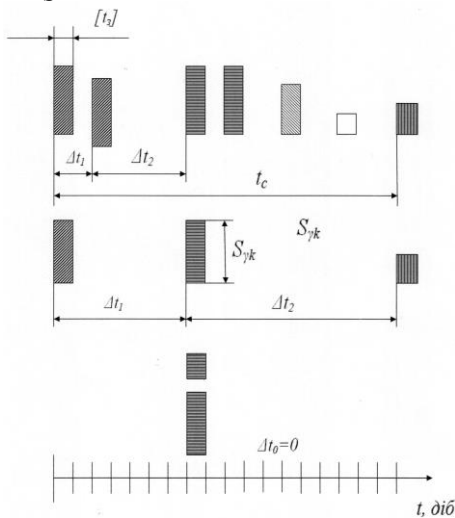


Рис. 1. Графическая интерпретация потока заказов полей на уборку для сезонных программ, состоящих: $[t_c]$ – агротехнически допустимая продолжительность уборки зерновых культур; $\Delta t_1, \Delta t_2$ – отклонение в сроках созревания зерновых культур на отдельных полях; S_{jk} – площадь γ -го поля с k -й культурой.

Fig. 1. Graphic interpretation of the flow of orders in the fields for seasonal harvesting program consisting: $[t_c]$ – acceptable duration of harvesting crops; $\Delta t_1, \Delta t_2$ – the deviation in the timing of maturation of crops on individual fields; S_{jk} – square field.

Очевидно, что при неизменной сезонной площади ($S_c = const$) лучшим для выполнения уборочного процесса будет поток (а), а худшим – поток (в). Именно характеристики потока следует учесть при обосновании параметров системы сбора зерновых, в частности, определение количества зерноуборочных комбайнов ($\sum N_r$):

$$\sum N_r = f'(\sum S_{jk}, \Delta n, t_c, \bar{W}_{ar}), \quad (5)$$

где: $\sum S_{jk}$ – сезонная суммарная площадь уборки зерновых, га; Δn – коэффициент, учитывающий неравномерность потока заказов; t_c – продолжительность сезона созревания зерновых, суток; \bar{W}_{ar} – средняя суточная производительность уборки зерновых одним r -м комбайном с учетом простоев из-за непогоды, га/сутки.

Для определения оптимального количества комбайнов используют статистическое имитационное моделирование уборочного процесса [5]. Технологически необходимое количество транспортных средств для транспортировки от комбайнов зерна на тока можно определить на основе грузооборота:

$$\sum N_a = f''(\sum \theta_{jk}, \Delta \epsilon, \bar{q}_o, \bar{L}_o), \quad (6)$$

где: $\sum \theta_{jk}$ – суммарный грузооборот зерна, ткм; \bar{q}_o – средняя грузоподъемность транспортного средства, т; \bar{L}_o – среднее расстояние перевозки зерна, км; $\Delta \epsilon$ – неравномерность грузопотока.

Важным параметром системы сбора зерновых является площадь токов (S_n). Она должна быть такой, чтобы в течение уборочного сезона выполнить первичную обработку зерна в объеме $\sum Q_{jk}$:

$$S_n = f'''(\sum Q_{jk}, \Delta \epsilon, t_c, \bar{Q}_o), \quad (7)$$

где: $\sum Q_{jk}$ – количество зерна k -й культуры на γ -м поле, т; \bar{Q}_o – средний суточный объем зерна, который перерабатывается 1 m^2 площади тока, т/ m^2 сутки.

Нередко площадки токов выполняют функцию складов для временного хранения зерна, имеющего соответствующую влажность. В этом случае нужно иметь дополнительные площади.

Неотъемлемой составляющей уборочной системы являются сушилки. Они позволяют собирать влажное зерно в сезоны, характеризующиеся погодой с избыточной влажностью воздуха.

ВЫВОДЫ

1. Анализ формул (5-8) утверждает, что параметры уборочной системы зависят от характеристик потока заказов полей с созревшим урожаем на уборку, которые, в свою очередь, обуславливают характеристики потока убранного зерна.

2. Нестабильность потока заказов полей на уборку является главной причиной нестабильности потока зерна, что учитывается концептуальной моделью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Абаев В.В. 2009.** Обоснование структуры комбайнового парка // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 4. – 7–8.
2. **Батенко Л.П. 2003.** Управление проектами. – М.: КНЭУ. – 231. (Украина).
3. **Брайловский М. 1978.** Моделирование транспортных систем. – М.: Транспорт. – 124.
4. **Быков Н.Н. 1981.** Расчет транспортных средств для перевозки продукции от уборочных агрегатов // Механизация и электрификация сельс. хоз-ва. – №11 – 33 – 35.
5. **Гайдуцкий П.И. 1997.** Возрождение МТС (Организация машино-технологичних станций в рыночных условиях) // Лобас-К.: НПАО «Агроинком». – 508. (Украина).
6. **Грибинюк А.Н. 1991.** Обоснование парка зерноуборочных комбайнов хозяйства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 4. – 15 – 16.
7. **Дименко К. 2010.** Анализ основных факторов недостаточной надежности отечественной зерноуборочной техники // Motrol, – Motorization and energetics in agriculture. – Lublin. A12. – 108-117.
8. **Колосова Е.В. 2000.** Методика освоения объема в оперативном управлении проектами // Под ред. Е. В. Колосова. – М.: НИЦ «Апостроф», – 156.
9. **Комарницкий С. 2010.** Классификация работ в проектах уборки зерновых культур // Вестник Львовского национального аграрного университета. – №14. – 72 – 77. (Украина).
10. **Логин А.Д. 1981.** Исследование технологических основ интенсификации комбайновой уборки зерновых культур в условиях лесостепной зоны Сибири: автореф. дис. д-ра техн. наук. – Новосибирск. – 35.
11. **Панюра Я.И. 2010.** Методы и модели управления реализации сезонной программы централизованной уборки ранних зерновых культур. Автореферат диссерт. кандидат. техн. наук. – Львов – 18. (Украина).
12. **Пасечная Л.Д. 1988.** Методические основы определения технического оснащения уборочных работ: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства». – Краснодар, – 16.
13. **Погорельый Л. 2002.** Концепция ускоренного решения проблемы обеспечения сельскохозяйственного производства Украины зерноуборочной техникой // Техника АПК. – №7-9. – 6 – 15. (Украина).
14. **Сидорчук А., Спичак В., Сенчук С. 2003.** Особенности исследования систем уборки урожая сельскохозяйственных культур // Вестник Львовского государственного аграрного университета: Агроинженерные исследования. – № 7. – 35 – 42. (Украина).
15. **Сидоренко О. 2005.** Метод определения потерь урожая сельскохозяйственных культур вследствие несвоевременного выполнения механизированных процессов растениеводства // Motrol, – Motorization and energetics in agriculture. – Odesa. Tom 7, No 2. – 86-91.
16. **Сидорчук А.В., Сенчук С.Г., Бурилко А.В., Панюра Я.И. 2005.** Анализ и обоснование содержания моделей синтеза факторов зерноуборочного процесса // Технично-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины: сб. научн. работ УкрНДИПВТ. – Исследовательское. – Вып. 8 (22), кн. 1. – 42 – 50. (Украина).
17. **Сидорчук А. 2007.** Инженерия машинных систем: монография // К.: ННЦ «ИМЕСГ» УААН, – 263. (Украина).
18. **Сидорчук Л.Л. 2008.** Идентификация конфигурации парка комбайнов в проектах систем централизованной уборки ранних зерновых культур: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.13.22 «Управление проектами и программами». – Львов. – 18. (Украина).
19. **Табашников А.Т. 1983.** Повышение производительности зерноуборочного комбайна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 9. – 5 – 6.
20. **Цип Е.И. 2002.** Сезонная программа комбайна и риск в процессе централизованной уборки ранних зерновых: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.13.22 «Управление проектами и развитие производства» – Львов, – 18. (Украина).

CONCEPTUAL MODEL OF GRAIN CROPS HARVESTING

Summary. The paper presents results of the simulation system of centralized collection of early crops. It is proved that the recommendation to improve the efficiency of grain production mainly concern the definition of the desired set of machines for the production of grain, due to lack of funds for agricultural enterprises cannot be quickly implemented. It is proved that the seasonal cleaning program is characterized by a finite set of fields or those other crops that need to be collected. It is proved that the reduction in grain loss is achieved through the preparation process as the harvesters and vehicles to harvest. The necessity of using a statistical simulation of harvesting process to determine the optimal number of combine harvesters. It is proved that the parameters of the harvesting system depends on the characteristics of the flow of orders from the fields to harvest ripe crops, which, in turn, determine the flow characteristics of the harvested grain. Dependence on the harvesting system characteristics of the flow of orders ripened harvest fields of the collection, which, in turn, determine the flow characteristics of grain harvested.

Key words: collection, conceptual model, cereals, seasonal program.

ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА СРОК ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА

Николай Палилюлька¹, Виталий Подлесный¹, Олег Ткач¹, Станислав Сосновский²
Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: v.pidlisnyj@mail.ru

Nikolai Palilyulka¹, Vitalij Pidlisnyj¹, Oleg Tkach¹, Stanislaw Sosnowski²
Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: v.pidlisnyj@mail.ru
²*Zheshov University*
St. Cviklinskiej, 2, Zheshov, Poland

Аннотация. В статье рассматриваются срок хранения высококачественного зерна, определение его хозяйственной долговечности и жизнеспособности. Установлено, что способы и режимы сушения влияют на технологические качества зерна во время его хранения. Пониженная влажность и температура зерна, которые являются основными факторами, влияющими на долговечность зерна при длительном хранении повышают технологические качества зерна и жизнеспособность посевного материала во время его хранения.

Химический состав и физиологический процесс, который протекает в зерновой массе, существенно влияет на срок его хранения.

Так, зерно мелкой фракции при хранении отличалось повышенной интенсивностью дыхания и гидролизом веществ. В результате таких процессов к окончанию срока хранения снижалось содержание сахара в зерне, а кислотное число повышалось.

Ключевые слова: зерно, жизнеспособность, влажность, температура, схожесть, долговечность, зернохранилище.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Хранение зерна – не менее важная операция, чем его выращивание. На работы, связанные с подготовкой зерна к хранению и, собственно, хранения, тратится 40-70% энергоматериалов (топливо, электроэнергия) от общей потребности.

Хранение должно быть таким, чтобы не допустить потерь продукции и ухудшение ее качества. Хранение имеет и экономический механизм, а именно: в течение определенного периода рыночная стоимость зерна, как водится, растет, поэтому формируется и дополнительную прибыль.

По оценкам экспертов ООН потенциал сельского хозяйства в Украине используют на 30% в условиях экономического кризиса сельскохозяйственные производители будут стремиться к максимальному расширению посевных площадей наиболее рентабельных культур и снижения расходов на их выращивание. К наиболее рентабельным культурам в последние годы относили зерновые культуры, подсолнух, рапс, соя [9, 12-13, 20].

Украина может реально производить больше 100 млн. тонн зерна. Только здесь маленькое "но".

Производить она, возможно, и может, а что потом с выработанным зерном делать? Да, при нынешнем урожае зерна в Украине 63 млн. тонн (на 40 млн. тонн меньше) нет куда деть до 30 млн. тонн зерна, которое хранят на "не сертифицированных зернохранилищах", – это эвфемизм "под открытым небом" [5-10].

Следует также иметь в виду, что существующая технология применяется для технологии "полеток-элеватор", не отвечает требованиям и производственным условиям рыночной экономики.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Подготовка зерна к хранению – это своевременная уборка урожая при оптимальной влажности, очистка его от семян и остатков сорняков, не спелых зерен и других примесей, сортировки и просушки. Свежее зерно хранят отдельно от зерна прошлых лет, семенное – отдельно от продовольственного и фуражного.

Зерно с разной влажностью следует складировать отдельно: сухое (до 14% влажности), средней влажности (14,1-15,5%), влажное (15,6-17%), сырое (17,1-19% влажности) [1-4, 14-15].

Смешивание зерна разной влажности в одну партию может повлечь самосогревание и создать благоприятные условия для развития вредных насекомых, клещей и возбудителей плесени.

Для профилактики населенности вредителями существенное значение имеет влажность зерна, поэтому нужно его просушивать к влажности 13%, а во время подготовки к длительному хранению – на 1,0-1,5% ниже [16, 18].

Выращивание зерновых культур есть достаточно сложный, трудоемкий и расходный процесс. В Украине говорят: " Не той хліб, що у полі, а той, що в коморі ". Но и это не совсем так. Ведь на собранное зерно с нетерпением ожидают многочисленные нахлебники. Это вредители хлебных запасов – насекомые, клещи, мышевидные грызуны, птицы. Они есть, были и будут чрезвычайно прожорливыми, нанося колоссальные убытки, иногда скрытые от наших глаз [17].

Ежегодно при хранении зерна благодаря амбарным вредителям теряется от 5-10% до 30% и больше собранного зерна [7].

При умелом сочетании профилактических и истребительных мер, возможно уменьшить потери зерна. Основой хранения зерна является подготовка складских помещений и инвентаря к приему нового урожая, так как амбарных вредителей в поле нет. Есть только две причины появления в зернохранилище вредителей зерна: первая – они были в помещении; вторая – они были завезены вместе с зерном. Для того, чтобы исключить вторую причину, необходимо тщательным образом проверять завезенное зерно перед засыпанием в помещение. А, чтобы не допустить первой причины, помещения должны быть тщательным образом очищены от зерновых отходов, мусора и др. Помещения проветривают, просушивают, замазывают щели, окна, проверяют и ремонтируют крышу, проводят побелку раствором хлорной извести и химическую дегазацию.

Если, дегазацию проводят способом фумигации (газом), хранилища должны быть тщательным образом герметизированы. Иначе газ выйдет наружу, а вредители останутся живыми [16, 18].

Качество зерна, при хранении, предназначенного для производства продуктов питания и кормов зависит именно от этих биологических составляющих. В зерновой массе при нарушенных режимах хранения активно проходят физиолого-биохимические и микробиологические процессы, свойственные только живым организмам. К ним относятся: дыхание, плесневение, самосогревание и, как следствие, загрязнение микотоксинами; зараженность и загрязненность зерна продуктами жизнедеятельности вредителей хлебных запасов; послеуборочное дозревание и старение зерна.

Интенсивность этих процессов зависит от: начального качества зерна; разнокачественности зерна по влажности; температуры и засоренности; относительной влажности, температуры и состава окружающего воздуха, воздуха межзернового пространства; целостности зерновки; теплофизической характеристики конструкций зернохранилищ [1, 6-7, 10-11].

В Украине производят более 10 млн. тонн зерна пшеницы. Основная масса зерна имеет продовольственное назначение, и используют его на протяжении 12-15 месяцев. Страховые семенные фонды и зерно резервов (техническое, продовольственное) хранят больше двух лет. Поэтому, проблема изучения изменения качества зерна в процессе длительного его хранения является достаточно актуальной [7, 8, 19].

С появлением новых форм собственности значительная масса зерна остается в виде региональных, коммерческих и хозяйственных ресурсов у производителей. Производители зерна не спешат сразу после сбора урожая продавать свое зерно, выжидают высших цен, ищут выгодного покупателя. Иногда это растягивается на месяцы, а в некоторых случаях и на годы.

Запасы зерна, которые находятся на элеваторах, хлебоприемных предприятиях и в хозяйствах,

могут храниться длительное время в виде продовольственного резерва, семенного страхового фонда, не реализованных переходных остатков. Их срок хранения бывает разным в зависимости от назначения и качества зерна, а также спроса на него. Кроме того, хранение зависит от свойств самой культуры, ее долговечности [2].

Период, в течение которого зерно и семена сохраняют свои потребительские качества (посевные, технологические, продовольственные), называют долговечностью. Различают долговечность биологическую, хозяйственную и технологическую.

Биологическая долговечность зерна и семян означает промежуток времени, в течение которого в партии или образцу их хранятся, способны к прорастанию хотя бы единичные семена. Особое значение для практики имеет хозяйственная долговечность зерна и семян, то есть период хранения, в течение которого их сходство остается кондиционной и отвечает требованиям государственного нормирования. Технологическая долговечность - это срок хранения товарных партий зерна, в течение которого они не теряют своих качеств для использования на пищевые, фуражные и технические. Технологические свойства зерна хранятся дольше, чем семена.

По биологической долговечностью семян все растения делятся на микро-, мезо- и макробиотики. Первые сохраняют всхожесть от нескольких дней до 3 лет, вторые - от 3 до 15 лет, третьи - от 15 до 100 лет. Семена большинства сельскохозяйственных растений относятся к мезоби-отики и сохраняют всхожесть при благоприятных условиях в течение 5-10 лет.

Знание биологической долговечности различных культур представляет большой интерес с научной точки зрения, так как позволяет исследовать постепенное изменение жизни клеток. Знание хозяйственной и технологической долговечности необходимо для своевременного обновления государственных семенных и продовольственных фондов.

К числу физиолого-биохимических процессов, которые проходят непосредственно в самом зерне относится послеуборочное дозревание, которое наблюдается в первые три месяца хранения. При соблюдении благоприятных условий хранения (низкая относительная влажность воздуха – 75%, насыщения межзернового пространства кислородом, позитивная температура) послеуборочное дозревание сопровождается синтезом высокомолекулярных запасных веществ (белки, углеводы, жиры), которые улучшают питательные свойства зерна [4, 10].

При длительном хранении зерна в сухом состоянии, особенно при высоких температурах (25⁰С и выше) наблюдается его старение. Для основных зерновых культур предельно допустимый срок хранения при начальной влажности не больше 13% составляет от 4 до 6 лет.

Специалистам, которые занимаются хранением зерна, необходимо четко представлять физические свойства зерна, на которых базируются технологические приемы, которые применяются для обеспечения стойкости зерна при хранении, улучшение его

качества, предупреждения количественно-качественных потерь. К ним относятся такие физические свойства зерна и зерновой массы: сорбционные в том числе гигроскопичные свойства зерна; теплофизические свойства зерна и зерновой массы (теплоемкость, теплопроводимость, термовологодиффузия, термостойкость зерна), гранулометрический состав, физико-механические свойства, морфолого-анатомическое строение зерна, состояние его поверхности; сыпучесть, скважистость и самосортирования зерновой массы.

Однако, долговечность имеет достаточно переменные свойства и в значительной степени зависит от комплекса факторов: погодно-климатических условий и агротехники выращивания зерна, технологии сбора урожая, послеуборочной обработки и хранения зерна. Существуют также индивидуальные сортовые отличия в пределах самой культуры, исходя из чего, разные сорта или гибриды проявляют не адекватную стойкость при хранении. По этой причине, становится понятным отсутствие научно обоснованных нормативов на хранение зерна в зависимости от его назначения, качества и длительности хранения [3, 11, 14].

Следовательно, проблема хранения зерна и его долговечности существует постоянно. Она связана с необходимым или вынужденным образованием запасов, их использования, переработкой и качеством продукции. Проблема должна разрешаться по двум направлениям: к первому относится применение таких способов и режимов, которые обеспечивают длительное хранение зерна, ко второму – его специальная подготовка на разных стадиях с помощью технологических приемов очистки, сортировки, сушения.

Существенная научная и практическая заинтересованность возможна изучением максимально возможных сроков хранения жизнеспособного зерна. Сообщается, что схожесть семян выше 90% может храниться в течение 9 лет [7].

В зерне (2012 года), выращенного в условиях Западной Лесостепи Украины выявлены изменения товарного, технологического и посевного качества сухого зерна, которое хранилось в условиях зернохранилища, где температурно-влажностные параметры не регулировались [12]. Общая длительность хранения составляла 34 месяцев. Зерно через три недели после сбора урожая анализировали по показателям в соответствии требованиям стандарта ДСТУ 3768-04 на пшеницу продовольственную (влажность, натура, содержание белка и сырой клейковины, качество клейковины), а также по показателям, которые определяют уровень жизнеспособности зерна (схожесть, энергия прорастания и способность к прорастанию).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализ и выявление изменений товарных, технологических и посевных качеств зерна при длительном хранении его в условиях зернохранилищ.

Поиск мероприятий по ограничению потерь качественных показателей зерна при длительном хранении.

Обосновать факторы влияния на ограничение естественной убыли зерном при длительном его хранении.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Прежде чем привести какие-либо данные, представляющие практический интерес, сразу оговоримся, что определяющее значение в этих сроках имеет исходное качество семян, условия их хранения, и прежде всего влажность и температура. Безусловно, низкая влажность семян – одно из определяющих условий их длительного хранения. Не менее важное значение имеет температура хранения и газообмен.

Лучшими условиями хранения можно считать влажность семян на 2-3% ниже критической, постоянную относительную влажность воздуха не выше 70% и низкие температуры хранения (0-5°C). Так как при хранении в производственных условиях семена подвергаются воздействию колебаний температуры и влажности воздуха, данные по долговечности семян, хранившихся в лабораторных условиях, нельзя переносить в производственные условия.

Анализ данных показал, что погодно-климатические условия и место выращивания в значительной степени влияют на уровень жизнеспособности зерна при хранении. При этом наиболее значительным было влияние гидротермического фактора, которое сложилось в период вегетации растений, формирования и дозревания зерна. Так схожесть зерна кукурузы, как основного показателя ее жизнеспособности повышалась в годы со значением гидротермического коэффициента 0,69-0,84 в период вегетации и 0,32-0,61 в период дозревания к фазе полной спелости. Такое зерно отличалось повышенной жизнеспособностью и хозяйственной долговечностью при хранении по сравнению с урожаем, полученным при значении гидротермического коэффициента выше 1.

Из группы технологических приемов послеуборочной обработки на жизнеспособность в наибольшей мере значения имели процессы сушения, очистки, сортировки и калибрования. Опытным путем установлено, что способы и режимы сушения по-разному влияют на посевные и технологические качества зерна во время его хранения. При мягких тепловых режимах сушения и вентилирования получили зерно высшего качества с более длительным хранением. После повышения температуры и быстрого сушения жизнеспособность зерна, особенно семенного, к хранению снижалась. Например, снижение схожести семян складывало вначале 4-6%, а после трех лет хранения 8-14%. В результате очистки и калибрования получили фракции зерна с разной крупностью, жизнеспособностью и качеством при хранении. К более крупным и жизнеспособным относились I-III фракции, от которых к окончанию срока хранения было высшее сходство семян на 8-10% в сравнении с зерном IV фракции.

Химический состав и физиологический процесс, который протекает в зерновой массе, объясняется разной жизнеспособностью фракций. Исследованиями установлено, что зерно мелкой IV фракции при хранении отличалось повышенной интенсивностью дыхания и гидролизом летательных веществ. В ре-

зультате таких процессов к окончанию срока хранения у мелкого зерна снижалось содержание сахара на 11,4-21,6%, а кислотное число повышалось в 1,1-1,3 раза [7, 9, 11].

Дополнительным приемом повышения жизнеспособности и качества фракций была их сортировка по удельному весу. За счет такого возделывания отделялось легковесное зерно, не стойкое при хранении, потому в целом схожесть после него повышалась на 4-6%. Влажность и температура зерна при хранении относятся к основным факторам, которые продолжают его долговечность. Исследованиями установлено, что при низкой влажности зерна хозяйственная долговечность продлилась до трех лет.

Этот показатель становился за счет стабильного сухого состояния зерновки, останки в ней процесса сорбции или десорбции водяных паров, какие ведут, как правило, к быстрой потере качеств зерна. Так, при открытом хранении влажность зерна складывала 10-14%. При таких условиях жизнеспособность зерна на уровне хозяйственной долговечности проходила в течение трех лет.

В зерне урожая 2012 года выращенного в условиях Западной Лесостепи выявлены изменения товарного, технологического и посевного качеств сухого зерна, которое хранилось в условиях зернохранилища.

Теория и практика хранения должна решаться, прежде всего, с учетом комплекса факторов не в нарушение научно обоснованного размещения выращивания конкретной культуры, ее сортовую агротехнику, технологию уборки урожая, подготовки и, собственно, самого хранения.

ВЫВОДЫ

1. Проанализировано изменения товарных, технологических и посевных качеств зерна при длительном хранении его в условиях зернохранилищ.

2. Разработаны мероприятия по ограничению потерь качественных показателей зерна при длительном хранении.

3. Обосновано факторы влияния на ограничение естественной убыли зерном при длительном его хранении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бартон Л. 1964.** Хранение семян и их долговечность. – М.: Колос, 240.
2. **Вобликов Е.М. 2003.** Технология хранения зерна. – СПб.: Лань, 448.
3. **Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А., 1980.** Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 304.
4. **Егоров Г.А. 1985.** Технологические свойства зерна. – М.: "Агропромиздат", 334.
5. **Казаков Е.Д., Кретович В.Л. 1980.** Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 342.
6. **Карпов Б.А. 1987.** Технология послеуборочной обработки и хранения зерна. – М.: Агропромиздат, 288.
7. **Кирпа Н.Я. 2008.** Хранение зерна и факторы его долговечности // Хранение и переработка зерна. Днепропетровск. № 3, 31-33.
8. **Kischak I. 2011:** Components of support of agricultural enterprises industrial hardware / I.

Kischak, V. Havrysh, A. Kulik. – Motrol. 13A, 153 – 159.

9. **Мачихина Л., Алексеева Л., Львова Л. 2007.** Составляющие системы хранения зерна // Агроном. № 2, 76-78.
10. **Подлесный В.В., Варфоломеев А.И., Соколенко А.И., Шевченко А.Ю., Поддубный В.А. 2008.** Физико-химические явления в массообмене при увлажнении зерна / Пищевая и перерабатывающая промышленность. – Киев. – № 1, 18-19. (Украина).
11. **Подлесный В.В. 2012.** Определение теплотехнических параметров кондиционирования воздуха Хранение и переработка зерна. Киев. № 9, 45-47. (Украина).
12. **Скалецкая Л.Ф., Савчук Н.Т., Носиковский В.А. 2008.** Влияние режимов и продолжительности хранения зерна озимой пшеницы сорта Киевская 8 на ее качество. // Агроном. №4, 92-95. (Украина).
13. **Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л. 2001.** Справочник специалиста пищевых производств. Книга 1. Механика. / Под ред. Соколенко А.И. – К.: АртЭк, 304.
14. **Стабников В.Н., Лысянский В.М., Понов В.Д. 1985.** Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 503.
15. **Теленгатор М.А. 1980.** Обработка и хранение семян / М.А.Теленгатор, В.С.Уколов, И.И. Кузьмин. – М.: Колос, 272.
16. **Терещенко Б., Токарчук Г. 2008.** Зерно и вредители в амбаре - несовместимы // Предложение. № 7, 93-95. (Украина).
17. **Терещенко Б.А., Токарчук Г.А. 2008.** Скупой платит дважды. // Хранение и переработка зерна. Днепропетровск. № 6, 36-37.
18. **Трисвятский Л.А., Лесик Б.В., Курдина В.А. 1991.** Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. – М.: Колос, 260.
19. **Юкиш А.Е., Ильина О.А. 2009.** Техника и технология хранения зерна. – М.: ДеЛи принт, 718.
20. **Stepanenko S. 2012.** Osobennosti modelirovanija processov separacii zerna v uslovijah zernotoka hazjajstva. Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, – Tom 14, 3. 148-157.

JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF FACTORS ON THE GRAIN STORAGE

Summary. The article deals with the problems of the retention cycle of high-quality grain and the determining of its economic longevity and vitality. It is found out that methods and conditions of drying affect the technological qualities of grain during its storage. Low humidity and temperature of the grain, which are the main factors affecting the longevity of long-term storage of grain increase the technological quality of grain and seed viability during its storage.

The chemical composition and physiological process that occurs in the grain mass, affects its retention cycle significantly.

For example, the fine fraction grain in storage has been characterized by increased respiration rate and hydrolysis agents. In such processes till the end of the retention cycle the content of sugar in the grain has been reduced and the acid number has been increased.

Key words: the grain, the vitality, the humidity, the temperature, the similarity, the durability, the granary.

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА

Виталий Подлесный

*Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: v.pidlisnyj@mail.ru*

Vitalij Pidlisnyj

*Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: v.pidlisnyj@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются процессы кондиционирования воздуха в системах проращивания солода, связаны с протеканием массообмена в системах "кондиционированный воздух - зерно" и особенностями аэродинамики.

Переход к вопросам, связанным с кондиционированием воздуха, был обусловлен определением тепловых и материальных потоков, сопровождающих процессы проращивания солода. Сферой научных интересов при этом был влажный воздух, на который распространяются законы идеальных газов и закон Дальтона. Считалось, что течениями процессов подготовки и взаимодействия воздуха с зерновой массой, соответствует I-d диаграмма влажного воздуха.

Математическое описание этих процессов осуществляется на основе известных соотношений термодинамики, фазовых переходов, сочетания тепловых и массообменных процессов сорбции и десорбции жидкостями газов и тому подобное.

Решение задачи в направлении ограничения энергетических затрат в процессах солодоращения ищут на пути рециркуляции воздуха. При этом впервые формулируется подход, связанный с изъятием диоксида углерода с рециркуляционной части воздуха в камерах кондиционирования.

Ключевые слова: аэрация, рециркуляция, диоксид углерода, кондиционирования воздуха, солод.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Углубленный анализ процессов, которые происходят при кондиционировании воздуха, особенное значение имеет при экспериментальных температурах зимнего и летнего сезонов. При этом особенного внимания заслуживают режимы рециркуляционного использования воздуха, которые по своим температурным показателям и относительной влажности приближены к номинальным значениям [1-8].

Однако результатом биохимических процессов является поглощение кислорода и выделение CO₂, которое приводит к изменениям химического состава воздуха и обслуживает определенным образом уровень рециркуляции.

Тонкий слой проращиваемого солода находится в естественном контактировании с воздухом лишь на токовых солодовнях. Во всех иных случаях

солод располагается на перфорированных ситах в слое до 1,5 м. Количество воздуха, который подается на аэрацию должно обеспечить ход всех жизненных процессов. В рекомендациях [7, 9-10, 12, 17, 19] приводятся данные относительно расходов воздуха от 300 до 700 м³ на 1 тону ячменя за 1 час. Не вызывает сомнения то, что эти данные являются обобщением значительного количества эмпирических показателей, однако в физической сути в них запрограммированная ошибка. Она связана с тем, что этой характеристикой уровня аэрации никак не учитывается такой важный показатель, как высота слоя зерна и ее соотношения с двумя другими геометрическими габаритами.

В литературных источниках касательно последнего имеют место лишь общие рассуждения без попыток предоставить какую-то аналитическую информацию [1-8, 15-18], хотя ход процессов на основе диаграммы I-d дает приближение к реальным на достаточно высоком уровне.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Оценка возможного максимального уровня рециркуляции воздуха связана, как минимум, с двумя требованиями. Первая и главная из них – это соответствие кондиционированного воздуха технологическим запросам. Второй за требованием является минимизация энергетических расходов.

В определении последних и попытках минимизировать энергетические расходы в большинстве случаев выбирается ориентир на рециркуляцию воздуха [1, 3-4, 6-7, 9]. Такой принципиальный выбор имеет под собой термодинамическую почву, а также то обстоятельство, что он может быть задействованным практически на существующей материальной базе. Относительно небольшое осложнение имеет место в случаях использования ящичковых солодовень и солодовень "передвижная грядка", поскольку в помещениях исходные потоки воздуха в этих случаях имеют полное перемешивание, хотя в дальнейшем такой недостаток нивелируется за счет индивидуальной обработки воздуха по каждому из ящичков [11-12].

Невзирая на возможность исключения CO₂ на уровнях, которые не мешают солодоращению, ре-

циркуляция не может складывать 100%, поскольку концентрация кислорода все время имеет тенденцию к уменьшению. Поэтому подмешиванием свежего воздуха необходимо компенсировать ту часть O_2 , которая поглощается в процессе аэрации. При этом следует учитывать, что кислород является малорастворимым газом касательно воды и основная его часть попадает к зерновке через жидкостную пленку на них.

Очевидно, что в методе энергосбережения за счет рециркуляции воздуха важным преимуществом является приближение его температуры и относительной влажности к номинальным, которые отвечают требованиям аэрации.

Не меньшего внимания заслуживает стабилизация входных параметров воздуха за счет теплообмена его входного и исходного потоков.

Поскольку теплообмен касается двух достаточно значительных потоков воздуха, то его реализация может быть осуществлена за счет использования устройства по публикации [12-14].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Оценить возможность изъятия диоксида углерода с рекуперативной части воздуха за счет сатурации воды в камерах кондиционирования.

Обосновать возможные направления ограничения энергетических затрат связанных с кондиционированием воздуха, с воздействием на них показателей рециркуляции в процессах солодоращения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В соответствии с технологическими регламентами предусматривается ступенчатое изменение температур солода от 12 до 17-18° С. Это изменение имеет приблизительно суточное отражение. Начальная температура воздуха на 1,5-2° С меньше температуры проращиваемого солода. Поэтому традиционно для солода каждых суток проращивание необходимо обеспечить конкретное значение температур воздуха при $\varphi = 100\%$. Это положение требует использования камер кондиционирования воздуха в количестве, которое отвечает числу суток проращивания. Отработанные потоки воздуха в большинстве случаев смешиваются в отводных коллекторах или в помещениях солодовень. В дальнейшем целесообразно решать вопрос о рациональных соотношениях рециркуляционных режимов [16-18].

При использовании барабанных солодорастиельных аппаратов существует возможность другой системы аэрации, которая бы предусматривала последовательное перепускание входного потока воздуха через несколько или даже все восемь барабанов (рис. 1). При предложенной схеме в эксплуатации находится одна камера кондиционирования (КК) воздуха и одновременно существует возможность использования рекуперации части воздушного потока.

Начальная подготовка воздуха (с охлаждением или нагреванием) осуществляется за счет использования теплохолодильной установки (ТХУ).

Энергетические расходы, связанные с нагреванием или охлаждением входного воздушного пото-

ка, складывают весомую долю общих энергетических потребностей.

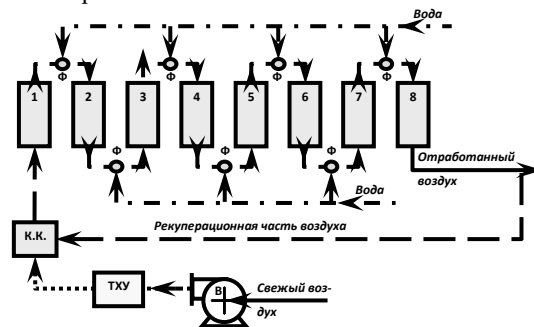


Рис. 1. Схема аэрации барабанной солодовни: 1-8 – барабаны; К.К – камера кондиционирования; ТХУ – теплохолодильная установка; В – вентилятор; Ф – форсунки

Fig. 1. Scheme aeratsyy barabannoy malt: 1-8 – drums; КК – Camera and air conditioning; ТХУ – teplohoolodylna installation; В – fan; F – jets

Использование рекуперационных режимов позволяет сократить их на 60-75% по сравнению с работой без энергохранящего приема [7]. Однако часть рекуперационного потока воздуха ограничивается в связи с обеспечением доставки кислорода и отведения CO_2 , генерирующего за счет разложения органических соединений сухих веществ (СВ). Диоксид углерода, как газ с большей объемной массой сравнительно с азотом и кислородом, остается в зоне его синтеза, а с началом аэрации за счет механического перемешивания переходит к газовому потоку. В связи с этим в рекуперационной части воздуха уменьшается часть кислорода и увеличивается часть CO_2 . В интересах ограничения энергетических расходов уровень рекуперации целесообразно повышать, однако изменение химического состава воздуха такое повышение лимитирует.

Частичного решения, связанного с исключением диоксида углерода из рекуперационной части потока воздуха, достигают за счет введения его в камеру кондиционирования (рис. 1). Для улучшения уровня сорбции CO_2 предлагается общий объем камеры кондиционирования разделить на две части, в которых происходит отдельно взаимодействие газовых потоков с распыленной мелкодисперсной фракцией воды (рис. 2).

Распыление воды осуществляется через форсунки, смонтированные в верхней части обеих зон, а подведение воздуха осуществляется из нижних частей. Результатом такой компоновки является реализация противотока и улучшенный уровень массообмена. Отведение остатков воды из нижних частей обеих зон осуществляется через гидрозатворы, которые обеспечивают первичное взаимодействие входных воздушных потоков с водой на уровне барботажа. В сорбционной зоне камеры происходит исключение CO_2 из воздуха и насыщения последнего к относительной влажности $\varphi = 100\%$.

В верхней части КК осуществляется смешивание двух газовых потоков. Кроме того, в нижней части сорбционной зоны происходит массообмен и сорбция диоксида углерода за счет барботажа и за

счет массопередачи через поверхность разделения жидкостной и газовой фаз.

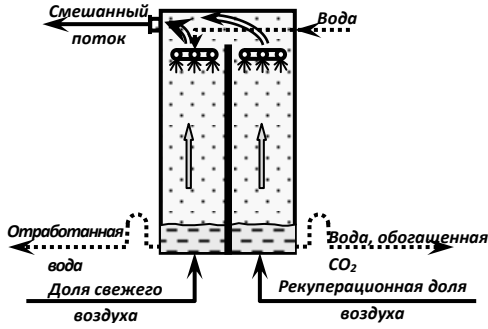


Рис. 2. Схема камеры кондиционирования с секцией сорбции CO_2

Fig. 2. Scheme kamery air conditioning with CO_2 sorbtsy end Sections

Определим соотношения материальных потоков, при которых осуществляется сорбция CO_2 оросительным потоком воды [8-10]. Известно, что количество образуемого диоксида углерода связано с потерями сухих веществ и за время проращивания 1000кг зерна выделяется 117,3кг CO_2 . Минимальное количество воды $m_{6(k)}$, что должна за цикл пройти в режиме массообмена с рекуперированным воздухом:

$$m_{6(k)} = \frac{kG_{CO_2}}{c_{H(CO_2)}}, \quad (1)$$

где: k – коэффициент рекуперации воздушного потока; G_{CO_2} – количество диоксида углерода, который выделяется в цикле из 1000кг зерна; $c_{H(CO_2)}$ – константа насыщения воды диоксидом углерода за определенно давления и температуры в камере кондиционирования.

Величина константы насыщения определяется за формулой Генри:

$$c_{H(CO_2)} = k_{CO_2} P_{CO_2}, \quad (2)$$

где: k_{CO_2} – константа Генри; P_{CO_2} – парциальное давление CO_2 в рециркуляционном воздухе.

Подчеркнем, что константа Генри k зависит от физико-химических параметров компонентов системы "газ-жидкость" и особенно от температуры среды, в которой осуществляется массообмен. Поскольку со снижением температур растворимость газов растет, то соблюдение температурных режимов в системе на уровне 12-18° С полезно не только с точки зрения интересов биохимических параметров системы, но и с точки зрения обеспечения массообмена по кислороду.

Отсюда найдем:

$$m_{6(k)} = \frac{kG_{CO_2}}{k_{CO_2} P_{CO_2}}. \quad (3)$$

Парциальное давление CO_2 , которое входит в смесь воздуха:

$$P_{CO_2} = m_{CO_2} \frac{R_{CO_2}}{R_{см}} P, \quad (4)$$

где: m_{CO_2} – массовая часть диоксида углерода.

Определяется соотношением массы CO_2 , которая входит в смесь, к массе всей смеси; R_{CO_2} – газовая константа диоксиду углерода; $R_{см}$ – газовая константа смеси газов; P – давление газовой смеси.

В соответствии с законом Дальтона:

$$P = P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{O_2} + P_{H_2O}. \quad (5)$$

Значение газовой постоянной смеси $R_{см}$ выражаем через газовые константы отдельных компонентов:

$$R_{см} = \sum_1^n m_i R_i = m_{N_2} R_{N_2} + m_{CO_2} R_{CO_2} + m_{O_2} R_{O_2} + m_{H_2O} R_{H_2O}. \quad (6)$$

Массовые части компонентов:

$$m_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M}; \quad m_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M}, \quad (7)$$

$$m_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M}; \quad m_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{M},$$

где: M_{N_2} , M_{CO_2} , M_{O_2} и M_{H_2O} – массы отдельных газов; M – масса всей смеси.

Подстановкой (4) и (5) к условию (3) получаем:

$$m_{6(k)} = \frac{kG_{CO_2} R_{см}}{k_{CO_2} m_{CO_2} R_{CO_2} P} = \frac{kG_{CO_2} (m_{N_2} R_{N_2} + m_{CO_2} R_{CO_2} + m_{O_2} R_{O_2} + m_{H_2O} R_{H_2O})}{k_{(CO_2)} \frac{M_{CO_2}}{M} R_{CO_2} (P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{O_2} + P_{H_2O})}. \quad (8)$$

Найденные соотношения, дают возможность, определится с величинами материальных потоков воздуха и воды, которые сопровождают процессы проращивания солода. Кроме того достигается возможность оценки уровня десорбции CO_2 из воздушной фазы в ее рециркуляционную часть. Таким образом, необходимость ограничения уровня рециркуляции воздушного потока связана лишь с доставкой кислорода. Общее количество последнего при условии использования на дыхание 8% сухих веществ в расчете на 1000 кг солода представляет около 86 кг. Если коэффициент использования кислорода при прохождении слоя солода составляет 1% для доставки 86 кг O_2 необходимо пропустить через него воздух:

$$\Pi = \frac{86}{1,29 \cdot 0,23 \cdot 0,01} = 28986 \text{ м}^3. \quad (9)$$

В перерасчете на 1 час аэрации в непрерывном режиме получаем:

$$\Pi' = \frac{\Pi}{192} = \frac{28986}{192} = 151 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где: 1,29 – масса 1м³ воздуха; 0,23 – массовая доля кислорода у 1м³ воздуха; 192 – количество часов проращивания за восемь суток.

В случае, например, барабанной солодовни с загрузкой 8000кг солода в каждом полные расходы воздуха составят:

$$\Pi'_{ноб} = \Pi' \cdot 8 \cdot 8 = 9660 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (10)$$

где: 8 – количество барабанных солодорастиельных устройств.

Полученные данные указывают на необходимость и целесообразность устройства рециркуляционных режимов в системе воздушного обеспечения процессов проращивания солода.

Последовательное соединение аппаратов для проращивания способствует повышению в цепочке аэрации содержимого CO₂, которое ограничивает дыхание и увеличивает биохимическое растворение веществ эндосперма.

ВЫВОДЫ

1. Обосновано перспективные направления совершенствования процессов кондиционирования воздуха при производстве солода.
2. Разработать теоретические основы по определению соотношений кислорода и диоксида углерода в рециркуляционных системах аэрации проращиваемого солода.
3. Обоснована возможность изъятия диоксида углерода с рекуперативной части воздуха за счет сатурации воды в камерах кондиционирования.
4. Получено оценку энергетических затрат, связанных с кондиционированием воздуха, с воздействием на них показателей рециркуляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Домарецкий В.А., Прибыльский В.Л., Михайлов М.Г. 2005.** Технология эстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья. Винница: Новая книга, 408. (Украина).
2. **Калуныц К.А. 1990.** Химия солода и пива. – М.: Агропромиздат, 176.
3. **Калуныц К.А., Яровенко В.Л., Домарецкий В.А., Колчева Р.А. 1992.** Технология солода, пива и безалкогольных напитков. – М.: Колос, 446.
4. **Колотуша П.В., Домарецкий В.А. 1977.** Интенсификация солодовенного производства. – К.: Техника, 160. (Украина).
5. **Кунце В., Мит Г. 2003.** Технология солода и пива: Пер. с нем. – СПб.: "Изд-во, 912.
6. **Маринченко В.О., Домарецкий В.А., Шиян П.Л., Швець В.М., Циганов П.С., 2003.** Технология спирта. – К.: НУХТ, 496. (Украина).
7. **Мовчан С.И. 2013,** Интенсификация работы оборотных систем водоснабжения / С.И. Мовчан. MOTROL. Commission of motorization and energetic in agriculture. –Vol. 15, No. 6, 157-164.
8. **Нарцис Л. 1980.** Технология солода. – М.: Пищевая промышленность, 503.
9. **Пахомов В.М. 1993.** Совершенствование теории и методики расчета теплопроводности влажных пищевых структур // Научные труды УДУХТ. – М.: № 1, 94-105.
10. **Подлесный В.В. 2008.** Определение тепловых и материальных потоков в процессах проращивания солода // Научный журнал «Пищевая промышленность». - Киев. № 6, 90-92. (Украина).
11. **Соколенко А.И., Лисюк О.О., Подлесный В.В., Шевченко А.Ю.** Устройство для проращивания зерна ящичного типа, барабанный или в виде "передвижной грядки". Патент на полезную модель Украины № 29881, С12С1/00, – Бюл. № 2, 25.01.2008. (Украина).
12. **Соколенко А.И., Семенов А.М., Поддубный В.А. 2006.** Об эффективности использования холодильных установок / Молочное дело. № 5, 24-27. (Украина).
13. **Соколенко А.И., Украинец А.И., Поддубный В.А. 2002.** Транспортно-технологические системы пивзаводов. – М.: Артек, 304. (Украина).
14. **Систер В.Г., Мартынов Ю.В. 1998.** Принципы повышения эффективности тепломассообменных процессов. Калуга: Изд-во Бочкаревой, 508.
15. **Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. 1985.** Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 503.
16. **Федоткин И.М., Гулый И.С., Боровский В.В. 1998.** Интенсификация процессов смешения и диспергирования гидродинамической кавитацией. – К.: Арктур-А, 128. (Украина).
17. **Шевченко А.Ю. 2003.** Подготовка воздуха в процессах производства солода // Пищевая промышленность. – К.: НУХТ, № 2, 66-69. (Украина).
18. **Jankiewicz M., Kedzior Z., Kiryluk J. 1989.** Chemical-technological characteristics and baking applicability of protein preparations obtained from peas and faba beans using air classification method // Acta aliment Pol. –15, № 4, 291-298.
19. **Stepanenko S. 2012.** Osobnosti modelirovanija processov separacii zerna v uslovijah zernotoka hazajstva. Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, – Tom 14, 3. 148–157.
20. **Travagini M., Travagini D. 1984.** Avaliacaoda qualidade proteica de cereals processados do tipo desjejum em combinacao com uma bebida tm po a base de extrato de soja // Bol. Just. Technol. Alim. – 21, № 4, 503-510.

THE REASONING OF THE PROCESS OF THE AIR CONDITIONING USING THE RECIRCULATION SYSTEM IN THE PRODUCTION OF MALT

Summary. The article deals with the analysis of the air conditioning processes in the systems of the malt germination associated with the occurrence of mass transfer in systems the "conditioned air - grain" and with the aerodynamics features.

The transition to problems dealing with the air conditioning, was due to the definition of the heat and material flows that accompany the processes of germination of malt. The moist air, that is the subject to the laws of ideal gases and Dalton's law, was the sphere of scientific interests. It has been believed that the duration of the preparation processes and interactions of the air with the grain mass corresponds to the I-d diagram of moist air.

The mathematical description of these processes is based on the well-known relations of thermodynamics, the phase transitions, the combinations of heat and mass transfer processes of sorption and desorption of gases and liquids, etc.

The solution of the problem toward the reduction of energy costs in the processes of malt production are being looked for in the way of air recirculation. Besides, the formulation of the approach, dealing with the removal of carbon dioxide from the recirculating part of the air in the conditioning chambers, is stated for the first time.

Key words: the aeration, the recirculation, carbon dioxide, air conditioning, malt.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИММУНИТЕТА ЖИВОТНЫХ

Павел Потапский, Игорь Гарасимчук, Александр Козак, Людмила Михайлова
Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: main@pdatu.edu.ua

Pavel Potapsky, Igor Garasymchuk, Alexander Kozak, Ljudmila Mikhailova
Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: main@pdatu.edu.ua

Аннотация. Обоснована необходимость теоретических исследований взаимодействия импульсных информационных электромагнитных полей и организмов новорожденных животных для определения параметров импульсного электромагнитного поля.

Проведены теоретические исследования по созданию импульсных генераторов на полупроводниковых приборах для развития эффективных, экологически чистых технологий для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза, связанной с повышением иммунитета новорожденных животных

Обосновано использование импульсных генераторов информационного коротковолнового электромагнитного поля, что позволит обеспечить полную ($\approx 95\%$) передачу энергии облучения и существенно уменьшит время действия для повышения иммунитета животных.

Для повышения иммунитета животных, необходимо использовать импульсные генераторы, отвечающие следующим параметрам: амплитуда напряжения импульса 1-2 кВ, длительность импульса 10^{-7} с, количество импульсов в пачке 100 шт., наклон вершины импульса $0,005 U$, погрешность периода повторения импульсов $10^{-4} T_1$, погрешность длительности импульсов не более 0,01 с., длительность фронта импульса 10 нс, длительность среза импульса 20 нс, период повторения импульсов $T_1 = 1/f_1 = 10-5$ с., период повторения пачки импульсов $T_2 = 1/f_2 = 10^{-3}$ с.

В основу импульсного генератора должен быть положен метод накопления электрической энергии в виде энергии магнитного поля индуктивности, совмещающий в себе одновременно накопление энергии и повышение напряжения до 1-2,0 кВ.

Ключевые слова: иммунитет животных, импульсный генератор, электромагнитное поле, электронные системы, электромагнитная технология.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Обоснована необходимость теоретических исследований взаимодействия импульсных информационных электромагнитных полей и организмов новорожденных животных для определения параметров импульсного электромагнитного поля.

Проведены теоретические исследования по созданию импульсных генераторов на полупроводниковых приборах для развития эффективных, экологически чистых технологий для целенаправленной

коррекции иммунного гомеостаза, связанной с повышением иммунитета новорожденных животных

Обосновано использование импульсных генераторов информационного коротковолнового электромагнитного поля, что позволит обеспечить полную ($\approx 95\%$) передачу энергии облучения и существенно уменьшит время действия для повышения иммунитета животных.

В современных условиях для лечения заболеваний новорожденных животных используют антибиотики и химические препараты, которые наносят вред организму животных.

Однако эта процедура дорогостоящая и не всегда приводит к положительному результату. Биофизический анализ физико-химических процессов в биологических объектах показывает, что в медицине и ветеринарии все большее внимание привлекают электромагнитные методы повышения иммунитета животных.

Считаем, что исследования и разработка способов и электронных систем для повышения иммунитета животных с использованием информационного импульсного электромагнитного поля (ЭМП) является актуальной задачей в технологическом процессе производства животноводческой продукции.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ литературных источников [4-15] показывает, что импульсное электромагнитное поле (ЭМП) может влиять на живые организмы, причем действие ЭМП на биологические объекты основана на гипотезе о электромеханических автоколебания клеточных субструктур, как естественное состояние живых клеток.

В ряде работ [12-15] показано, что синхронизация излучением ведет к появлению внутренних информационных сигналов, влияющих на регуляторные системы организма.

В некоторых работах показано на резонансный характер действия ЭМП [6]. То есть биологический эффект наблюдается в узких частотных интервалах, причем действие ЭМП на живые организмы носит не энергетический, а информационный характер [7-9], при этом первичное действие ЭМП реализуется

на клеточном уровне и связана с биоструктурой, общими для разных организмов.

Уникальные возможности информационных импульсных ЭМП нашли широкое применение в ветеринарной и медицинской практике для лечения и повышения продуктивности животных [2-3,10,16-20].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Поскольку параметры импульсных генераторов, выпускаемых в странах СНГ, не отвечают требованиям технологического процесса повышения иммунитета для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза новорожденных животных, то задачами нашего исследования являются следующие:

- теоретическое обоснование параметров импульсного генератора информационного электромагнитного поля,
- разработка функциональной схемы импульсного генератора ЭМП,
- разработка электрических схем основных составляющих импульсного генератора ЭМП.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Теоретические исследования и анализ существующих импульсных устройств показали, что для повышения иммунитета животных коров нужны импульсные генераторы, отвечающие следующим требованиям: амплитуда напряжения импульса 1,2 кВ, длительность импульса 10^{-7} с., количество импульсов в пакете 100 шт., наклон вершины импульса не более 0,005 U, погрешность периода повторения импульсов не более $10^{-4}T_1$, погрешность длительности импульсов не более 0,01 с., длительность фронта импульса 10 нс., длительность среза импульса 20 нс., период повторения импульсов $T_1 = 1/f_1 = 10^{-5}$ с., период повторения пакета импульсов $T_2 = 1/f_2 = 10^{-3}$ с. Для формирования высоковольтных импульсных сигналов с длительностью $\tau = 10^{-7}$ сек. применение нашли два основных метода. Первый заключается в усилении маломощных импульсов до требуемой величины, а второй метод заключается в управлении высоковольтным источником необходимой мощности, которое включают на время действия импульса коммутирующим устройством. На рис. 1 приведена функциональная схема импульсного генератора для воздействия на молочную железу коровы. В схему входят: 1 – генератор синхронизирующих импульсов с частотой 100 кГц, 2 – генератор времени регистрации, 3,4,5 – ключи; 6 – формирователь импульсов синхронизации, 7 – формирователь длительности пакета импульсов; 8 – формирователь паузы, 9 – устройство амплитудной стабилизации импульсов тока в трансформаторе, 10 – усилитель мощности, 11 – источник питания, 12 – токовый ключ; D1, D2 – RS-триггер.

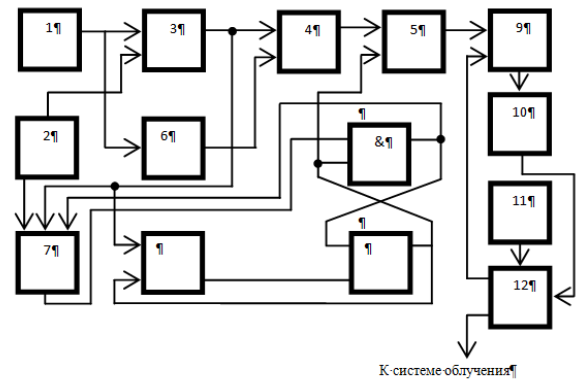


Рис.1. Функциональная схема импульсного генератора

Fig.1. Functional diagram of the pulse generator

В основу функциональной схемы (рис. 1) положен метод накопления электрической энергии в виде энергии магнитного поля некоторой индуктивности (магнитный накопитель).

Магнитный накопитель имеет существенное преимущество перед другими накопителями.

Преимуществом магнитного накопителя является то, что при относительно небольшой массе и габаритах он позволяет накапливать значительную энергию.

Работой магнитного накопителя управляет силовой токовый ключ, который, в свою очередь, управляется формирователем и устройством стабилизации амплитуды импульсов. Наличие формирователя обусловлена необходимостью получения сигнала необходимой формы и мощности с маломощного импульса синхронизации.

Для стабилизации амплитуды выходного импульса применена следящая система стабилизации максимального тока заряда магнитного накопителя.

Применение следящей системы авторегулирования позволяет получить высокую точность слежения амплитуды импульсов менее 1%. Стабилизация амплитуды импульсов осуществляется путем действия следящей системы стабилизации на токовый ключ.

Схема формирования временных интервалов и синхронизирующих импульсов представлена на рис. 2. Эта схема формирует интервал времени регистрации 10 с., интервал продолжительности пакета импульсов 10^{-3} с., паузу между пакетами импульсов 10^{-2} с. и продолжительность импульсу синхронизации 5 мкс.

Кварцевый генератор синхронизирующих импульсов генерирует импульсы, частота которых равна 100 кГц.

Схема генератора синхронизирующих импульсов изображена на рис.3. Схема обеспечивает относительную нестабильность частоты генератора синхронизирующих импульсов в пределах $10^{-7} \dots 10^{-6}$ в широком диапазоне температур окружающей среды $-30^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$.

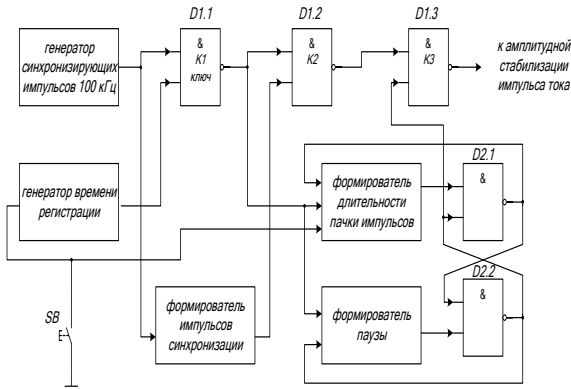


Рис. 2. Функциональная схема формирования синхронизирующих импульсов и временных интервалов

Fig. 2. Functional synchronizing pulses and timeslots generating circuit

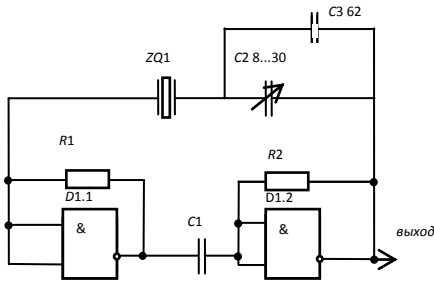


Рис. 3. Электрическая схема генератора синхронизирующих импульсов

Fig. 3. Schematic diagram of synchronizing pulses generator

Частота следования импульсов генератора и её стабильность задаются параметрами кварцевого резонатора. Небольшая подстройка частоты осуществляется конденсаторами $C2$ и $C3$, которые установлены последовательно с кварцем $ZQ1$. Для поддержания высокой стабильности частоты генератор помещается в термостат с непрерывным управлением мощностью подогрева.

При непрерывном управлении тепловая энергия в камеру тепла поступает постоянно и в каждый момент определяется датчиком температуры: при снижении внешней температуры поступление тепловой энергии возрастает и наоборот. Точность регулирования температуры термостата может составлять $\pm 0,01^\circ\text{C}$. Генератор синхронизирующих импульсов может быть выполнен на микросхемах $K155\text{ЛА}3$.

Далее эти импульсы поступают на ключ $K1$ и на формирователь импульса синхронизации, одновременно с этим на $K1$ подается импульс времени регистрации равный, 10 с. Формирователь импульса синхронизации формирует импульс длительностью 0,1 мкс., который подается на ключ $K2$, на второй вход ключа $K2$ поступает импульс с ключа $K1$. С выхода ключа $K2$ импульс длительностью 1 мкс. поступает на вход ключа $K3$, на второй вход ключа $K3$

подается сигнал, разрешающий прохождение пачки импульсов, или сигнала паузы. Формирователь длительности пачек импульсов через RS -триггер включает $K3$, а формирователь паузы через RS -триггер выключает ключ $K3$, с выхода $K3$ сигнал поступает в логическое устройство.

Через 10 с. сигнал с генератора времени регистрации запрещает прохождение импульсов 100 кГц, запирая ключ $K1$.

Электрическая схема генератора времени регистрации изображена на рис. 4.

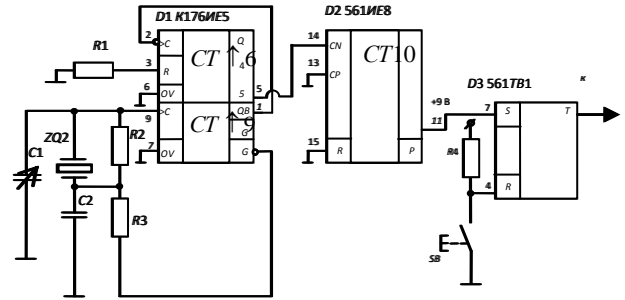


Рис. 4. Электрическая схема генератора времени регистрации

Fig. 4. Schematic diagram of a time registration generator

Для стабилизации частоты генератора времени регистрации может быть применен часовой кварц $ZQ2$ на частоту 32168 Гц. Сигнал с генератора длительностью 1 с. поступает на десятичный счётчик Джонсона, выходной, сигнал которого переключает RS -триггер микросхемы $D3$. Сигнал с выхода RS -триггера запрещает прохождение через ключ $K1$.

Формирователь пачек импульсов и пауз (рис.5) представляет собой цифровой мультивибратор, который формирует точные временные интервалы пачек импульсов и пауз. Формирователь временных интервалов может быть выполнен на микросхемах 561 серии: $D1-D5 - K561\text{IE}8$, $D6 - K561\text{Л}А7$.

Схема формирователя временных интервалов пачек импульсов и пауз изображена на рис. 5.

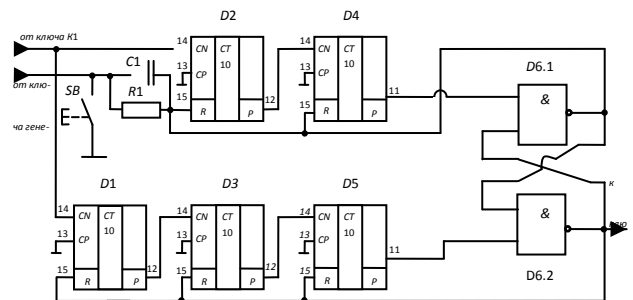


Рис. 5. Электрическая схема формирования временных интервалов пачек импульсов и пауз

Fig. 5. Schematic scheme the formation of bursts slots and pauses

ВЫВОДЫ

1. Для повышения иммунитета животных, необходимо использовать импульсные генераторы, отвечающие следующим параметрам: амплитуда напряжения импульса 1-2 кВ, длительность им-

пульса 10^{-7} с, количество импульсов в пачке 100 шт., наклон вершины импульса $0,005U$, погрешность периода повторения импульсов $10^{-4}T_1$, погрешность длительности импульсов не более $0,01с.$, длительность фронта импульса 10 нс; длительность среза импульса 20 нс, период повторения импульсов $T_1 = 1/f_1 = 10^{-5}с.$, период повторения пачки импульсов $T_2 = 1/f_2 = 10^{-3}с.$

2. В основу импульсного генератора должен быть положен метод накопления электрической энергии в виде энергии магнитного поля индуктивности, совмещающий в себе одновременно накопление энергии и повышение напряжения до 1 – 2,0 кВ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Торчук М. В. 2014.** Электромагнитная технология повышения сохранности новорожденных телят КРС: тезисы за материалами научно-практической студенческой 19.
2. **Портнов Ф.Г. 1987.** Электропунктурная рефлексотерапия / Ф. Г. Портнов // Рига: Зинатне. 25–32.
3. **Valeriy Voityuk, Volodymyr Boiko, Roman Yakimov. 2007.** Определение влажности почвы по коэффициентам отражения электромагнитных волн. // MOTROL Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, Vol. 9A. 47-55.
4. **Филимонов Н.Н. 1962.** Ретикулярная формация / Н. Н. Филимонов // БМЭ, 521 – 542.
5. **Мычковский Ю.Г. 2012.** Радиоэлектроника биологически-активных точек / Ю. Г. Мычковский // Весник КрНУ им. М. Остроградського. 45 – 47.
6. **Сасимова И.А. 2008.** Обоснование биофизического действия информационных электромагнитных излучений на микробиологические объекты животноводства / И.А. Сасимова, Л.Ф. Кучин // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 27 – 29.
7. **Черенков А.Д. 2001.** Влияние низкоэнергетических ЭМП на клетки тканей вымени коров больных маститом / А.Д. Черенков, Л.Ф. Кучин // Весник ХДТУСГ. – Харьков: ХДТУСГ. 32 – 33.
8. **Исмаилов Э.Ш. 1987.** Биофизическое действие СВЧ-излучения / Э.Ш. Исмаилов. – М.: Энергоатомиздат. – 144.
9. **Эйди У.Р. 1980.** Частотные и энергетические окна при воздействии слабых электромагнитных полей на живую ткань / У.Р. Эйди // ТИИЭР. 135 – 143.
10. **Кузьмин А.Ф. 1972.** Влияние электромагнитных полей на организм животных / Сборник научных трудов кафедры патофизиологии и биофизики под ред. А.Ф. Кузьмина. М.: МИИСП 24.
11. **Иноземцев В.П., Балковой Н.И. 1993.** Применение электромагнитных излучений крайневысоких частот в ветеринарной практике // Ветеринария 38 – 42.
12. **Брюхова А.К. 1985.** Влияние ЭМП миллиметрового диапазона, лазерного излучения и их комбинированного действия на свойства микроорганизмов / Брюхова А. К. // Электронная промышленность. 6 – 9.
13. **Карпов М.А. 1981.** Лечит втрое быстрее / Карпов М. А. // Изобретатель и рационализатор. 36 – 38.
14. **Grissom D. 1966.** Dielectric dissipation in Nall and below 4,2 K. / D. Grissom., W. Hartwig // Of Appe. Phys. 47 – 84.
15. ИБП РАН / Приборы для исследования клетки. Режим доступа: <<http://www.ibp-ran.ru/main.php/>>.
16. **Хохлов А.М. 2007.** Устройство для электропоярания клеток /А. М. Хохлов, В.В. Шугайло, В.В. Кононенко, С.А. Костенко // Научное приборостроение. 79 – 81.
17. **Хохлов А.М. 2007.** Устройство для электростимулируемого слияния клеток / А.М. Хохлов, В.В. Шугайло, В.В. Кононенко // Научное приборостроение. 62 – 66.
18. NEPAGENE / Electroporator NTRA 21. – Режим доступа: <<http://www.nepagene.ip/>>.
19. SHIMADZU Productс. – Режим доступа: <<http://www.shimadzu.co.jp/>>.
20. SONIDEL Limited / CUY Electroporator. – Режим доступа: <<http://www.sonidel.com/>>.
21. GENETRONICS inc /Режим доступа: <<http://www.gentronics.com/>>.
22. **Giri D.V. 1997.** Desigh, Fabrication, and Testing of a Paraboloidal Reflector Antenna and Pulser System for Impulse-Like Waveforms / Giri D. V., Lackner H., Smith I.D., Morton D.W., Baum C.E., Marek J.R., Prather W.D., and Scholfield D.W. // IEEE Trans. Plasma Sci – V. 25. – P. 318 – 326.

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF CREATION OF THE PULSE GENERATOR TO INCREASING ANIMAL'S IMMUNITY

Summary. The necessity of theoretical studies of the interaction of pulsed electromagnetic fields of information and organisms newborn animals to determine the parameters of pulsed electromagnetic field.

Theoretical studies on the creation of pulse generators for semiconductor devices for the development of efficient, environmentally friendly technologies for the targeted correction of immune homeostasis related to increasing immunity of newborn animals

It justifies the use of pulse generators informational short-wave electromagnetic field, which will provide full ($\approx 95\%$) energy transfer radiation and significantly reduce the duration to enhance immunity of animals.

To improve the immunity of animals, it is necessary to use pulse generators that meet the following criteria: the amplitude of the voltage pulse 1 ... 2 kV; pulse width 10^{-7} sec; the number of pulses in a pack of 100 pcs.; the slope of the pulse peak $0,005U$; impulsov $10^{-4}T_1$ error repetition period; error pulse duration less than $0,01s$; pulse rise time of 10 ns; cut the duration of the pulse of 20 ns; pulse repetition period $T_1 = 1 / f_1 = 10^{-5}с$; burst repetition period $T_2 = 1 / f_2 = 10^{-3}с$.

The basis of the pulse generator must be on the method of storing electrical energy in the form of magnetic field energy inductor that combines both energy storage and voltage increase to 1 - 2.0 kW

Key words: animals immune, pulse generator, an electromagnetic field, electronic, electromagnetic technology.

ВОЗБУЖДЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ПРИЗМАТИЧЕСКОМ РЕЗОНАТОРЕ С ПОМОЩЬЮ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА

Павел Потапский, Игорь Гарасимчук, Юрий Панцир

Подольский государственный аграрно-технический университет

Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: nauka@pdatu.edu.ua

PavloPotapsky, Igor Garasimchuk, YouryPanzir

Podolsky State Agricultural and Technical University

St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: main@pdatu.edu.ua

Аннотация. При проведении классировки и сортировки шерсти болезнетворные бактерии попадают на кожный покров, носоглотку и дыхательные пути рабочих. Это приводит к микробным заболеваниям органов носоглотки и дыхательных путей, а также к грибковым заболеваниям кожи.

Одним из основных элементов процесса обработки шерсти перед классировкой является ее подогрев в кипах до 27°C.

Применение в этих целях пара, приводит к еще большему размножению микробной флоры в шерсти.

Поэтому подогрев шерсти следует проводить электромагнитной (ЭМ) энергией, применение которой позволит уменьшить непроизводительные потери энергии, сохранить природные свойства шерсти, уничтожить вредные для человека и животных микроорганизмы.

Теоретический анализ процесса подогрева шерсти в кипах показал, что повышение температуры до 27°C возможно с применением ЭМ энергии.

Ключевые слова: призматический резонатор, прямоугольный волновод, шерсть, вредоносные микроорганизмы, электромагнитное поле, возбуждение колебания.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для угнетения вредных микроорганизмов в шерсти перед ее классировкой необходима величина мощности в резонаторе с шерстью около 500 Вт. Накопить такую мощность в резонаторной системе с шерстью можно лишь при согласованном возбуждении мм колебаний в резонаторе. В связи с этим возникает необходимость рассмотреть задачу о возбуждении призматического резонатора в мм диапазоне волн с помощью прямоугольного волновода.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Для угнетения микроорганизмов используют как информационное, так и тепловое воздействие электромагнитного поля (ЭМП) [1-3]. Теоретические и экспериментальные исследования последних лет, проводившиеся в ИРЭ РАН под руководством Н. Д. Девятлова, Харьковском НТУСХ под руководством А. Д. Черенкова, Н. Л. Лисиченко, Ю. Е. Мегеля свидетельствуют, что угнетения патогенных

микроорганизмов от действия ЭМП СВЧ и КВЧ диапазонов связано с наведенным потенциалом на мембране клетки [4-10].

ЭМ излучения СВЧ диапазона нашли применение для уничтожения поверхностной инфекции семян [11], для угнетения жизнедеятельности мучного хрущака и кольчатого шелкопряда [12-13].

Очень эффективным оказалось использование СВЧ-энергии для обеззараживания и дезинфекции лекарственных растений, коллагеновых повязок, структурированной и регенерированной кожи, для стерилизации инструмента, посуды, одежды, обуви, помещения [14-15].

Теоретические и экспериментальные исследования последних лет позволили широко использовать ЭМП СВЧ в технологических процессах переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, в промышленности и в медицине.

Так, в работе [16] рассмотрены результаты воздействия СВЧ излучения на свежие томаты в период их хранения. Причиной порчи плодов томатов в период их хранения являются болезни грибкового и бактериального происхождения, при этом культуры поселяются на пораженных участках плодов и служат интенсификаторами дальнейших процессов порчи.

Влияние СВЧ энергии на инфекционные болезни пшеницы, кукурузы и подсолнечника рассмотрено в работе [17].

В консервном производстве СВЧ энергию используют на таких операциях, как бланширование, дражжирование, разваривание, эксгаустирование, пастеризация, стерилизация, сушка овощей и растительных материалов [18-20]. Применение СВЧ энергии для пастеризации молока позволяет решить проблему детского питания. Получение детского питания и высококачественных молочных продуктов с длительным сроком хранения, с низким уровнем обсемененности бактериями, с отсутствием микротоксинов, пестицидов и других вредных веществ является актуальной задачей. Эта задача решается на основе использования СВЧ пастеризаторов [21].

Микроволновая обработка комбикормов с целью повышения их санитарного качества и улучшения питательных свойств описана в работе [22]. Эта технология позволяет: при кормлении животных

снизить желудочно-кишечные заболевания и падеж животных в 2...3 раза; повысить прирост массы животных на 13...25%; уменьшить необходимое количество кормов животного происхождения до 50%; снизить расход комбикормов на 12...15%.

В некоторых работах описывается проблема подавления плесени в упакованных хлебобулочных изделиях путем обработки СВЧ энергией [23, 24]. Сообщалось также о СВЧ пастеризации вина в стеклянной таре [25].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследование механизма взаимодействия ЭМП с патогенными микроорганизмами в шерсти невозможно без точной информации о распределении этих полей внутри облучаемого микроорганизма, ибо этот механизм непосредственно связан, как с величиной, так и с ориентацией электрической и магнитной составляющих поля. Таким образом, определение ЭМП в патогенных микроорганизмах по известному полю облучения является важным вопросом при решении задачи определения биотропных параметров ЭМИ, приводящих к гибели патогенные микроорганизмы. Так как экспериментальное исследование распределения внутренних полей провести практически невозможно, встает вопрос о решении этой задачи теоретическими методами.

Итак, одним из перспективных направлений по решению задачи борьбы с патогенными микроорганизмами в шерсти, является использование информационного ЭМП, которые в качестве физического фактора воздействия обладают рядом положительных особенностей: энергосбережение, экологическая чистота, экономичностью, технической и структурной простотой.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для решения задачи будем считать, что в прямоугольном волноводе (сечением $a \times b$) распространяется только волна типа H_{20} .

Размеры самого резонатора равны: ширина $X_0 = 800$ мм; высота $Y_0 = 600$ мм; длина $Z_0 = 900$ мм (см. рис. 1). Длина волны $\lambda = 8,333$ ($f = 36,0$ ГГц).

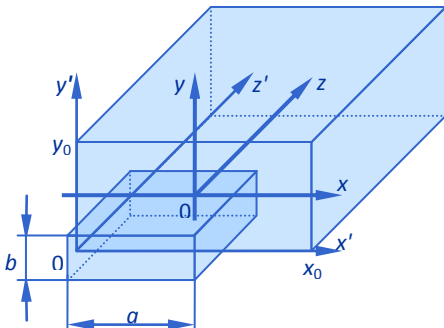


Рис. 1. Призматический резонатор, возбуждаемый прямоугольным волноводом

Fig. 1. Prismatic resonator excited rectangular waveguide

В общем случае для колебания H_{mnq} призматического резонатора в декартовой системе координат распределение электрического поля имеет вид [26].

$$\begin{cases} \dot{E}_x = A \cos\left(\frac{m\pi x'}{x_0}\right) \sin\left(\frac{n\pi y'}{y_0}\right) \sin\left(\frac{q\pi z'}{z_0}\right), \\ \dot{E}_y = B \sin\left(\frac{m\pi x'}{x_0}\right) \cos\left(\frac{n\pi y'}{y_0}\right) \sin\left(\frac{q\pi z'}{z_0}\right), \\ \dot{E}_z = C \sin\left(\frac{m\pi x'}{x_0}\right) \sin\left(\frac{n\pi y'}{y_0}\right) \cos\left(\frac{q\pi z'}{z_0}\right), \end{cases} \quad (1)$$

а компоненты магнитного поля можно выразить как:

$$\begin{cases} \dot{H}_x = \frac{\pi}{jk} \left(\frac{n}{y_0} C - \frac{q}{z_0} B\right) \sin\left(\frac{m\pi x'}{x_0}\right) \cos\left(\frac{n\pi y'}{y_0}\right) \cos\left(\frac{q\pi z'}{z_0}\right), \\ \dot{H}_y = \frac{\pi}{jk} \left(\frac{q}{z_0} A - \frac{m}{x_0} C\right) \cos\left(\frac{m\pi x'}{x_0}\right) \sin\left(\frac{n\pi y'}{y_0}\right) \cos\left(\frac{q\pi z'}{z_0}\right), \\ \dot{H}_z = \frac{\pi}{jk} \left(\frac{m}{x_0} B - \frac{n}{y_0} A\right) \cos\left(\frac{m\pi x'}{x_0}\right) \cos\left(\frac{n\pi y'}{y_0}\right) \sin\left(\frac{q\pi z'}{z_0}\right). \end{cases} \quad (2)$$

где: A, B, C – комплексные амплитудные коэффициенты; m, n, q – количество пространственных вариаций поля по координатам x', y' и z' , соответственно; $k = \pi \sqrt{(m/x_0)^2 + (n/y_0)^2 + (q/z_0)^2}$ – волновое число. Во всех выражениях опущен множитель $\exp(-j\beta z')$, который при $t = const$ учитывает изменение компонент поля вдоль оси z' .

Будем рассматривать возбуждение колебания H_{20q} , структура электрического поля которого в поперечном сечении рассматриваемого резонатора наиболее близка к структуре электрической компоненты $E_{y'e}$ волны H_{20} в подводящем волноводе. Выражение для этой компоненты, которую в дальнейшем будем называть возбуждающим полем, запишется как [27]:

$$\dot{E}_{y'e} = D \sin \frac{2\pi x'}{a}, \quad (3)$$

где: D – комплексный амплитудный коэффициент.

Здесь, как и выше, опущен множитель $\exp(-j\beta z')$, описывающий изменение $\dot{E}_{y'e}$ вдоль оси z' . Если теперь перенесем начало координат в центр поперечного сечения призматического резонатора (рис. 1), то тогда $x' = x + (x_0/2), y' = y + (y_0/2)$ – для резонатора, $x' = x + (a/2), y' = y + (b/2)$ – для возбуждающего волновода, а $z' = z$. После подстановки значений x', y', z' , в выражения (1), (2) и учитывая, что $m = 2, n = 2$, получим в окончательном виде выражения для составляющих поля в призматическом резонаторе:

$$\begin{cases} \dot{E}_x = \dot{E}_z = 0, \\ \dot{E}_y = -B \sin\left(\frac{2\pi x}{x_0}\right) \sin\left(\frac{q\pi z}{z_0}\right), \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \dot{H}_x = A_1 \sin\left(\frac{2\pi x}{x_0}\right) \cos\left(\frac{q\pi z}{z_0}\right), \\ \dot{H}_y = 0, \\ \dot{H}_z = C_1 \cos\left(\frac{2\pi x}{x_0}\right) \sin\left(\frac{q\pi z}{z_0}\right), \end{cases} \quad (5)$$

Здесь $A_1 = \frac{\pi}{jk} \frac{q}{z_0} B$, $C_1 = -\frac{\pi}{jk} \frac{2}{x_0} B$.

Компоненту электрического поля \dot{E}_y обозначим как \dot{E}_{yp} и в дальнейшем будем называть рабочим полем резонатора. Уравнение (3) при переносе начала координат примет вид:

$$\dot{E}_{yp} = -D \sin \frac{2\pi x}{a}. \quad (6)$$

Для нахождения эффективности возбуждения колебания H_{20q} в призматическом резонаторе с помощью прямоугольного волновода, в котором распространяется волна H_{20} , воспользуемся функционалом, который применяется в антенной технике для определения коэффициента использования поверхности [28].

$$\eta = \frac{\left| \int_{\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} E_{ye}(x, y) E_{yp}^*(x, y) dx dy \right|^2}{\|E_{ye}(x, y)\| \|E_{yp}(x, y)\|}, \quad (7)$$

где: $\|E_{ye}(x, y)\|$ и $\|E_{yp}(x, y)\|$ нормы функций, которые в данном случае определяются как:

$$\|E_{ye}(x, y)\| = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} E_{ye}(x, y) E_{ye}^*(x, y) dx dy \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}}, \quad (8)$$

$$\|E_{yp}(x, y)\| = \int_{-\frac{x_0}{2}}^{\frac{x_0}{2}} \int_{-\frac{y_0}{2}}^{\frac{y_0}{2}} E_{yp}(x, y) E_{yp}^*(x, y) dx dy. \quad (9)$$

Значок * обозначает комплексно сопряженную функцию. Функционал (7), по сути дела, показывает, какая доля мощности возбуждающей волны переходит в рабочее колебание призматического резонатора.

После подстановки значения \dot{E}_{yp} , определяемого выражением (6), в уравнение (8), получим:

$$\|E_{ye}(x, y)\| = D^2 \int_{\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \sin^2\left(\frac{2\pi x}{a}\right) dx dy. \quad (10)$$

Опуская промежуточные выкладки, запишем в окончательном виде норму функции, определяющей возбуждающее поле:

$$\|E_{ye}(x, y)\| = D^2 \frac{ab}{2}. \quad (11)$$

По аналогии с предыдущим случаем после подстановки значения E_{yp} , которое определяется уравнением (4), в выражение (9), получим:

$$\|E_{yp}(x, y)\| = \left(B \sin\left(\frac{q\pi z}{z_0}\right) \right)^2 \int_{-\frac{x_0}{2}}^{\frac{x_0}{2}} \int_{-\frac{y_0}{2}}^{\frac{y_0}{2}} \sin^2\left(\frac{2\pi x}{x_0}\right) dx dy. \quad (12)$$

Теперь запишем в окончательном виде, опуская промежуточные выкладки, норму функции, которая определяет рабочее колебание призматического резонатора:

$$\|E_{yp}(x, y)\| = \left(B \sin\left(\frac{q\pi z}{z_0}\right) \right)^2 \frac{2x_0 y_0}{2}. \quad (13)$$

В качестве следующего шага рассмотрим интеграл, стоящий в числителе выражения (7).

$$H(x, y) = (-D) \left(-B \sin\left(\frac{q\pi}{z_0} z\right) \right) \times \quad (14)$$

$$\times \int_{\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{2\pi x}{x_0}\right) dx dy$$

С учетом того, что [29]:

$$\sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{2\pi x}{x_0}\right) = \frac{1}{2} \left[\cos\left(2\pi x \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{x_0}\right)\right) - \cos\left(2\pi x \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{x_0}\right)\right) \right]$$

запишем выражение (14) в окончательном виде:

$$H(x, y) = D \left(B \sin\left(\frac{q\pi}{z_0} z\right) \right) \times \quad (15)$$

$$\times \frac{ab}{\pi} \sin\left(\frac{\pi a}{x_0}\right) \frac{1}{(1 - (a/x_0)^2)}$$

После подстановки выражений (11), (13) и (15) в соотношение (7) получим уравнение, которое определяет эффективность возбуждения колебания H_{20q} в призматическом резонаторе с помощью волны H_{20} прямоугольного волновода:

$$\eta = \frac{4\tilde{a}\tilde{b} \sin^2(\pi\tilde{a})}{\pi^2 (1 - \tilde{a}^2)^2}. \quad (16)$$

Здесь сделаны обозначения: $\tilde{a} = a/x_0$; $\tilde{b} = b/y_0$. Результаты расчета по формуле (16) представлены на рис. 2.

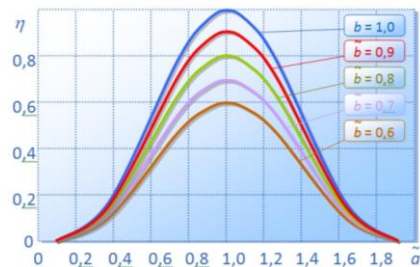


Рис. 2. Эффективность возбуждения колебания в призматическом резонаторе при изменении поперечных размеров возбуждающего волновода.

Fig. 2. The efficiency of vibration excitation in a prismatic resonator when changing the transverse dimensions of the excitation of the waveguide

Как видно из рис. 2, максимальная эффективность возбуждения колебания H_{20q} в резонаторе независимо от высоты волновода \tilde{b} , будет иметь место при $\tilde{a} = 1$, т.е. когда ширина волновода a равна ширине резонатора x_0 . В то же время, если высота волновода b будет равна высоте резонатора y_0 при $\tilde{a} = 1$, тогда эффективность возбуждения рассматриваемого колебания в резонаторе с помощью волноводной волны H_{20} будет максимальной и равной единице.

ВЫВОДЫ

1. Шерсть при ее первичной обработке перед классировкой и сортировкой необходимо разогревать и дезинфицировать, так как в ней может содержаться до 700 млн. бактерий в 1 г., в том числе и бактерии, которые могут привести к летальному исходу человека (Сибирская язва, лихорадка Ку и др.).

2. Для получения максимальной величины поперечные размеры резонатора и запитывающего волновода должны быть равны.

3. Структуры электрических полей в поперечном сечении резонатора и волновода в плоскости анализа должны быть максимально подобны.

4. Учитывая, что поперечное сечение волновода восьмимиллиметрового диапазона 7,2x3,4 мм, а поперечные размеры резонатора 800x600 мм, запитывающий волновод будет представлять собой пирамидальный рупор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Девятков Н.Д. 1991.** Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Девятков Н. Д., Голонт М. Б., Бескин О. В. – М.: Радио и связь, 169.
2. **Shwan Н.Р. 1972.** Microwave radiation: biophysical considerations and standards criteria / Shwan Н.Р. // "IEEE Trans. Biomed End, 304 – 312.
3. **Sher L.D. 1970.** In the possibility of nonthermal biological effects of pulsed electromagnetic radiation / Sher L. D., Kresch E.T., Schwan H. P. // «Biophys S.», 970 – 979.
4. **Васильев В.С. 2003.** Биофизических механизмах действия лазерного излучения на ферментативные системы клеток человека и животных / Васильев В.С., Лисиченко Н.Л., Беликов А.А. // Квантовая терапия в ветеринарии. – М.: ЗАО «МИЛТА-ПКП ГИТ», 16 – 21.
5. **Лисиченко Н.Л. 2003.** Квантовая электроника и лазерные технологии в сельскохозяйственном производстве / Лисиченко Н.Л., Грабина В.А. // Квантовая терапия в ветеринарии. – М.: ЗАО «МИЛТА-ПКП ГИТ», 21 – 26.
6. **Черенков А.Д. 2000.** Воздействие низкоэнергетических электромагнитных измерений на мембранный потенциал и объем клеток биологических объектов / А.Д. Черенков // Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – К.: ТЕС, 152–155.
7. **Девятков Н.Д. 1973.** Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона волн на биологические объекты / Девятков Н.Д. // УФН, 110. – 151.
8. **Девятков Н.Д., Арзуманов Ю.Л., Бецкий О.В. 1995.** Применение низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицине и биологии. М: ИРЭ РАН, 8 – 23.
9. **Мунтян В.А. 2006.** Влияние электромагнитных излучений на образование свободных радикалов в биообъектах / В.А. Мунтян // Общегосударственный научно-производственный журнал. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 16 – 23.
10. **Девятков Н.Д. 1991.** Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Девятков Н.Д., Голанд М.Б., Бецкий О.В. – М.: Радио и связь, 169.
11. **Пилюгина В.В. 1989.** Электромагнитная стимуляция в растениеводстве / Пилюгина В.В., Регуш А.В. М.: 50.
12. **Клейман А.С. 1999.** Некоторые вопросы создания и применения широкодиапазонных КВЧ источников колебаний / [Клейман Л.С., Кравченко П.А., Кучин Л. Ф.] – Харьков: Украинский метрологический журнал, 20 – 23.
13. **Черенков А.Д. 1990.** Исследование комплексного влияния СВЧ-поля и биологически активных химических соединений на вредителей сельского хозяйства / Черенков А.Д., Черепнев А.С., Кучин Л.Ф. // Труды науч.-практ. конф. – Ташкент: Ин-т инж. Иригации и механиз. сельского хозяйства, 12 – 14.
14. **Калинин Л.Г. 1966.** Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы: [Сб. научн. работ / Ред. Акад. МАИ]. Одесса: ОКФА, 108.
15. Заявка №2553873 Франция, Кл. F26B 3/47. Способ сушки, стерилизации, обеззараживания и дезинфекции лекарственных растений или растений для приправ с помощью микроволновой печи. Заявлено 19.10.83.
16. **Дворников В.П. 2000.** Результаты воздействия микроволнового электромагнитного поля на свежие томаты с целью улучшения их хранения / В.П. Дворников, В.В. Зродников, Л.Г. Калинин, В.П. Тучный / Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – Одесса: ОКФА, 18 – 23.
17. **Бабаянц О.В. 2000.** Влияние МВ-поля на семенную инфекцию озимой пшеницы / О.В. Бабаянц, М.А. Бушулян // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. Одесса: ОКФА, 80 – 81.
18. **Безусов А.Г. 2000.** Применение СВЧ обработки в консервном производстве / А.Г. Безусов, В.И. Зинченко // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – Одесса: ОКФА, 35 – 37.

19. **Флауменбаум Б.Л. 2000.** Перспективные электрофизические процессы и технологии консервирования пищевых продуктов / Б.Л. Флауменбаум, Н.Х. Боровецкая, О.В. Милорова // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – Одесса: ОКФА, 27 – 30.
20. **Муравьев С.А. 2000.** Автоматизированная пастеризационно-охладительная установка / С.А. Муравьев, А.Д. Еремин, В.П. Букреев, И.М. Чекрыгина // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. Одесса: ОКФА, 112 – 115.
21. **Панасенко В.Н. 1989.** Применение микроволнового нагрева для инактивации микроорганизмов: Труды VI Всесоюзной научно-технической конференции «Электрофизические методы обработки пищевых продуктов сельскохозяйственного сырья»/М.:МИИБП, 34–37.
22. **Тучный В.П. 2000.** Микроволновые технологии в современной структуре технологического прогресса /В.П. Тучный // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – Одесса: ОКФА, 6 – 12.
23. **Иванов Л.Д. 1988.** Сушка сухарного хлеба при СВЧ энергоподогреве / Л.Д. Иванов, М.В. Афанасьев. – Кишинев, 9. – Деп. ВВИНИТИ 26.10.88 №7681, 88.
24. **Рогов И.А. 1981.** Техника сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов / И.А. Рогов, С.В. Некрутман, С.В. Лысов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 185.
25. **Тотадзе Л.Э. 1991.** Влияние ЭМП СВЧ на некоторые биохимические процессы в технологии игристых вин / Л.Э. Тотадзе, З.А. Иорданишвили, О.К. Дарахвалидзе // Электронная обработка материалов. — № 1. 63 – 66.
26. **Вайнштейн Л.А. 1988.** Электромагнитные волны / Л.А. Вайнштейн. – М.: Радио и связь, 440.
27. **Вольман В.И. 1971.** Техническая электродинамика / В. И. Вольман, Ю. В. Пименов. – М.: Связь, 488.
28. **Марков Г.Е., Чаплин А.Ф. 1966.** Сканирующие антенные системы СВЧ / [под ред.; пер с англ.]. – М.: Сов.радио, 536 .
29. **Кронштейн И.Н. 1986.** Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 544.
30. **Valeriy Voityuk, Volodymyr Boiko, Roman Yakimov. 2007.** Определение влажности почвы по коэффициентам отражения электромагнитных волн. // MOTROL Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, Vol. 9A. 47-55. (Украина).
31. **Kurokawa K. 1971.** An X-band 10-Watt multiple Impatt oscillator / Kurokawa K. // Proc. of the IEEE. – Vol. 59. – 102 – 103.
32. **Boyarskii D.A. 2001.** Model of Dielectric Constant of Bound Water in Soil for Applications of Microwave Remote Sensing / Boyarskii D. A., Tikhonov V. V., Komarova N. Yu // Progress in Electromagnetics Reserch. PIER. 251 – 270.

EXCITATION OF OSCILLATIONS IN PRISMATIC CAVITY BY RECTANGULAR WAVEGUIDE

Summary. During the sorting and classification of wool, pathogenic bacteria get to the skin, to the nose, throat and respiratory tract of workers. This leads to microbial diseases of the nasopharynx and respiratory tract, as well as fungal diseases of the skin.

One of the key elements of wool processing before its classification is heating in bales to 27°C.

Steam applications for these purposes lead to greater reproduction of the microbial flora in the wool.

Therefore, the wool heating should be done with the usage of EM energy, using of which will let reduce unearned energy losses, preserve natural qualities of wool and kill all harmful to the human and animal bacteria.

Theoretical analysis of wool heating process has shown that it is possible to heat wool in bales to 27°C using the electromagnetic energy.

Key words: prismatic resonator, rectangular waveguide, wool, harmful microorganisms, electromagnetic field, excitation of vibrations.

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УПАКОВОК НА ПОКАЗАТЕЛЬ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Александр Семёнов

*Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: som_s78@mail.ru*

Aleksandr Semenov

*Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: som_s78@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматривается возможность интенсификации переходных режимов нагревания и охлаждения герметизированных упаковок с продукцией за счёт увеличения удельной поверхности, которая определяется отношением площади поверхности к их объёму. Приведены данные относительно двух путей в этом направлении. Широкое использование методов тепловой обработки фасуемой продукции с целью пастеризации и стерилизации поставило задачу использования упаковок с увеличенной удельной поверхностью, то есть поверхностью, отнесенной к объёму упаковки. Очевидно, что в интересах ускорения стадий нагревания и охлаждения упаковок желательнее иметь увеличенную удельную поверхность теплопередачи. С этой точки зрения значение имеют не только форма, но и объём упаковки, поскольку площадь поверхности последней пропорциональна квадрату линейного размера, а её объём - кубу.

Разработана методика расчётов по определению удельной поверхности упаковок в условиях изменения масштабных переходов.

Проведён расчёт по оценке изменений удельной поверхности упаковок за счёт изменения соотношений геометрических параметров и формы упаковок.

Рассмотрено влияние на удельную поверхность упаковки коэффициента кратности её геометрических размеров.

Ключевые слова: форма упаковки, удельная поверхность, коэффициент кратности, геометрический параметр, объём.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Форма упаковки и соотношения её геометрических параметров определяются физико-химическими характеристиками продукции, уровнем требований относительно барьерных свойств, жесткости и прочности, наличием или отсутствием тепловой обработки, минимизации расходов материала на её создание, минимизацией стоимости и тому подобное [9-11].

Комплексное решение проблем, кроме того, нуждается в информации о создании групповых упаковок и увеличении грузовых единиц, которые обеспечивают экономически обоснованные способы перевозок готовой продукции [6, 8-9, 12, 19-20].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросу минимизации площади поверхности упаковки, технических реакторов, аппаратов и т.п. посвящено значительное количество публикаций и хорошо известно, что с этой точки зрения лучшей является форма сферы. Для тела цилиндрической формы минимальной плоскости поверхности соответствует равенство диаметра и высоты и т.д. [1-5].

Многогранность технических требований относительно форм и их геометрических параметров иногда формулирует совершенно противоположное условие. Чаще всего это касается обеспечения условий теплопередачи [18].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Выполнить анализ выбора параметров упаковок, их геометрических соотношений, удельных площадей поверхностей упаковок, особенностей теплообмена в процессах их пастеризации (стерилизации) и возможностей интенсификации процессов обработки.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Предлагаем в качестве важного конструктивно-го фактора теплообмена считать удельную поверхность упаковки. В общей оценке это соотношение имеет вид:

$$K_{n.y} = \frac{S}{V} = \frac{k_{np}}{l}, \quad (1)$$

где: $K_{n.y}$ – конструктивный фактор поверхности упаковки; S – площадь поверхности упаковки; V – объём упаковки; k_{np} – приведенный коэффициент формы упаковки; l – характерный размер упаковки.

В формуле (1) через приведенный коэффициент формы упаковки приведена только односторонняя форма воздействия на конструктивный фактор поверхности упаковки. В соответствии с "законами" симметрии существует другой фактор влияния, связанный с абсолютными размерами упаковки (рис. 1).

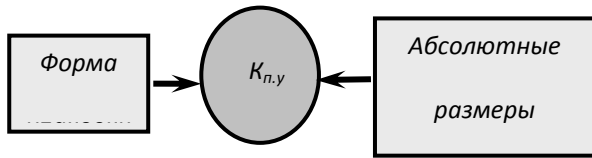


Рис. 1. Схема для оценки влияния на конструктивный фактор упаковки

Fig. 1. Chart for the estimation of influence on the structural factor of packing

Определение конструктивного фактора поверхности упаковки [13, 15]. Сравнительная характеристики исследуемых объектов основывается на известном уравнении Ньютона, которым характеризуется теплообмен:

$$Q = kS \Delta t, \quad (2)$$

где: Q – мощность теплового потока; k – коэффициент теплопередачи; Δt – температурный напор.

Величина мощности теплового потока оценивается формулой:

$$Q = \frac{E}{\tau}, \quad (3)$$

где: E – количество тепловой энергии, которое передается упаковке; τ – время осуществления процесса.

При этом:

$$E = mc(t_{(к)} - t_{(н)}), \quad (4)$$

где: m – масса упаковки; c – теплоёмкость продукта; $t_{(к)}$ и $t_{(н)}$ – конечная и начальная температуры продукта.

Поскольку через значение массы определяется объём продукта:

$$V_{np} = \frac{m}{\rho}, \quad (5)$$

где: ρ – удельная масса продукта.

Тогда формула (4) трансформируется к виду:

$$E = V_{np} \rho c(t_{(к)} - t_{(н)}). \quad (6)$$

При соответствующих подстановках получаем:

$$E = V_{np} \rho c(t_{(к)} - t_{(н)}) = kS \Delta t \tau. \quad (7)$$

Отсюда найдём:

$$\frac{S}{V_{np}} = \frac{\rho c(t_{(к)} - t_{(н)})}{k \Delta t \tau}. \quad (8)$$

В общей части исследования будем считать, что объём продукта V_{np} и общий объём упаковки V близкие и потому $V_{np} \approx V$:

$$\frac{S}{V} = \frac{\rho c(t_{(к)} - t_{(н)})}{k \Delta t} \cdot \frac{1}{\tau}. \quad (9)$$

Поскольку к комплексу:

$$\frac{\rho c(t_{(к)} - t_{(н)})}{k \Delta t} = \beta, \quad (10)$$

входят только стабилизированные параметры для исследуемой системы, тогда:

$$\frac{S}{V} = \beta \frac{1}{\tau}; \quad (11)$$

$$\tau = \beta \frac{V}{S} = \frac{\rho c(t_{(к)} - t_{(н)})}{k \Delta t} \cdot \frac{V}{S}. \quad (12)$$

Отсюда следует, что для упаковок при прочих равных условиях время нагревания (охлаждение) упаковки обратно пропорционально площади ее поверхности S [14, 16].

Отход от этого положения указывает на влияние абсолютных размеров упаковок на условия теплопередачи. При таком переходе принципиальная роль принадлежит коэффициенту кратности перехода $k_{кр}$. Рассмотрим это.

Чаще всего используются такие формы упаковки: призма, куб, параллелепипед, пирамида, цилиндр, и др. [17].

Относительно каждой из них существуют соотношения геометрических параметров, которые минимизируют площадь поверхности при стабилизированном объёме. Отступление от последнего условия является важным фактором, как минимизации удельной поверхности, так и наоборот рост последнего показателя. Для объяснения вернемся к формуле (1). Из неё видно, что существует еще один мало заметный путь к оптимизации, связанный с масштабным переходом тех же форм. Остановимся на некоторых из них.

Известно, что сфера имеет соотношение:

$$S = \pi d^2; \quad V = \frac{1}{6} \pi d^3. \quad (13)$$

Тогда удельная поверхность:

$$\frac{S}{V} = \frac{6}{d}. \quad (14)$$

Если за начальное значение отсчета примем условную единицу, например, $d_{(н)} = 1м$, тогда переход его в изменении в сторону уменьшения или увеличения учтём коэффициентом кратности $k_{кр}$ геометрического параметра:

$$\frac{S}{V} = \frac{6}{k_{кр} d_{(н)}}. \quad (15)$$

Результаты расчетов удельной поверхности упаковки приведены на рис. 2.

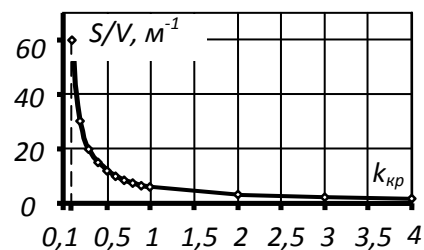


Рис. 2. Влияние коэффициента кратности на удельную площадь поверхности упаковки

Fig. 2. Influence of coefficient of multiplexes on the specific area of packing surface

Поскольку на изменение удельной площади поверхности влияет только коэффициент кратности $k_{кр}$, тогда аналогичные зависимости будут иметь место и для других форм.

Так для упаковки цилиндрической формы запишем:

$$S_{ц} = \pi dh + \frac{\pi d^2}{2}; \quad V_{ц} = \frac{\pi d^2}{4} h, \quad (16)$$

где: h – высота цилиндра.

Если принять $h=d$ (как для цилиндра с минимизированной поверхностью), тогда:

$$S_{ц} = \pi d^2 + \frac{\pi d^2}{2} = 1,5\pi d^2, \quad V_{ц} = \frac{\pi d^3}{4}. \quad (17)$$

Отсюда определяем:

$$\frac{S_{ц}}{V_{ц}} = \frac{15 \cdot 4\pi d^2}{\pi d^3} = \frac{6}{d} \text{ м}^{-1}. \quad (18)$$

Очевидно, что при условии $h \neq d$ условие минимизированной площади поверхности цилиндра нарушается и это нарушение будет в пользу роста показателя $S_{ц}/V_{ц}$. Примем $h=\psi d$, где ψ – коэффициент соотношения геометрических параметров.

Тогда:

$$S_{ц} = \pi d^2 \psi + \frac{\pi d^2}{2} = \pi d^2 (\psi + 0,5), \quad (19)$$

$$V_{ц} = \frac{\pi d^3}{4} \psi, \quad (20)$$

$$\frac{S_{ц}}{V_{ц}} = \frac{4\pi d^2 (\psi + 0,5)}{\pi d^3 \psi} = \frac{4\psi + 2}{d\psi}. \quad (21)$$

При условии $h \neq d$ минимизированная площадь поверхности цилиндра нарушается и это нарушение будет в пользу показателя $S_{ц}/V_{ц}$. Примем $h=\psi d$, где ψ – коэффициент соотношения геометрических параметров.

$$\frac{S_{ц}}{V_{ц}} = \frac{4\pi d^2 (\psi + 0,5)}{\pi d^3 \psi} = \frac{4\psi + 2}{d\psi}. \quad (22)$$

Если принять значение $\psi=1$, тогда получим результат, который совпадает с условием (15).

Выполним численную оценку влияний факторов. В соотношения (15) введем коэффициент кратности $k_{кр}$ и получим:

$$\frac{S_{ц}}{V_{ц}} = \frac{6}{k_{кр} d}. \quad (23)$$

Данные расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Оценка влияния коэффициента кратности $k_{кр}$ на соотношение $S_{ц}/V_{ц}$, м^{-1}

Table 1. Estimation influence coefficient multiples $k_{кр}$ on correlation of $S_{ц}/V_{ц}$, m^{-1}

$k_{кр}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$S_{ц}/V_{ц}$	60	30	20	15	12
$k_{кр}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$S_{ц}/V_{ц}$	10	8,57	7,5	6,67	6,0
$k_{кр}$	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$S_{ц}/V_{ц}$	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0
$k_{кр}$	7,0	8,0	9,0	10,0	20,0
$S_{ц}/V_{ц}$	0,875	0,75	0,667	0,6	0,3

Таким образом, данные таблицы 1 доказывают, что уменьшение размеров цилиндрических упаковок (как и сферических), в которых соотношение $h=d$ минимизирует площадь поверхности, приводит к быстрому росту удельной поверхности $S_{ц}/V_{ц}$ и со-

ответствующего уменьшения времени их тепловой обработки.

Влияние параметра ψ на соотношение $S_{ц}/V_{ц}$ отображено данными таблицы 2.

Таблица 2. Соотношение $S_{ц}/V_{ц}$ в зависимости от ψ при условии $d=const=1$

Table 2. Correlation of $S_{ц}/V_{ц}$ depending on ψ on condition of $d=const=1$

ψ	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$S_{ц}/V_{ц}$	14,0	9,0	7,33	6,5	6,0
ψ	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$S_{ц}/V_{ц}$	5,66	5,43	5,25	5,11	5,0

Подобный характер должен быть присущ для тел любой формы, так как площадь поверхности тела пропорциональна квадрату его линейного размера, а объём – кубу.

Найдем подобные соотношения для упаковок других форм.

Открытый цилиндр. Для него имеем:

$$S_{ц} = \pi dh + \frac{\pi d^2}{4} = \pi d^2 \psi + \frac{\pi d^2}{4} = \pi d^2 (+0,25); \quad (24)$$

$$\frac{S_{ц}}{V_{ц}} = \frac{4\pi d^2 (\psi + 0,25)}{\pi d^3 \psi} = \frac{4\psi + 1}{\psi d}. \quad (25)$$

Если $\psi=0,5$, что соответствует условию минимизации площади поверхности, тогда:

$$\frac{S_{ц}}{V_{ц}} = \frac{3}{d\psi}. \quad (26)$$

Аналогично для куба закрытого получаем:

$$S_{к} = 6a^2; \quad V_{к} = a^3, \quad (27)$$

где: a – длина ребра куба.

$$\frac{S_{к}}{V_{к}} = \frac{6}{a}. \quad (28)$$

Для открытого куба имеем:

$$\frac{S_{к}}{V_{к}} = \frac{5}{a}. \quad (29)$$

Для закрытого конуса с минимизированной площадью поверхности имеем:

$$S_{кон} = \pi R^2 + \pi R \sqrt{R^2 + H^2} = 4\pi R^2, \quad (30)$$

$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 H; \quad H = R\sqrt{8}, \quad (31)$$

$$\frac{S_{кон}}{V_{кон}} = \frac{3 \cdot 4\pi R^2}{\pi d^3 \sqrt{8}} = \frac{12}{\sqrt{8}R}. \quad (32)$$

Для параллелепипеда с квадратной основой при условии $h=\psi a$:

$$S_n = 2a^2 + 4ah = 2a^2 + 4a^2\psi = 2a^2(1+2\psi), \quad (33)$$

$$V_n = a^2\psi a = a^3\psi, \quad (34)$$

$$\frac{S_n}{V_n} = \frac{2a^2(1+2\psi)}{a^3\psi} = \frac{2+4\psi}{a\psi}. \quad (35)$$

Для открытого параллелепипеда получаем:

$$\frac{S_{n.г}}{V_{n.г}} = \frac{1+4\psi}{a\psi}. \quad (36)$$

Сферический шар:

$$R^2 = a^2 + \left[\frac{a^2 - b^2 - h^2}{2h} \right]^2, \quad (37)$$

$$S_{c.m} = \pi(2Rh + a^2 + b^2), \quad (38)$$

$$V_{c.m} = \pi h \frac{3a^2 + 3b^2 + h^2}{6}, \quad (39)$$

$$\frac{S_{c.m}}{V_{c.m}} = \frac{6(2Rh + a^2 + b^2)}{h(3a^2 + 3b^2 + h^2)}. \quad (40)$$

Тогда:

$$S_m = 4\pi^2 Rr, \quad (41)$$

$$V_m = 2\pi^2 Rr^2, \quad (42)$$

$$\frac{S_m}{V_m} = \frac{2}{r}. \quad (43)$$

Соотношения S/V представлены, как функции геометрических параметров. Однако последние по каждой фигуре разные, а потому для получения числовых данных и возможности сравнения результатов необходимо разные случаи привести к одинаковому объему.

Для возможности более широкого обобщения полученных результатов сделаем сравнение с этой точки зрения многогранников [7]. Известно, что в соответствии с формулой Эйлера число ребер L , число вершин N и число граней F многогранника связаны равенством:

$$N - L + F = 2. \quad (44)$$

Тетраэдр. Все четыре грани - равносторонние треугольники. Тетраэдр имеет четыре вершины и шесть ребер длиной a :

$$V_m = \frac{a^3 \sqrt{2}}{12}; \quad S_m = a^2 \sqrt{3}; \quad R = \frac{a\sqrt{6}}{4}; \quad (45)$$

$$r = \frac{a\sqrt{6}}{12}, \quad H = \frac{a\sqrt{6}}{3}, \quad (46)$$

где: R - радиус описанной сферы; r - радиус вписанной сферы; H - высота.

$$\frac{S_m}{V_m} = \frac{a^2 \sqrt{3} \cdot 12}{a^3 \sqrt{2}} = \frac{12\sqrt{3}}{a\sqrt{2}} = \frac{14,669}{a}. \quad (47)$$

Октаэдр. Все восемь граней - равносторонние треугольники. Октаэдр имеет шесть вершин и двенадцать ребер:

$$V_{ок} = \frac{a^3 \sqrt{2}}{3}, \quad S_{ок} = 2a^2 \sqrt{3}, \quad R = \frac{a\sqrt{2}}{3}, \quad r = \frac{a\sqrt{6}}{6}, \quad (48)$$

$$\frac{S_{ок}}{V_{ок}} = \frac{6\sqrt{3}}{a\sqrt{2}} = \frac{7,35}{a}. \quad (49)$$

Додекаэдр. Все двенадцать граней - правильные треугольники. Додекаэдр имеет двенадцать вершин и тринадцать ребер:

$$V_{\delta} = \frac{a^3(15 + 7\sqrt{5})}{4}, \quad S_{\delta} = 3a^2 \sqrt{5(5 + 2\sqrt{5})}, \quad (50)$$

$$R = \frac{a\sqrt{3}(1 + \sqrt{5})}{4}, \quad r = \frac{a\sqrt{10(25 + 11\sqrt{5})}}{20}, \quad (51)$$

$$\frac{S_{\delta}}{V_{\delta}} = \frac{12\sqrt{5(5 + 2\sqrt{5})}}{a(15 + 7\sqrt{5})} = \frac{2,694}{a}. \quad (52)$$

Икосаэдр. Все двадцать граней - равносторон-

ные треугольники. Икосаэдр имеет двенадцать вершин и тридцать ребер.

$$\frac{S_i}{V_i} = \frac{12\sqrt{3}}{a(3 + \sqrt{5})} = \frac{3,969}{a}. \quad (53)$$

Решая задачу сопоставления разных форм упаковок, примем для удобства подсчетов $V = 1m^3$ и для условия высчитываем значение d , a и соотношение S/V (таблица 3).

Таблица 3. Сравнительные соотношения геометрических параметров

Table 3. Comparative correlations of geometrical parameters

Параметр	Сфера	Икосаэдр	Додекаэдр
$d, м$	$\frac{1,241}{0,985}$	-	-
$a, м$	-	$\frac{0,77}{0,612}$	$\frac{0,507}{0,4}$
$S/V, м^{-1}$	$\frac{4,835}{6,091}$	$\frac{5,15}{6,485}$	$\frac{5,3}{6,735}$
Кратность роста	1,26	1,26	1,26

Параметр	Цилиндр	Октаэдр	Куб	Тетраэдр
$d, м$	$\frac{1,084}{0,86}$	-	-	-
$a, м$	-	$\frac{1,285}{1,06}$	$\frac{1}{0,794}$	$\frac{2,039}{1,618}$
$S/V, м^{-1}$	$\frac{5,535}{6,977}$	$\frac{5,72}{6,934}$	$\frac{6}{7,557}$	$\frac{7,208}{9,085}$
Кратность роста	1,26	1,26	1,26	1,26

Для оценки влияния кратности перехода определяем соотношение геометрических параметров для $V = 1m^3$ (данные числителей), а в знаменателях при $V = 0,5m^3$.

Порядок представления данных упаковок разной формы в таблице 3 отвечает росту показателя S/V (от сферы, для которой $\frac{S}{V} = \frac{4,835}{6,091}$). Очевидно,

что по показателю пальмы первенства S/V преимущество имеет именно тетраэдр.

Подсчеты величин d и a осуществлялись с использованием известных формул. Например, для сферы с заданным $V = 1m^3$ имеем:

$$d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi}}, \quad (54)$$

для тетраэдра с $V_m = 1m^3$ получаем:

$$a = \sqrt[3]{\frac{12V}{\sqrt{2}}} = \sqrt[3]{\frac{12}{\sqrt{2}}}. \quad (55)$$

Записанная в таблице 3 последовательность показывает, как с переходом от одной фигуры к другой изменяются возможности интенсификации

теплопередачи. Переход от сферы к тетраэдру приводит к росту удельной поверхности в: $7,208:4,835=1,49$.

Величина роста остается такой же и для случая $V=0,5\text{ м}^3$: $9,085:6,091=1,49$.

Сравнение преимуществ куба и цилиндра даёт значение: $6:5,535=1,084$; $7,557:6,977=1,084$.

Таким образом, для данных фигур наименьшее время обработки отвечает тетраэдру, а большее - сфере.

Вернувшись к таблице 3, отметим, что кратность роста для всех фигур при уменьшении объёму в два раза представляет величину 1,26. Числа 2 и 1,26 логично связаны, поскольку: $\sqrt[3]{2}=1,25992\approx 1,26$, что указывает на пропорциональность объёма куба как геометрического параметра.

ВЫВОДЫ

1. Задача поиска соотношений геометрических параметров упаковок имеет двойной конечный результат. С одной стороны возможной и целесообразной является вопрос минимизации поверхностей упаковок, с чем связывают минимизацию расходов упаковочных материалов. Для разных форм упаковок соотношения геометрических параметров, которые минимизируют их площадь при стабилизированных объёмах, известны. Такая минимизация уменьшает эффективную площадь теплопередачи, что замедляет процессы тепловой обработки продукции в герметизированных упаковках.

2. Эффективным направлением в ускорении процессов пастеризации (стерилизации) концентрированной продукции является миниатюризация упаковок, за счёт которой растёт удельная поверхность теплообмена.

3. Установлены аналитические зависимости, которые указывают на возможность существенного сокращения времени тепловой обработки за счёт увеличения удельной поверхности теплообмена.

4. Показано влияние на удельную поверхность упаковки коэффициента кратности её геометрических размеров.

5. Получены аналитические зависимости, которые устанавливают взаимосвязи между показателями удельной поверхности упаковок разной формы от коэффициентов кратности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Адлер Ю.П. 1976.** Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука. 279.
2. **Алфутов А.А. 1978.** Основы расчета на устойчивость упругих систем / Алфутов А.А. – М.: Машиностроение. 312.
3. **Аносов Ю.И. 1966.** О нелинейных колебаниях жидкости в цилиндрической полости / Ю.И. Аносов // Прикладная механика. № 10, 22-28.

4. **Антонов В.А. 1999.** Биофизика / Антонов В.А. – М.: Гуманист, изд. центр ВЛАДОС. 288.
5. **Аудитор Е.Ф. 1977.** Новые методы в теплопередаче / Аудитор Е.Ф. – М.: Мир. 230.
6. **Батунер Л.М. 1971.** Математические методы в химической технике / Л. Батунер, М. Позин - Л.: Химия. 824.
7. **Бронштейн И.Н. 1986.** Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Бронштейн, Н. Семендяев. – М.: Наука, Гл. ред. физ. мат. литературы. 544.
8. **Варфоломеев А.И. 2001.** Усовершенствование технологических процессов и оборудование для стабилизации качества жидких пищевых продуктов: автореф. дис. На получение наук. степени канд. тех. наук: спец. 05.18.12 "Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств" / А.И. Варфоломеев. – К. 19. (Украина).
9. **Варфоломеев А.И. 2001.** Выбор геометрии упаковок / А. Варфоломеев, Й. Сторожко // Упаковка. - № 2. – 54-55. (Украина).
10. **Васильковский К.В. 1997.** Моделирование и оптимизация рабочих процессов и совершенствование оборудования транспортно-технологических систем в пищевой промышленности: автореф. дис. на получение наук. степени канд. тех. наук: спец. 05.18.12 "Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств" / К.В. Васильковский. – К. 20. (Украина).
11. **Соколенко А.И., Яровой В.Л., Поддубный В.А. и др. 2004.** Моделирование процессов упаковки. / под ред. А.И. Соколенка. - Винница: Новая книга. 272. (Украина).
12. **Рогачев В.И., Бабарин В.П., Гельфанд С.Ю., Филипович В.П. 1986.** Проблемы стерилизации пищевых продуктов / М.: Итоги науки и техники, серия «Технология органических веществ». Т. 12. – ВИНТИ.
13. **Семёнов А.М. 2006.** Выбор геометрии упаковки / О.М. Семёнов, В.А. Поддубный, А.И. Соколенко // Упаковка. - № 5. 30-32. (Украина).
14. **Систер В.Г. 1998.** Принципы повышения эффективности тепломассообменных процессов / В. Систер, Ю. Мартынов. – Калуга: изд-во Н. Бочкаревой. 508.
15. **Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л. 2002.** Справочник специалиста пищевых производств. Теплофизические процессы. Энегосбережение / под ред. А.И. Соколенко. – [2-е изд.]. – К.: АртЕк. 370.
16. **Соколенко А.И. 2004.** Справочник механика пищевой промышленности / Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л. – К.: АртЕк. 304.
17. **Федоткин И.М. 1979.** Интенсификация технологических процессов / Федоткин И.М. – К.: Вища школа. 343.
18. **Соколенко А.И., Костин В.Б., Васильковский К.В. и др. 2000.** Физико-химические методы обработки сырья и продуктов питания / под ред. А.И. Соколенка. - К.: АртЕк. 306. (Украина).

19. **Хартман К. 1977.** Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / Хартман К., Лецкий Э., Шеффер В. – М.: Мир. 552.
20. **Ярьсько В.П. 1987.** Разработка методов расчета и совершенствования оборудования для механизации ПРТС-работ со стеклотарной продукцией пищевых производств. автореф. дис. на соискание науч. степени канд. тех. наук: спец. 05.18.12 «Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств» / В.П. Ярьсько. – К. 19.

INFLUENCE OF CORRELATIONS GEOMETRICAL PARAMETERS OF PACKING ON INDEX OF SPECIFIC SURFACE

Summary. In the article possibility of intensification of transient be hairs of heating and cooling of the pressurized packing is examined with products due to the increase of specific surface that is determined by attitude of area of surface toward their volume. Deployment of methods of thermal treatment of the packaged products with the purpose of pasteurization and sterili-

zation set the problem of the use of packing with amegascopic specific surface, id east by the surface attributed to the volume of packing. Obviously, those in interests the acceleration of the stages of heating and cooling of packing it is desirable to have a megascopic specific surface of heat transfer. Not only a form but also packing volume matter from this point of view, as an area of surface is proportional the last to the square of linear size, and her volume – to the cube.

Methodology of calculations is worked out on determination of specific surface of packing in the conditions of change of scale transitions.

A calculation is conducted as evaluated by the changes of specific surface of packing due to the change of correlations of geometrical parameters and form of packing.

In flounce is considered on the specific surface of packing of coefficient of multiplexes of her geometrical sizes.

Key words: packing form, specific surface, coefficient of multiplexes, geometrical parameter, volume.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ РАБОТЕ ПЛУГА С ДИСКОВИМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕМ

Дмитрий Скоробогатов, Иван Бендера

*Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: dskorobogatov@i.ua*

Dmitriy Skorobogatov, Ivan Bendera

*Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: dskorobogatov@i.ua*

Аннотация. При применении зеленых удобрений наиболее затратными являются технологические операции обработки почвы. Мероприятия ресурсосбережения или, другими словами, минимизации обработки почвы, в этом случае заключается в его комплексном техническом обеспечении на основе нового поколения сельскохозяйственных машин, в том числе на базе лемешно-полочных и дисковых рабочих органов. Без проведения экспериментальных испытаний невозможно объективно определить параметры рабочих органов для обработки почвы. В статье приведены результаты и анализ экспериментальных испытаний расхода топлива при работе плуга с дисковым измельчителем. По результатам экспериментальных исследований и обработки полученных данных разработаны регрессионные математические модели, которые характеризуют изменения энергетического показателя – расход топлива и агротехнических данных – ширина захвата, выравнивания поверхности поля, глубины обработки и глубины заделки растительных остатков в зависимости от конструктивно-технологических параметров – угла атаки дисковой батареи, высоты установки дисковой батареи относительно носка лемеха плуга и скорости движения плуга с дисковым измельчителем.

Поскольку параметры комбинированного плуга влияют на агротехническое качество и энергоёмкость неоднозначно, для более полной оценки эффективности работы почвообрабатывающего агрегата для заделки сидеральных удобрений был разработан компромиссный показатель. Предложенный показатель с учетом значимости учитывает относительно отклонение значений отдельных качественных показателей обработки почвы от технологически заданных. Показано как влияет на расход топлива изменение различных параметров, а именно угла атаки дискового измельчителя, высоты установки дисков, изменения скорости движения агрегата.

Ключевые слова: плуг, диск, измельчитель, расход топлива, сидеральная культура, удобрение.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Без проведения экспериментальных испытаний невозможно объективно определить параметры рабочих органов для обработки почвы. Особенно это

касается объединения групп почвообрабатывающих рабочих деталей в одной машине. Испытания совместного влияния дискового измельчителя для обеспечения измельчения стеблей сидеральных культур и расхода топлива при механизированной обработке почвы есть одной из актуальных задач, которая требует решения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИСПЫТАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Обоснованию параметров дисков для поверхностной обработки почвы и плугов для вспашки посвящено значительное количество публикаций [1-8, 12-22]. Значительный интерес представляют комбинированные многооперационные агрегаты, которые позволяют в 1,5-2 раза сократить количество проходов техники по полю, сохранить влажность, сократить время совершения технологических приемов в периоды органических агротехнических сроков [5, 9, 10, 11, 18]. Что касается комбинированных агрегатов для вспашки почвы, то большая часть на рынке аграрной техники Украины пока ещё незначительна. В то же время, они требуют проведения испытаний согласно определенных качественных показателей обработки почвы, поскольку объединения плуга с дисковым измельчителем существенно влияет на эти показатели.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является экспериментальное определение конструктивных и технологических параметров работы плуга с дисковым измельчителем при заделке растительных остатков сидеральных и энергетических культур сплошного посева.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

При заделке сидеральных культур и растительных остатков энергетических культур, дисковые рабочие детали измельчают стебли, вспахивают почву и смешивают измельченные растительные остатки с почвой. Плуг совершает окончательную их заделку в почву.

Лабораторно-полевые испытания плуга с дисковым измельчителем (условная марка ПЛН-3-35Д) в агрегате с трактором МТЗ-82 (рис. 1.) проводились на чернозёмной почве с ровным рельефом по стерне сои при количестве растительных остатков от 300 до

400 г/м² и исходной гребнистости поверхности от 4 до 5 см на полях испытательного хозяйства Подольского аграрно-технического университета Хмельницкой области в период с 15 по 19 сентября 2007 года.



Рис. 1. Плуг с дисковым измельчителем в работе
Fig. 1. Plough rotary chopper in the work

Компоновочные параметры плуга с дисковым измельчителем имели следующие значения: ширина захвата – 1050 мм; ширина захвата корпуса 350 мм, а в поперечно-вертикальной плоскости – 800 мм; расстояние от дискового измельчителя до носка заднего корпуса – 1300 мм. Основные конструктивные параметры рабочих деталей дискового измельчителя: ширина захвата 950 мм. (с углом установки дисков 32°); границы изменения угла установки дисков от 24 до 41°, диаметр дисков 450 мм; шаг между дисками 140 мм.

В результате реализации факторного эксперимента по *D*- оптимальному плану второго порядка Бокса-Бенкина получены данные, которые характеризуют зависимость расхода топлива от конструктивно-технологических параметров плуга с дисковым измельчителем: угла установки дисков, глубины установки дисков и скорости движения плуга с дисковым измельчителем. Полученные в результате реализации плана эксперимента средние значения исследованных величин, на основании трехкратного испытания, приведенные в таблице 1.

Обработка экспериментальных данных с помощью стандартного машинного программного обеспечения позволила получить следующие математические модели второго порядка для каждой из функций отклика:

$$q = 13,0999 + 2,016 \alpha + 0,0817 h_D - 14,8773 v - 0,0486 \alpha^2 + 0,0003 h_D^2 + 0,6156 v^2 - 0,0003 \alpha h_D + 0,3089 \alpha v + 0,0114 h_D v, \quad (1)$$

где *q* – расход топлива во время работы агрегата, кг/га; *α* – угол установки (атаки) дисков, град.; *h_D* – глубина установки дисков, мм; *v* – скорость движения плуга с дисковым измельчителем, км/час.

Таблица 1. – Результаты экспериментально-го определения расхода топлива

Table 1. Results of experimental determination of fuel consumption

№ п/п	Факторы			Среднее значение расхода топлива, кг/га
	угол установки дисков, град.;	глубина установки дисков, мм	скорость движения, км/ч	
1	32	80	4	29,38
2	24	20	4	15,90
3	32	20	4	22,05
4	24	80	4	23,39
5	32	50	6	26,73
6	24	50	2	27,88
7	32	50	2	25,09
8	24	50	6	19,64
9	28	80	6	30,76
10	28	20	2	22,45
11	28	80	2	31,98
12	28	20	6	18,51
13	28	50	4	23,15
14	28	50	4	23,15
15	28	50	4	23,15

Статистическая обработка результатов экспериментов проводилась по общеизвестным методикам оценки однородности дисперсий по критерию Кохрена и оценкой адекватности уравнения регрессии с использованием критерия Фишера.

Испытания влияния факторов на расход топлива при работе плуга с дисковым измельчителем показали (рис. 2, 3, 4), что на расход топлива частично влияет угол установки дисков. Так при высоте установки дисковой батареи по отношению к носку лемеха 50 мм, расход топлива составил от 20 до 24 кг/га при изменении угла установки дисков от 24° до 32°.

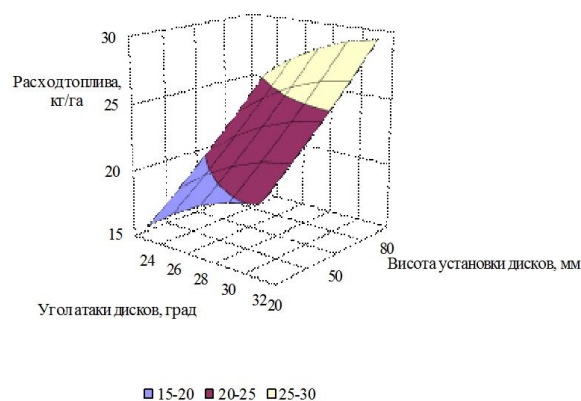


Рис. 2. Влияние расхода топлива при работе плуга с дисковым измельчителем угла атаки и высоты установки дисков

Fig. 2. Effect on determination of fuel consumption at work plow disk grinder of the plow rotary chopper attack angle and height of installation disks

Влияния высоты установки дисков однозначно влияет на расход топлива, которые связаны с увеличением расхода энергии на преодоление тягового сопротивления при углублении корпусов плуга и наоборот. При увеличении высоты установки дисковой батареи по отношению к носку лемеха от 20 до 80 мм, расход топлива увеличивается от 16 до 29 кг/га.

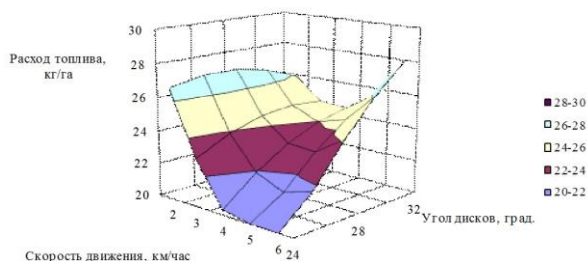


Рис. 3. Влияние расхода топлива при работе плуга с дисковым измельчителем угла атаки дисков и скорости движения

Fig. 3. Effect on determination of fuel consumption at work plow disk grinder of the plow rotary chopper attack angle and the speed of movement

Скорость движения плуга с дисковым измельчителем неоднозначно влияет на расход топлива, которые связаны с повышенным расходом топлива при низких скоростях движения и увеличением расхода энергии при движении на высоких скоростях движения.

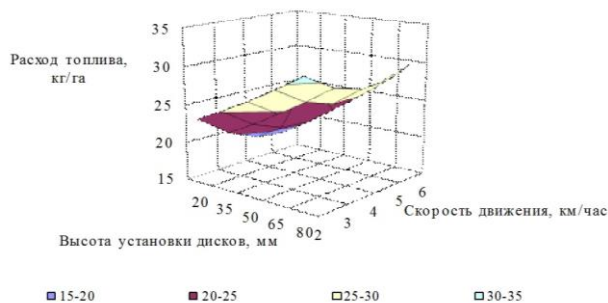


Рис. 4. Влияние на затраты топлива при работе плуга с дисковым измельчителем высоты установки дисков и скорости движения

Fig. 4. Effect on determination of fuel consumption at work plow disk grinder of the plow height of installation disks and the speed of movement

При изменении скорости движения плуга с дисковым измельчителем от 3 до 5 км/час, расход топлива минимальные и находятся в пределах от 19 до 24 кг/га. В этих же пределах меняется скорость движения плуга с дисковым измельчителем. Минимальный расход топлива составляют от 18 до 19 кг/га при высоте установки дисковой батареи по отношению к носку лемеша 20 мм, от 23 до 24 кг/га при высоте установки дисковой батареи по отношению к носку лемеша 50 мм и от 28 до 30 кг/га при высоте установки дисковой батареи по отношению к носку лемеша 80 мм.

ВЫВОДЫ

Таким образом, влияние угла установки дисков, глубины установки дисков и скорости движения плуга с дисковым измельчителем на расход топлива имеет неоднозначный характер. При скорости движения плуга с дисковым измельчителем от 4 до 5 км/час расход топлива минимальный и находится в пределах от 18 до 30 кг/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Синеоков Г.Н., Панов И.М. 1977:** Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение. – 311.
2. **Стрельбицкий В.Ф. 1978.** Дисковые почвообрабатывающие машины. – М.: Машиностроение. – 135.
3. **Цимерман М.З. 1978.** Рабочие органы почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение. – 295.
4. **Дубровин В.А., Голубь Г.А., Скоробогатов Д.В. 2007.** Обоснование диаметра дисков измельчителя стеблей сидеральных культур // Научный вестник Национального аграрного университета. – Киев: Нау. – Стр. 117. – 388. (Украина).
5. **Дубровин В.А., Голубь Г.А., Скоробогатов Д.В., Тищенко С.С. 2008.** Экспериментальные испытания плуга с дисковым измельчителем // Научный вестник Национального аграрного университета. – Киев: НАУ. – Стр.125. – 304. (Украина).
6. **Босой Е.С., Вернаев О.В., Смирнов И.И. 1977.** Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. М.: Машиностроение. – 568.
7. **Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. 1994.** Сельскохозяйственные машины. – К.: Урожай. – 448. (Украина).
8. **Городин М.М., Шикун М.К., Гудков И.М. 1993.** Агроекология. – К.: Высшая школа. – 416.
9. **Дебелый Г.А. 2000.** Однолетний узколиственный люпин на зеленое удобрение. // Зерновые культуры – № 5. – 19.
10. **Довбан К. И. 1990.** Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат. – 208.
11. **Довбан К.И. 1992.** Сидерация в интенсивном земледелии. Обзор инф. / ВНИ ТЕХАгропром – М. – 68.
12. **Дубровин В.А. 1997.** Механико-технологическое обоснование дифференциации средств механизации вспашки // Диссертация доктора технических наук – Глеваха. – 310. (Украина).
13. **Карпенко А.Н., Каланский В.М. 1983.** Сельскохозяйственные машины. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос. – 495.
14. **Кленин Н.И., Сакун В.А. 1980.** Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос. – 671.

15. **Летошнев М.Н. 1955.** Сельскохозяйственные машины. – М. – Л.: Сельхозгизд. – 764.
16. **Панов И.М., Сагун В.А. 1985.** Пути повышения производительности агрегатов для вспашки // – Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 7. – 21.
17. **Сабликов М.В. 1968.** Сельскохозяйственные машины. Часть.2. Основы теории технологического расчета. М., “Колос”. – 296.
18. **Таймонов А.М. 1992.** Заделка сидератов в почву. // Земледелие.– № 3. – 64.
19. **Хорошилов А.Д. 1940.** Корпуса глубокопахотных плугов // Почвообрабатывающие машины. – М.–1. – № 3. – 73.
20. **Литвинов О. 2006.** К динамическому расчету машин / Литвинов О., Танас В. // Motrol. – Том 8А – 210 – 223.
21. **Сукач М.К. 2011.** Сопротивление песчаной почвы при плотном резанье широким ножом / Сукач М.К., Новиков Р.Ю. // Motrol. – Том 13С. 183–189.
22. **Дубровин В.А., Скоробогатов Д.В. 2014.** // MOTROL. Экспериментальные исследования агротехнических показателей работы плуга с дисковым измельчителем. – Люблин – Том 16 №3 – 229–236.

DETERMINATION OF FUEL CONSUMPTION AT WORK PLOW DISK GRINDER

Summary. In applying green manures are the most expensive technological operations tillage. Events

resource or, in other words, minimizing tillage, in this case lies in its comprehensive technical support through a new generation of agricultural machinery, including on the basis of plow-shelf disk and working bodies. Without experimental tests objectively impossible to define the parameters of working organs for soil treatment. The results of experimental testing and analysis of fuel consumption when operating plow with a disk grinder. According to the results of experimental studies and data processing are developed regression mathematical models that characterize the change in the energy index - fuel consumption and agronomic data - width, evenness of the surface of the field, the depth of processing and planting depth of crop residues, depending on the constructional and technological parameters - the angle of attack of disk Battery, Battery mounting height of the disk with respect to the sock Ploughshares and the speed of the plow with a disk grinder.

Since the parameters of the combined plow affect the agronomic quality and power consumption is ambiguous, for a more complete assessment of the effectiveness of the tillage unit to seal green manures developed a compromise figure. The proposed measure takes into account the importance of taking into account the relative deviation of the values of individual quality indicators tillage of technologically defined. It is showing the effect on fuel consumption changing of various parameters, namely the angle of attack of the disc grinder mounting height disk speed change unit.

Key words: plow, disk shredder, tillage, fuel consumption, green manure, green manure crops, fertilizer.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЖИВОТНЫХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Михаил Торчук, Людмила Михайлова, Виктор Дубик, Сергей Слободян
Подольский государственный аграрно-технический университет
Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: tvmichael@meta.ua

Michael Torchuk, Lyudmila Mikhailova, Viktor Dubik, Sergey Slobodyan
Podolsky State Agricultural and Technical University
St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: tvmichael@meta.ua

Аннотация. Применение электромагнитных полей даёт возможность лечения многих заболеваний за счёт вовлечения дополнительных внутренних ресурсов организма животных не медикаментозными средствами. По данным литературных источников из-за болезней самые высокие потери телят бывают до 15-дневного возраста. Проведенный анализ инфекционных болезней новорожденных телят показывает, что их болезни в первые дни жизни зависят от количества иммуноглобулинов, которые попадают в организм телят через молозиво коров.

В статье рассматривается теоретическая часть по определению параметров высокочастотного импульсного трансформатора для облучения молочной железы животных крупного рогатого скота с целью повышения иммуноглобулинов в молозиве коров и увеличения сохранности новорождённых телят.

Представляется, что предлагаемая методика может дать существенный результат по увеличению эффективности электромагнитной терапии и повысить сохранность новорождённых телят, а также уточнить биотропные параметры импульсного информационного электромагнитного излучения при котором увеличивается уровень иммуноглобулинов в молозиве коров.

Ключевые слова: импульсный трансформатор, импульсы электрического поля, молозиво, иммуноглобулины.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Использование микроволнового излучения в ветеринарии и медицине открывает новые возможности для лечения людей и животных не медикаментозными средствами, что свидетельствует о высокой терапевтической эффективности, отсутствию осложнений и побочных эффектов. Применение электромагнитных полей (ЭМП) даёт возможность лечения многих заболеваний за счёт вовлечения дополнительных ресурсов (нервная, эндокринная, иммунная, сосудистая система и др.), для восстановления систем саморегуляции, заблокированных негативной информацией на клеточном уровне [1].

По данным литературных источников из-за болезней самые высокие потери телят бывают до 15-дневного возраста. По общественным данным, на первые 5 дней жизни приходится 40–50% гибели телят, на первые 10 дней – 65–70% и до 15 – дневного

возраста – 75–80% от павших в течение первого года жизни. А также учитывая большую необходимость населения в сельскохозяйственных продуктах, в том числе на мясную и молочную продукцию, вопрос о здоровье и увеличении поголовья крупного рогатого скота всегда будет стоять на первых местах [2].

Проведенный анализ инфекционных болезней новорожденных телят показывает, что их болезни в первые дни жизни зависят от количества иммуноглобулинов, которые попадают в организм телят через молозиво коров [3].

В современных условиях для лечения заболеваний новорожденных телят используют антибиотики и химические препараты, которые наносят вред организму телят, а результаты лечения не всегда оказываются эффективными. А для повышения иммунологической ценности молозива принимают вакцинацию коров соответствующими антигенами. Однако эта процедура дорогостоящая и не всегда приводит к положительному результату. Биофизический анализ физико-химических процессов в биологических объектах показывает, что в медицине и ветеринарии всё большее внимание привлекают электромагнитные методы повышения иммуноглобулинов в молоке матерей и молозиве коров.

Таким образом, исследование и разработка способов и электронных систем для повышения иммуноглобулинов в молозиве коров с использованием информационного импульсного ЭМП является актуальной задачей в технологическом процессе воспроизводства животных КРС [4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Уникальные возможности информационных импульсных ЭМП нашли широкое применение в ветеринарной и медицинской практике [5-10]. Основное применение информационных ЭМП в животноводстве связано с лечением и повышением продуктивности животных. Высокая эффективность волн КВЧ диапазона для восстановления и поддержания гомеостаза живых организмов связана с тем, что используемые сигналы импульсного характера имитируют сигналы, генерируемые в тех же целях самим организмом.

Эффективность ЭМ-терапии зависит от множества факторов, множество которых невозможно учесть. Однако, можно выделить основные факторы, которые фиксируются в процессе ЭМ-терапии. Это импульсный характер ЭМИ, период следования импульсов - десятки мс, длительность импульсов - единицы мкс, амплитуда импульсов составляет (1-5) кВ. Что касается экспозиции при ЭМ-терапии, то она составляет десятки мин, а иногда и несколько часов. Это связано с тем, что для этих целей применялись импульсные генераторы с относительной нестабильностью частоты следования импульсов в пределах $10^{-3}..10^{-4}$.

Следовательно, повышение иммуноглобулинов в молозиве и молоке новотельных коров будет определяться величиной биотропных параметров импульсного ЭП [11].

Проведенный анализ показывает, что параметры выпускаемых импульсных трансформаторов, не отвечают требованиям технологического процесса повышения иммуноглобулинов в молозиве коров для целенаправленной коррекции иммунного гомеостаза новорожденных телят [12-14]. Поэтому создание импульсных генераторов для повышения иммуноглобулинов в молозиве коров требует проведения дополнительных исследований.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данной статьи является определение параметров работы импульсного трансформатора для облучения молочной железы животных крупного рогатого скота, с целью увеличения иммуноглобулинов в молозиве коров.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Предварительные исследования показали, что для повышения иммуноглобулинов в молозиве коров необходимы импульсные генераторы, отвечающие определенным требованиям [15-16].

Для формирования высоковольтных импульсных сигналов с длительностью $\tau=10^{-7}$ с нами применена система управления высоковольтным источником необходимой мощности, который включают на время действия импульса коммутирующим устройством [17].

Импульсный трансформатор применяется для повышения напряжения импульсов и для развязывания потенциалов вторичной цепи трансформатора от потенциала питающей цепи, а также для исключения в нагрузке постоянной составляющей тока питающего источника.

Для импульсного генератора основное требование, предъявляемое к импульсному трансформатору, заключается в неискаженной передаче формы трансформируемых импульсов напряжения.

Для трансформации импульсов напряжения чаще всего применяются трансформаторы специальной конструкции с ферромагнитным сердечником, основанные на использовании принципа электромагнитной индукции.

В отношении неискаженной передачи формы трансформируемых импульсов главное и решающее значение, определяющее конструкцию и габариты

импульсного трансформатора, имеют паразитные колебательные процессы, возникающие в трансформаторной цепи. Эти процессы обуславливаются, в основном, паразитной емкостью и индуктивностью рассеяния обмоток трансформатора. Колебательные процессы приводят к искажению фронта и среза трансформируемых импульсов.

Для устранения искажения формы трансформируемых импульсов необходимо стремиться к максимальному уменьшению величин паразитных параметров. Это достигается путем применения сердечника из специальных магнитных сплавов и обмоток нужной конструкции. Однако основное значение в этом направлении имеет уменьшение размеров сердечника и числа витков обмоток.

Уменьшение этих величин приводит к резкому повышению скорости изменения индукции в сердечнике, которая достигает колоссальных величин, достигающих до 100 Тл в секунду, что значительно превосходит скорость изменения индукции в обычных низкочастотных трансформаторах. При таких скоростях изменения индукции в массе сердечника наводятся мощные вихревые токи, которые при неправильной конструкции могут привести к недопустимому искажению вершины импульса.

Общая картина процессов в сердечнике определяется следующими основными физическими явлениями:

а) явлением электромагнитной индукции, устанавливающим связь между приложенным к обмотке трансформатора напряжением и законом изменения магнитного потока в сердечнике;

б) явлением гистерезиса, определяющим связь между величиной магнитной индукции в сердечнике и намагничивающим током;

в) явлением магнитного последействия, обусловленного специфическими инерционными свойствами магнитных материалов (магнитной вязкостью), которое проявляется во временном запаздывании намагничивания материала относительно намагничивающего тока.

Перечисленные явления определяют процессы в сердечнике трансформатора при любом режиме работы. Однако в импульсном режиме значимость и эффект некоторых из указанных явлений становятся особенно существенными. Кроме того, характер процессов, вызываемых явлением гистерезиса, принимает при импульсном режиме специфические формы.

При рассмотрении процессов в сердечнике в целях упрощения анализа будем считать активные сопротивления обмоток, их индуктивность рассеяния и паразитные емкости обмоток и нагрузки равными нулю. Эти параметры на процессы в «железе» трансформатора оказывают малое влияние.

Пусть имеется генератор G прямоугольных импульсов (рис. 1), который вырабатывает импульс амплитудой $u_t = E$ и длительностью τ . Выходное сопротивление генератора равно R_t .

Выходные клеммы генератора подсоединены к входным зажимам первичной обмотки 1-1 импульсного трансформатора.

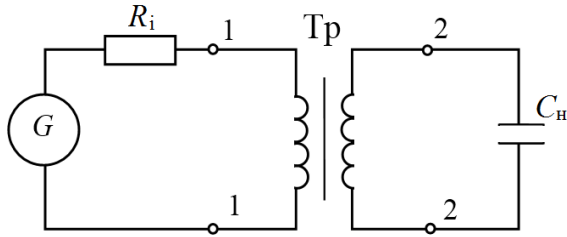


Рис. 1. Электрическая схема генератора прямоугольных импульсов

Fig. 1. Electrical circuit square wave generator

Вторичная обмотка трансформатора нагружена на емкость плоскопараллельной системы C_n , между пластинами которой размещается вымя коров (рис 2). Требуется определить форму выходного импульса на выходных клеммах трансформатора 2-2 и оценить возникающие при передаче искажения формы импульса [18].

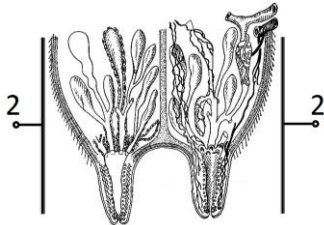


Рис 2. Вымя коровы между пластинами плоскопараллельной системы

Fig. 2. Cow's udder between the plates of a plane-parallel

Для решения поставленной задачи пересчитаем элементы нагрузки в цепи первичной обмотки трансформатора к точкам 2-2 и определим напряжение между этими точками, а затем, используя коэффициент трансформации n , вычислим выходное напряжение между точками 2-2 путем пропорционального пересчета.

Используя эквивалентную схему трансформатора, а также соотношения для пересчета нагрузочных элементов, $C = K_{тр}^2 C_n$ и схему цепи передачи, можно перейти к виду (рис. 3) [19]:

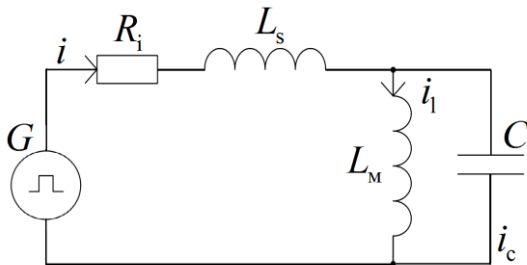


Рис. 3. Эквивалентная схема импульсного трансформатора: L_s – индуктивность рассеяния трансформатора; L_m – индуктивность намагничивания трансформатора; $K_{тр}$ – коэффициент трансформации напряжения

Fig. 3. The equivalent circuit of the pulse transformer

Полученная после такой замены схема (рис. 3) содержит три независимых реактивных накопителя энергии: L_s ; L_m ; C_n . Следовательно, она описывается дифференциальным уравнением третьего порядка.

Если, к началу воздействия входного импульса напряжения ($u, t = 0$) трансформаторная цепь обычно свободна от начальных запасов энергии, т.е. $i(0) = 0$ и $u_{вх}(0) = 0$, то при этих начальных условиях переходные процессы в цепи (рис. 3) будут описываться уравнением:

$$E = \frac{R_i}{L_m} \int_0^{\tau_u} u(t) dt + R_i C \frac{du(t)}{dt} + \frac{L_s}{L_m} u(t) + L_s C \frac{d^2 u(t)}{dt^2} + u(t). \quad (1)$$

Пусть, $u(t) \rightarrow u(p)$.

Тогда при нулевых начальных условиях:

$$u'(t) \rightarrow pu(p),$$

$$u''(t) \rightarrow p^2 u(p),$$

$$\int_0^{\tau_u} u(t) dt \rightarrow \frac{1}{p} u(p).$$

Постоянная величина E имеет изображение E/p . В операторной форме уравнение (1) запишется в следующем виде:

$$\frac{E}{p} = \frac{R_i}{L_m} \frac{1}{p} u(p) + R_i \cdot C \cdot pu(p) + \frac{L_s}{L_m} u(p) + L_s C p^2 u(p) + u(p). \quad (2)$$

Из уравнения (2) получим:

$$u(p) = \frac{E \cdot \frac{1}{L_s C}}{p^3 + \left(\frac{R_i}{L_s}\right) p^2 + \left(\frac{L_s}{L_m} + 1\right) \frac{1}{L_s C} p + \frac{R_i}{L_m} \frac{1}{L_s C}}, \quad (3)$$

$$a(p) = E \cdot \frac{1}{L_s C} = a_0 = const,$$

$$b(p) = p^3 + rp^2 + sp + \psi,$$

где: $r = \frac{R_i}{L_s}$; $s = \left(\frac{L_s}{L_m} + 1\right) \frac{1}{L_s C}$; $\psi = \frac{R_i}{L_m} \cdot \frac{1}{L_s C}$.

Для нахождения корней многочлена в уравнении (3) произведем замену неизвестного $y = p + \left(\frac{r}{3}\right)$ и получим так называемое приведенное уравнение [20]:

$$y^3 + my + q = 0, \quad (4)$$

где: $m = \frac{3s - r^2}{3}$; $q = \frac{2r^3}{27} - \frac{rs}{3} + \psi$.

В зависимости от знака m и дискриминанта D :

$$D = \left(\frac{m}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2,$$

переходной процесс будет носить аperiodический, критический или колебательный характер. В первом случае необходимо, чтобы $m < 0$ и $D < 0$. Во втором

случае необходимо, чтобы $m < 0$ и $D = 0$. При колебательном процессе должны выполняться условия $m < 0$ и $D > 0$. Для выполнения условий, связанных с требованиями к параметрам импульсов, будем рассматривать критический режим. Для критического режима величина корней для уравнения (4) будет определяться выражениями [20]:

$$\begin{aligned} y_1 &= -2R \cos \varphi / 3; \\ y_2 &= -2R \cos(\varphi/3 + 2\pi/3); \\ y_3 &= -2R \cos(\varphi/3 + 4\pi/3), \end{aligned}$$

где: $R = (\text{sign}) \frac{\sqrt{|m|}}{3}$; $\cos \varphi = \frac{q}{2R^3}$.

Следовательно, корни уравнения (3) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} p_1 &= y_1 - \left(\frac{r}{3}\right); \\ p_2 &= y_2 - \left(\frac{r}{3}\right); \\ p_3 &= y_3 - \left(\frac{r}{3}\right). \end{aligned}$$

Таким образом, зная изображение функции $U(p)$, переход к оригиналу искомой функции осуществим с помощью обратного преобразования Лапласа [19]:

$$u(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} + A_3 e^{p_3 t},$$

где: $A_1 = \frac{E \cdot 1}{L_s \cdot C \cdot (3p_1^2 + 2rp_1 + s)}$, $A_2 = \frac{E \cdot 1}{L_s \cdot C \cdot (3p_2^2 + 2rp_2 + s)}$,

$$A_3 = \frac{E \cdot 1}{L_s \cdot C \cdot (3p_3^2 + 2rp_3 + s)}.$$

Для критического режима длительность переднего фронта выходного импульса определим из выражения [19]:

$$\tau_{\Phi} = 2\sqrt{k_D L_s C}, \quad (5)$$

$$k_D = \frac{1}{L_s C} \left(\frac{1}{3p_1^2 + 2rp_1 + s} + \frac{1}{3p_2^2 + 2rp_2 + s} + \frac{1}{3p_3^2 + 2rp_3 + s} \right)$$

Для времени $t = \tau$ спад вершины импульса при прохождении через трансформатор будет определяться выражением:

$$\begin{aligned} \Delta &= E \left[1 - \frac{1}{L_s C} \left(\frac{1}{3p_1^2 + 2rp_1 + s} e^{p_1 \tau} + \right. \right. \\ &\left. \left. + \frac{1}{3p_2^2 + 2rp_2 + s} e^{p_2 \tau} + \frac{1}{3p_3^2 + 2rp_3 + s} e^{p_3 \tau} \right) \right]. \quad (6) \end{aligned}$$

Для определения основных параметров прямоугольного импульса на выходе трансформатора были проведены расчеты τ_{Φ} и спада вершины (Δ) для параметров: $R_1 = 5$ Ом; $L_M = 8 \cdot 10^{-4}$ Гн; $K_{тр} = 4$.

$$\begin{aligned} L_s &= \mu_a W_1^2 \frac{p_{В1} (\Delta n + \frac{d_1 + d_2}{3})}{l} = \\ &= 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 8^2 \frac{0,08(0,03 \cdot 10^{-3} + 0,06 \cdot 10^{-3})}{0,04} \\ &= 36 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.} \end{aligned}$$

где: μ_a – абсолютная магнитная проницаемость, $4,5 \cdot 10^{-4}$ Гн/м; $p_{В1}$ – средняя длина витка первичной обмотки 0,08 м; Δn – толщина изоляции между обмотками, $0,03 \cdot 10^{-4}$ м; W_1 – число витков первичной обмотки, 8; d_1 – диаметры провода первичной обмотки трансформатора, $0,1 \cdot 10^{-3}$ м; d_2 – диаметры провода вторичной обмотки трансформатора, $0,08 \cdot 10^{-3}$ м; l – длина намотки по длине катушки, 0,04 м [21].

Для определения емкости плоскопараллельной системы, для облучения молочной железы коров, была получена зависимость емкости C плоскопараллельной системы от дискриминанта D (рис.4).

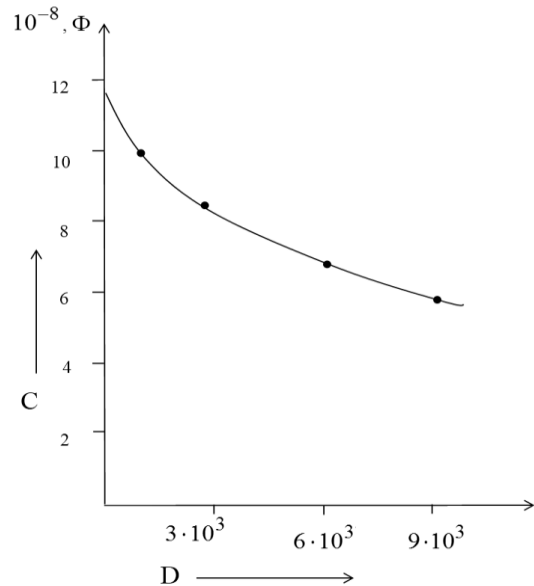


Рис. 4. Зависимость ёмкости плоскопараллельной системы, для облучения молочной железы коров, от дискриминанта

Fig. 4. The dependence of the capacitance of a plane-parallel to the irradiation of the breast cows on a discriminant

Для определения площади пластин плоскопараллельной системы было использовано выражение [21]:

$$S = \frac{C_H d}{\epsilon \epsilon_0},$$

где: S – площадь пластины; d – расстояние между пластинами; ϵ – диэлектрическая проницаемость вымени коровы; ϵ_0 – электрическая постоянная.

Для параметров: $C = 11,6 \cdot 10^{-8}$ ф; $\epsilon = 55$ [13]; $d = 0,4$ м; площадь пластины составляет $0,0225 \text{ м}^2$.

Расчеты τ_{ϕ} по формуле (5) и спада вершины по формуле (6) показали, что длительность переднего фронта составила 11,2 нс, а спад вершины (Δ) не превышает 0,006U.

ВЫВОДЫ

Проведенные теоретические расчеты показывают, что существуют строго определённые биотропные параметры работы импульсного трансформатора и соответствующих генераторов импульсов, при которых повышается уровень иммуноглобулинов в вымени коров.

Для этого необходимо использовать импульсные генераторы, отвечающие следующим параметрам: амплитуда напряжения импульса 1 – 2 кВ; длительность импульса 10^{-7} с; количество импульсов в пачке 100 шт.; наклон вершины импульса 0,005U; погрешность периода повторения импульсов 10^{-4} T; погрешность длительности импульсов $\pm 0,01 \tau$; длительность фронта импульса 10 нс; длительность среза импульса 20 нс; период повторения импульсов 10^{-5} с; период повторения пачки импульсов 10^{-3} с.

В основу импульсного генератора должен быть положен метод накопления электрической энергии в виде энергии магнитного поля индуктивности, совмещающий в себе одновременно накопление энергии и повышение напряжения до 1-2,0 кВ.

Необходимо использовать систему стабилизации амплитуды выходного импульса по принципу сравнения с предыдущим импульсом.

Для неискаженной передачи импульсного сигнала через трансформатор необходимо использовать разработанную методику расчета конструктивных параметров трансформатора, а величина емкости плоскопараллельной системы должна быть в пределах 27-28 пФ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлова Л.Н. 2013. Использование микроволнового излучения в технологических процессах лечения животных и людей / Л.Н. Михайлова, М.В. Торчук, А.В. Думанский // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины. – Вып. 141.
2. Шкариковский Г., Шкариковский Р. 2014. Отдельные результаты исследования деятельности производителей сельскохозяйственной продукции Украины // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 16, No 3.
3. Торчук М.В. 2013. Значение качества молозива коров для сохранения поголовья новорожденных телят / М.В. Торчук, Л.Н. Михайлова, // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. – Вып. 142.
4. Торчук М.В. 2013. Импульсная электромагнитная технология повышения иммуноглобулинов в молозиве коров: тезисы за материалами международной научно-технической конференции молодых учёных [«Возобновляемая энергетика, новейшие автоматизированные электротехнологии в биотехнических системах АПК»] (Киев, 6-7 ноября 2013г.) / М-во аграр. политики и продовольствия Украины, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, – М.: НУБиП 2013.
5. Мычковский Ю. Г. 2012. Радиоэлектроника биологически активных точек / Ю. Г. Мычковский // Вестник КрНУ им. М. Остроградского. – Вып. 4.
6. Cocnen, M., Ullerich, A. 2005. Nutritiv bedingte probleme in kalberbestanden. Ubeisicht. Tieremahr, 24, 1, 24–33.
7. Elze K. 2006. Der Kalberdurchfall. Milchpraxis, 4, 178-182.
8. Belanovsky A.S. 2007. Fundamentals of Biophysics in veterinary medicine. M: great bustard, 332.
9. Sasimova I.A., Kuchin, L.F. 2008. Explanation of informational biophysical effect of electromagnetic radiation on microbiological livestock objects. Eastern-European journal of advanced technologies, 4/2 (34).
10. Михайлова Л.Н. 2012. Применение электромагнитного поля крайневысокой частоты для лечения животных / Л.Н. Михайлова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – №1.
11. Торчук М.В. 2014. Определение параметров электромагнитных видеоимпульсов для увеличения иммуноглобулинов в молозиве коров / М.В. Торчук // Вестник национального технического университета «ХПИ». Новые решения в современных технологиях. – № 26.
12. Хохлов А.М. 2007. Устройство для электропорации клеток/ А. М. Хохлов, В.В. Шугайло, В.В. Кононенко, С.А. Костенко// Научное приборостроение. – Т. 17. – №4.
13. Хохлов А.М. 2007. Устройство для электростимулируемого слияния клеток/ А. М. Хохлов, В.В. Шугайло, В.В. Кононенко // Научное приборостроение. – Т. 17. – №2.
14. Торчук М.В. 2014. Обоснование требований к построению импульсного генератора для коррекции иммунного дефицита новорожденных животных / М.В.Торчук // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. Общегосударственный научно-производственный журнал. – № 12 (82).
15. Торчук М.В. 2014. Теоретический анализ распределения видеоимпульсов в молочной железе коров / М.В. Торчук// Технологический аудит и резервы производства. – №3/1(17).

16. **Торчук М.В. 2014.** Обоснование требований к импульсному генератору для повышения иммуноглобулинов в молозиве коров / Тезисы за материалами научно-практической студенческой конференции [«Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины»] (Харьков, 26 марта 2014г.) / М-во аграр. политики и продовольствия Украины, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко. – М.: ХНТУСГ им. П. Василенко, – Вып. 6.
17. **Косулина Н.Г. 2006.** Выбор устройства стабилизации тока в импульсном трансформаторе для систем неразрушающего контроля биообъектов при воздействии на них ЭМП КВЧ диапазона/Н.Г. Косулина // Таврическая государственная агротехническая академия. Труды. – Мелитополь.: ТДАТУ, – Вып. 43.
18. **Михайлова Л.Н. 2011.** Определение амплитуды электрического поля в молочной железе свиноматки, пораженной патогенными микроорганизмами / Л.Н. Михайлова, А.Д. Черенков // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины. Вып. 116.
19. **Ерофеев Ю.Н. 1989.** Импульсные устройства: Учебное пособие для вузов по специальности «Радиотехника» / Ю.Н.Ерофеев. – М.: Высш. шк., – 527.
20. **Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. 1986.** Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов/ И.Н Бронштейн, К.А Семендяев. – М.: «Наука» – 544.
21. **Бабичев А.П. 1991.** Физические величины. Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкин. Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, – 123.

DETERMINATION OF PARAMETERS PULSE TRANSFORMER FOR IRRADIATION OF MAMMARY GLAND CATTLE

Summary. The use of electromagnetic fields makes it possible to treat many diseases by attracting additional internal resources of animals organism with drug-free means. According to the literature due to diseases the highest losses of calves happened up to 15 days of age. The analysis of infectious diseases of newborn calves showed that their illnesses in the first days of life depend on the number of immunoglobulins that get into the body of calves through the colostrum of cows.

The article discusses the theoretical part of determination of parameters of high-frequency pulse transformer for the irradiation of the mammary gland cattle with aim to increase the immunoglobulins in the colostrum of cows and increase the safety of newborn calves.

It seems that the proposed technique can give significant results for increasing the efficiency of electromagnetic therapy and improve the preservation of newborn calves and to clarify the biotropic parameters of pulsed informational electro-magnetic radiation whereby the level of immunoglobulins increases in the colostrum of cows.

Key words: pulse transformer, pulses of the electric field, colostrum, immunoglobulins.