

Составители: Добын Г.Ф., Лептеев А.А.

**СБОРНИК**  
**трудов отчетной научно-технической**  
**конференции аспирантов и докторантов**  
**БАТУ**

Ответственный за выпуск Добын Г.Ф.

---

Подписано к печати 8. I. 1996г. Формат 60x84 1/16. Усл. физ. л. 7,3.  
Усл. печ. л. 6,7. Уч.-изд. л. 7,1. Зак. 31. Тир. 50. Бесплатно.

---

Отпечатано на роталпринте БАТУ. Минск, пр. Ф. Скорины, 99, к. I.

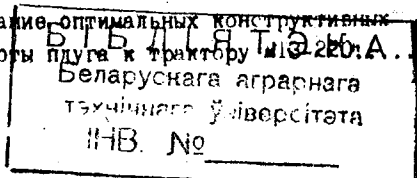
**"Сборник трудов отчетной научно-технической конференции аспирантов и докторантов БАТУ" рассмотрен на заседании НТК и рекомендован к изданию на ротапринте БАТУ.**

**Протокол № 2 от 16 ноября 1995 года.**

**Составители: Досыл Г.Ф., Лептеев А.А.**

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение .....	
1. Протосовицкий И.В. "Снижение потерь электрической энергии путем использования симметрирующего устройства в трансформаторах У/Ун".....	7
2. Счастный В.П. "Статистические показатели электроснабжения производственного сектора исследуемых сельскохозяйственных объектов".....	9
3. Прищепов М.А. "Математическое моделирование двумерных температурных полей поверхностно-распределенных электронагревателей".....	16
4. Фриджат А.А. "Структурный анализ антикоррозийных покрытий при парофазном цинковании изделий в порошковых средах".....	23
5. Рутковский И.Г., Прищепов М.А. "К вопросу расчета конструктивных параметров секционных проточных электродных электронагревателей".....	27
6. Гавриленко В.Д. "Оптимизация рациона кормления для откорма КРС".....	32
7. Жур Т.А. "Релятивистское движение вращающегося тела в среде".....	34
8. Морозова И.М. "О соотношении меры и диаметра множеств комплексных чисел, на которых многочлен принимает малые значения".....	35
9. Плискевич Е.В. "Повышение качества удаления ботвы и очистки головок корнеплодов".....	37
10. Усович А.Н. "Возможности и перспектива вихревого эффекта".....	40
11. Артюх И.В. "Способы приобретения и использования сложной с.-х. техники".....	42
12. Устиненко Ю.В. "Агротехническая повреждаемость почв при буксовании".....	45
13. Цегельник А.В. "Рабочий орган для погрузки картофеля из насыпи и буртов".....	49
14. Буйнич Г.В. "Локальное рыхление почвы рабочим органом типа "ЗИГ-ЗАГ".....	51
15. Мисун Л.В. "Научные и технологические основы механизированного производства ягод семейства брусничных".....	53
16. Жук Н.П. "Производство белково-витаминного концентрата из сока зеленых растений".....	63
17. Стаскевич Н.Н. "Обоснование оптимальных конструктивных параметров и режимов работы плуга к трактору МТЗ-250.А".....	65



18. Авлукова Ю.Ф. "Компьютерная графика и моделирование сложных пространственных поверхностей".....67

19. Романюк Н.Н. "Влияние вибрационных процессов сельскохозяйственной техники на структуру почвы".....69

20. Лемех В.В. "Экспериментально-реформаторское лицо административно-командной системы управления".....74

21. Полущкина С.И. "Профилизация фундаментальной дисциплины - важный фактор повышения качества обучения".....80

22. Чубрик Р.И. "Методические аспекты преподавания политологии в техническом вузе".....82

23. Печерская А.В. "Резервы производства и переработки льнопродукции в современных условиях".....84

24. Скакалов В.С. "Особенности материально-технического обеспечения АПК Республики Беларусь в современных условиях"....87

25. Подашевская Е.И. "Контроль знаний студентов с помощью ПЭВМ".....90

26. Дегтярева Н.Г. "Межпредметные связи как средство интеграции общего и профильного образования".....93

27. Иванов А.А. "Анализ теоретических исследований контактирования поверхностей".....96

28. Бушков В.П. "Обоснование компоновочных схем картофелеуборочных комбайнов для условий РБ".....100

29. Губольцев А.Л. "Оптимизация управления процесса выращивания бройлеров с учетом энергосбережения".....107

30. Мизер М.В. "Повышение эффективности работы дизелей универсально-пропашных тракторов путем оптимизации состава горючей смеси".....109

31. Колей Г.Ч. "Математическая модель системы автоматического вождения пропашного трактора".....112

## ВВЕДЕНИЕ

В сборнике помещены статьи докторантов, соискателей и аспирантов Белорусского аграрного технического университета. В них изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, которые охватывают вопросы как электрификации и механизации сельскохозяйственного производства, так и материально-технического обеспечения АПК Республики Беларусь в период зарождения рыночных отношений, а также — вопросы, связанные с проблемами обучения студентов в высшей школе.

Актуальной проблемой сельскохозяйственного производства является энергосбережение при электрообогреве молодняка животных и птицы. Для этих целей используются пленочные электронагреватели, выполненные в виде тонколистовой пластины, используемой в напольных электронагревателях. Математическому моделированию процессов теплообмена таких поверхностно-распределенных электронагревателей посвящена работа канд. техн. наук М.А. Прищепова.

На решение научно-технической проблемы, связанной с механизацией возделывания и уборки североамериканского вида крупноплодной клубны и брусничных культур в условиях южных районов Белорусского Полесья, направлена статья канд. техн. наук Л.В. Мисуна, в которой изложены научные и технологические основы механизированного производства ягод семейства брусничных.

Существенные различия почвенно-климатических условий Республики Беларусь требуют необходимости создания картофелеуборочных комбайнов, отличающихся своими компоновочными решениями. Вопросу обособования компоновочных схем картофелеуборочных комбайнов для условий Республики Беларусь, посвящена статья канд. техн. наук В.П. Буцкова.

Исследованиями многих ученых доказано, что использование тяжелых мобильных машин, многократно проходящих по полю, а также почвообрабатывающих орудий, приводит к переуплотнению почвы. Устранению этих недостатков посвящены работы аспирантов Д.В. Уетименко и Н.Н. Романюка.

Важнейшим направлением в совершенствовании обработки почвы является разработка агротехнически эффективных технологий, машин для их реализации и рабочих органов (Г.В. Буйнич).

Орудиями, применяемыми для основной обработки почвы в условиях крестьянских и индивидуальных хозяйств Беларуси, являются плуги к малогабаритным тракторам (Н.Н. Стаскевич). При этом важное значение

имеет обоснование рациональной формы и параметров корпусов к этим плугам, а также методов автоматизированного проектирования лемешно-отвальных поверхностей плужных корпусов (Ю.Ф. Авлукова).

Решение вопросов, связанных с механизированным удалением ботвы, очисткой головок корнеплодов (Е.В. Плискевич) и погрузкой картофеля из насыпи и буртов (А.В. Цегельник), по-прежнему является актуальным в сельскохозяйственном производстве.

Вопросам развития животноводства и производства белково-витаминного концентрата из сока зеленых растений для кормления животных посвящены статьи соискателя А.С. Гавриловича и аспиранта Н.П. Жука.

Приспособление торгово-посреднических организаций к функционированию в условиях рынка требует существенной перестройки организации и хозяйственной деятельности системы агроснабжения. Этому вопросу посвящены работы аспирантов В.С. Скакалова и И.В. Артюка.

Для успешной работы выпускников в условиях рынка труда необходимо пересматривать научную концепцию подготовки специалистов в высших учебных заведениях. Научно-методическим вопросам преподавания общетехнических дисциплин в ВУЗе посвящены статьи Н.Г. Дегтяревой, С.И. Подушкиной и Е.И. Подашевской.

Материалы, изложенные в работах настоящего сборника, могут быть полезны научным сотрудникам, преподавателям, аспирантам, студентам и инженерно-техническим работникам сельского хозяйства и сельскохозяйственного машиностроения.

Г. И. Янукович, П. Сердешнов,  
И. В. Протосовицкий

Снижение потерь электрической энергии путем использования симметрирующего устройства в трансформаторах У/Ун.

Сельские электрические сети в основном работают с неравномерной загрузкой фаз. Доминирующее использование в этих сетях в настоящее время трансформаторов со схемой соединения обмоток У/Ун приводит к резкому искажению системы фазных напряжений. Это вызывает значительное отклонение напряжения от номинального, нарушает нормальную работу токоприемников (преждевременный выход их из строя, отказ в работе чувствительных видов оборудования, повреждение самих трансформаторов из-за длительного протекания однофазного тока короткого замыкания и пр.), и в месте с тем приводит к значительным дополнительным потерям электроэнергии в этих сетях.

Для снижения несимметрии напряжения существует ряд симметрирующих устройств. Все они могут быть использованы в той или иной степени в зависимости от технико-экономических показателей и возможностей технического исполнения.

Как показывает практика и расчеты наиболее приемлемыми с точки зрения относительной эффективности, трудоватрат, эксплуатации является симметрирующее устройство, выполненное в результате реконструкции трансформаторов У/Ун. Оно представляет собой ряд компенсирующих витков, положенных поверх рабочих обмоток трансформатора, один из концов которых соединен с нейтралью обмотки низшего напряжения, второй выведен наружу трансформатора.

Данное симметрирующее устройство позволяет также уменьшить дополнительные потери мощности в сети.

Дополнительные потери мощности в сети состоят из потерь в линии и трансформаторе.

Для определения дополнительных потерь мощности в трансформаторе от несимметрии напряжения можно использовать формулу:

$$\Delta P = 3K_{2U}^2 \frac{\Delta P_k \cdot U_n^2}{U_k^2 \cdot U_n^2} \cdot 100^2 + 3K_{0U}^2 U_n^2 \frac{r_0}{Z_0},$$

- где  $K_{2U}$  - коэффициент обратной последовательности напряжения;  
 $K_{0U}$  - коэффициент нулевой последовательности напряжения;  
 $P_k$  - потери короткого замыкания трансформатора;  
 $U_k$  - напряжение короткого замыкания трансформатора;  
 $U_n$  - номинальное напряжение;  
 $r_0$  - активное сопротивление нулевой последовательности;  
 $Z_0$  - полное сопротивление нулевой последовательности.

Дополнительные потери мощности в линии определяются из выражения:

$$\Delta P = 3U_n^2 \left( K_{2U}^2 \frac{r_2}{Z_2} + K_{0U}^2 \frac{r_0}{Z_0} \right),$$

- где  $K_{2U}$  - коэффициент обратной последовательности напряжения;  
 $K_{0U}$  - коэффициент нулевой последовательности напряжения;  
 $r_0$  - активное сопротивление нулевой последовательности линии;  
 $Z_0$  - полное сопротивление нулевой последовательности линии;  
 $r_2$  - активное сопротивление обратной последовательности линии;  
 $Z_2$  - полное сопротивление обратной последовательности линии.

Расчеты по вышеприведенным формулам показали, что использование симметрирующего устройства в усредненных электрических сетях позволяет снизить дополнительные потери мощности от несимметрии напряжения относительно трансформатора У/Ун на 0,539 кВт в трансформаторе и на 0,307 кВт в линии. Экономия электрической энергии за один год составит 1693 кВт.ч.

При установке на все потребительские трансформаторы со схемой соединения обмоток У/Ун Республики Беларусь симметрирующее устройство позволило бы экономить ежегодно около 200 МВт.ч электроэнергии.

УДК 621.316.1:631.371

Статистические показатели электроснабжения  
производственного сектора исследуемых  
сельскохозяйственных объектов

Канд. техн. наук, доцент  
В. П. СЧАСТНЫЙ  
БАТУ

Целесообразность совершенствования существующих и разработки новых методов адаптивных систем электроснабжения производственных сельскохозяйственных объектов предопределяется многими факторами. Эффективность этих методов зависит от технических характеристик, качественного состояния объектов. В БАТУ на кафедре Электроснабжения сельского хозяйства на протяжении ряда лет проводятся исследования состояния качества электроэнергии, рационального использования оборудования систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов. Однако, в условиях новой экономической политики, кризиса в экономике, тенденции увеличения производства, а также интенсификация сельскохозяйственного сектора нарушены. Необходим комплекс мер по выработке новой стратегии ориентированной на рыночную экономику. В этой связи важно знать реальное состояние электроснабжения сельскохозяйственных объектов. С этой целью с октября 1994 года по апрель 1995 г. были проведены исследования в 14 районах, шести областях Республики Беларусь на производственных сельскохозяйственных объектах. Обследованию подверглись 493 силовых трансформаторов подстанций 10/0,4 кВ и отходящих от них линий. Все замеры проводились со стороны 0,4 кВ.

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить, что загрузка силовых трансформаторов, по сравнению с проводимыми исследованиями в 1986-1988 гг. (1), в производственном секторе не только не увеличилась, но в целом несколько снизилась из-за появления объектов с максимальной загрузкой менее 40%. Наибольшее количество исследуемых объектов имеет максимальную загрузку от 50 до 65 %, при этом надо учесть, что увеличилось число двухтрансформаторных подстанций с выведенным одним трансформатором в резерв. На рис. 1-2 представлено статистическое

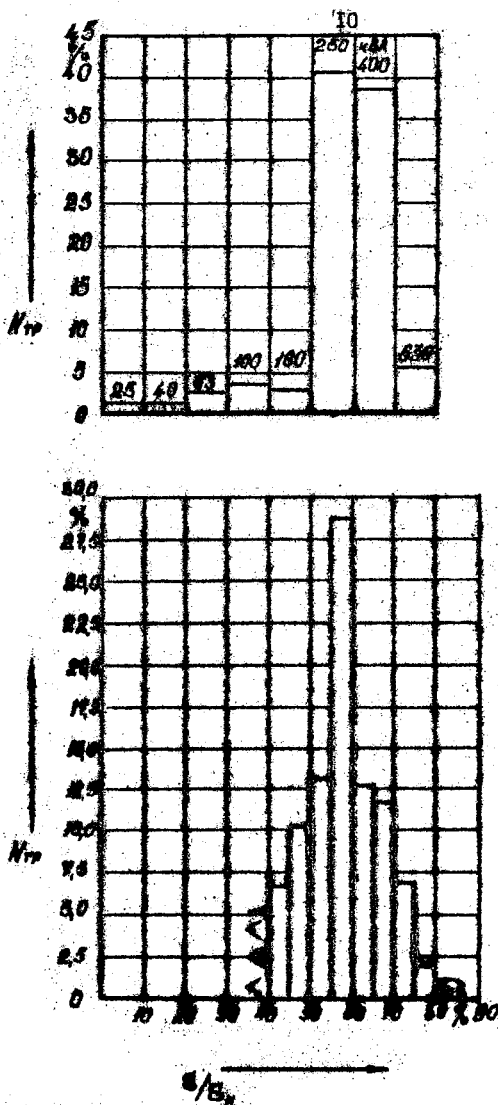


Рис. 1. Статистическое распределение установленной мощности трансформаторов подстанций 10/0,4 кВ производственного сектора исследуемых объектов и их максимальная загрузка.

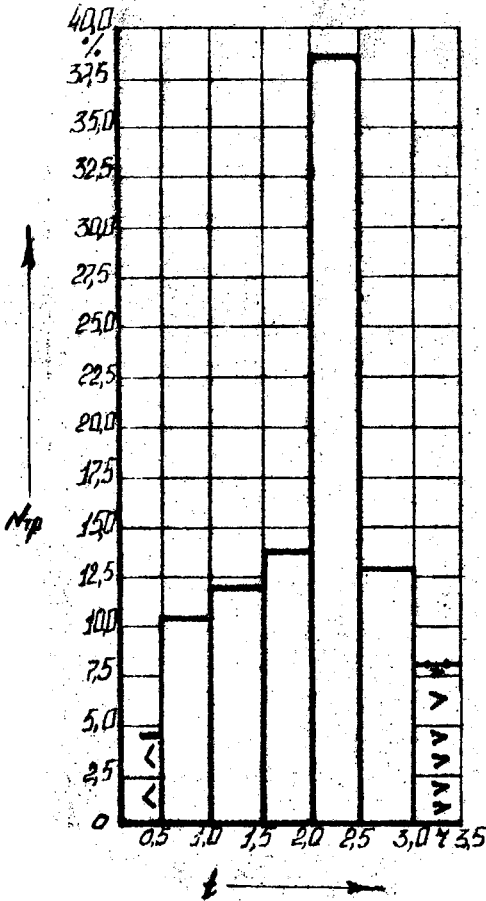


Рис. 2. Статическое распределение по длительности максимальной нагрузки трансформаторов подстанций 10/0,4 кВ производственного сектора исследуемых сельскохозяйственных объектов.

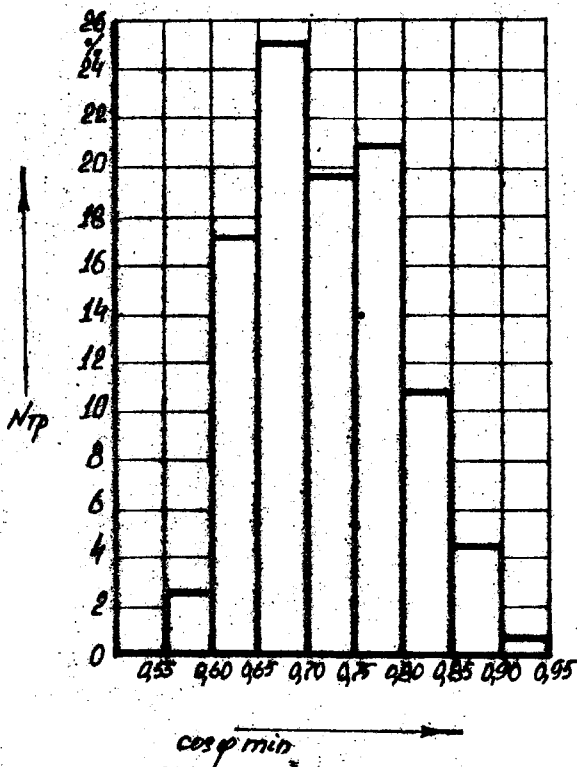


Рис. 3. Статическое распределение минимального значения коэффициента мощности на линиях трансформаторов подстанций 10/0,4 кВ производственного сектора исследуемых сельскохозяйственных объектов.

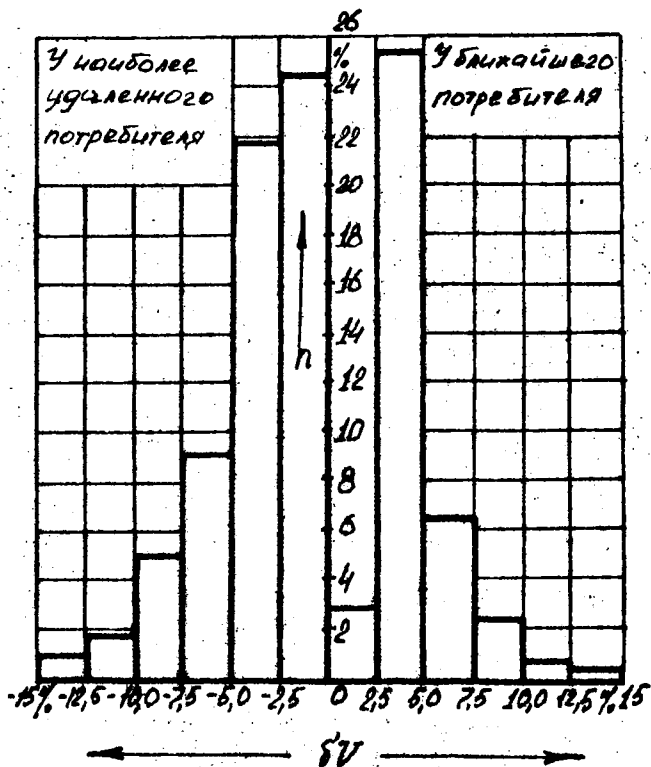


Рис. 4. Статическое распределение отклонения напряжения у потребителей исследуемых производственных сельскохозяйственных объектов.

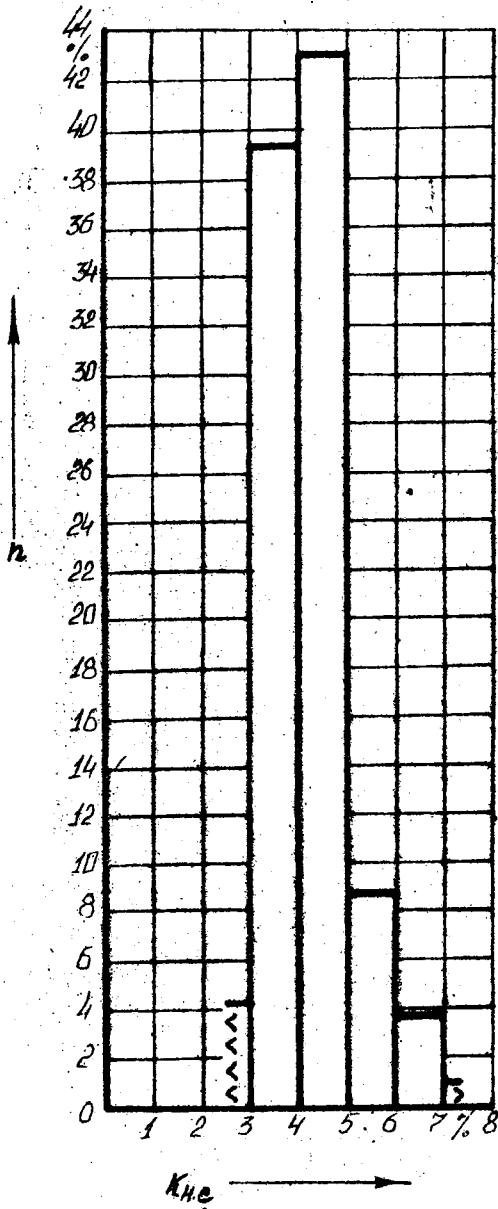


Рис. 6. Статическое распределение значения  $K_{d.c}$  на шинах трансформаторов подстанций 10/0,4 кВ производственного сектора сельскохозяйственных объектов.

распределение установленной мощности трансформаторов на подстанции 10/0,4 кВ производственного сектора исследуемых объектов, их максимальной загрузки и распределение по длительности данного максимума.

В производственном секторе преобладает "цикличность", однако происходит и некоторая "подаривация", т.е. появление объектов с достаточно равномерной загрузкой. Особенно это видно на объектах хозяйства ваных переработкой собственной продукции и продукцией соседних хозяйств.

Анализ минимальных значений коэффициента мощности (рис. 3), измеренных на линиях трансформаторов III, свидетельствует, что загрузка оборудования, продолжительность работ машин и механизмов на холостом ходу не соответствуют установленным нормам и требованиям.

Несколько лучше обстоит дело с отклонением напряжения у потребителей (рис. 4). На подавляющем большинстве объектов, реконструированных в ближайшие 10 лет, отклонение напряжения соответствует ГОСТ. 13109-87 и находится в пределах  $\pm 5\%$ . Однако, в 26% исследуемых точек (всего исследовалось 3637 точек) данный показатель выходил за допустимые пределы.

Незначительно снизился показатель выхода за регламентированные 5% пределы  $K_{н.с}$  (характеризующий степень искажения формы кривой напряжения) по сравнению с исследованиями, проводимыми в (1), и составил 13,5% (рис. 5). Это можно объяснить снижением загрузки электрических сетей.

В создавшейся ситуации необходим детальный анализ существующих методов адаптивных систем электроснабжения и выработка оптимального закона управления ими.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Несинусоидальность напряжения в сельских электрических сетях 0,4 кВ/ Г.И. Янукович, В.П. Счастный, А.П. Сердешнов// Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений). - 1989, - №. - с. 47-49.

УДК 631.171:621.365.084.2

М.А. Прищепов, кандидат технических наук

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ  
ПОВЕРХНОСТНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Математическое моделирование процессов теплообмена поверхностно-распределенных электронагревателей (ПЭН) во многих случаях требует двумерного описания электротепловых процессов происходящих в них. Наиболее простая и широко распространенная электротепловая схема ПЭН, выполненная в виде тонколистовой пластины и используемая в напольных обогревателях молодняка животных и птицы, конвекторах, радиаторах [1,2] и т.д., при её питании от источника напряжения описывается следующей системой уравнений:

$$C_p \frac{\partial \theta}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} - q_{кон} - q_{изл} + q_v; \quad (1)$$

$$U = \int_0^L \int_0^P \rho_n (L + (L_0/P)) \int \theta dx dy, \quad (2)$$

где  $q_{кон} = (k/\delta)(\theta - \theta_c)$  - конвективный тепловой поток;

$q_{изл} = (C_0 \epsilon / \delta) [(\theta + 273/100)^4 - (\theta_c + 273/100)^4]$  - тепловой поток излучения;

$q_v = (j^2 \rho_n / \delta) (1 + \alpha_0 \theta)$  - тепловой поток выделенный ПЭН;

$C_p$  - эквивалентное произведение теплоемкости и плотности корпусно-изоляционных слоев ПЭН;

$\lambda$  - эквивалентная теплопроводность корпусно-изоляционных слоев;

$\delta$  - общая толщина корпусно-изоляционных слоев;

$j$  - поверхностная плотность тока;

$L_0$  - температурный коэффициент сопротивления ПЭН;

$k$  - коэффициент теплопередачи;

$U$  - напряжение питания ПЭН;

$L$  - длина ПЭН;

$x$  - текущая координата длины ПЭН;

$P$  - ширина ПЭН;

$y$  - текущая координата ширины ПЭН;

$\theta$  - температура ПЭН;

$\theta_c$  - температура обрабатываемой среды;

$C_0$  - коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$\epsilon$  - интегральная степень черноты ПЭН;

$\tau$  - время нагрева;

$\rho_n$  - удельное поверхностное сопротивление ПЭН.

Электротепловая схема ПЭН, выполненная в виде емкости-нагревателя и используемая во многих устройствах периодического действия различного технологического назначения (галванических ваннах, установках для приготовления и литья полимерных материалов [3], пищевого приготовления приборов [4], индивидуальных поилках для с.-х. животных и птицы и др.), отличается тем, что температура обрабатываемой среды изменяется в процессе нагрева во времени. Тогда электротепловые процессы, происходящие в ней, описываются системой трех уравнений:

$$C_p \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} - q_{\text{кон}} + q_v; \quad (3)$$

$$C_p M \frac{\partial \theta_s}{\partial \tau} = \iint_{L, N} K(\theta - \theta_s) dx dy; \quad (4)$$

$$U = \int_n \rho_n \left( L + \frac{L_0}{\pi} \iint_{L, N} \theta dx dy \right), \quad (5)$$

где  $C_p$  - удельная теплоемкость обрабатываемой среды;

$M$  - масса обрабатываемой среды.

Решение приведенных систем дифференциально-интегральных уравнений второго порядка в частных производных, описывающих рассмотренные выше электротепловые охемы, находят соответственно в виде температурного поля ПЭН  $\theta(x, y, \tau)$  и температуры обрабатываемой среды  $\theta_s(\tau)$  при заданных исходных данных и заданных краевых условиях. При определении краевых условий исходят из реальных условий теплообмена на границах ПЭН в любой момент времени нагрева (граничные условия) и на всей поверхности ПЭН в его начальный момент (начальные условия).

Для приведенных электротепловых схем можно выделить два практически реально возможных случая теплообмена на границах ПЭН, определяющих выбор граничных условий:

- торцы границ теплоизолированы или теплообменом на них можно пренебречь по сравнению с теплообменом на контактной поверхности теплообмена;
- на торцах границ происходит теплообмен с окружающей средой.

В первом случае

при  $x=0$

$\theta = \theta_{\text{ср}}$ ;

$\left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{x=0} = 0$

БІБЛІЯТЭКА  
Беларускага аграрнага  
навуковага ўніверсітэта  
ІНВ. № \_\_\_\_\_

(6)

$$\text{при } x=L \quad \theta = \theta_{x=L}; \quad \left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_{x=L} = 0; \quad (7)$$

$$\text{при } y=0 \quad \theta = \theta_{y=0}; \quad \left(\frac{\partial \theta}{\partial y}\right)_{y=0} = 0; \quad (8)$$

$$\text{при } y=l \quad \theta = \theta_{y=l}; \quad \left(\frac{\partial \theta}{\partial y}\right)_{y=l} = 0. \quad (9)$$

Во втором случае

$$\text{при } x=0 \quad \mathcal{L}(\theta - \theta_c) = \lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_{x=0}; \quad (10)$$

$$\text{при } x=L \quad \mathcal{L}(\theta - \theta_c) = \lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_{x=L}; \quad (11)$$

$$\text{при } y=0 \quad \mathcal{L}(\theta - \theta_c) = \lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial y}\right)_{y=0}; \quad (12)$$

$$\text{при } y=l \quad \mathcal{L}(\theta - \theta_c) = \lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial y}\right)_{y=l}. \quad (13)$$

Начальные условия для обеих электротепловых схем будут следующими:

$$\text{при } \tau = 0 \quad \theta = \theta_{\tau=0}. \quad (14)$$

Очевидно, что дифференциально-интегральные системы уравнений второго порядка в частных производных, описывающие электротепловые процессы приведенных электротепловых схем, являются нелинейными и не имеют точных аналитических решений. В связи с этим особое значение для решения таких задач приобретает численные методы, с помощью которых можно получить числовую таблицу приближенных значений исходного решения. Наиболее распространенными и универсальными численными методами решения дифференциальных уравнений являются разностные методы. Они основаны на введении некоторой разностной сетки в рассматриваемой области. Значения производных, начальные и граничные условия выражаются через значения функции в узлах сетки, в результате чего получается система алгебраических уравнений, называемая разностной схемой. Решая эту систему уравнений, можно найти в узлах сетки значения сеточных функций, которые приближенно равны значениям искомых функций.

Одной из наиболее часто используемых на практике для решения задач при наличии двух пространственных переменных, является схема пере-

менных направлений или продольно-поперечная схема [5]. Суть этой схемы состоит в том, что шаг по времени делится на два полушага. На первом из них вторая производная по одной из координат, например  $\partial^2 \theta / \partial x^2$ , аппроксимируется на промежуточном слое  $n + 1/2$ , т.е. используется неявная аппроксимация; в этом случае  $\partial^2 \theta / \partial y^2$  аппроксимируется на слое  $n$ , т.е. явно. На втором полушаге наоборот, неявная аппроксимация используется только по направлению  $Y$ .

Соответствующая разностная схема для двумерных уравнений (1) и (3) с небольшим отличием на  $q_{\text{кон}}$  имеет следующий вид:

$$C_p \frac{\theta_{ij}^{n+1/2} - \theta_{ij}^n}{h_t/2} = \eta \frac{\theta_{i+1,j}^{n+1/2} - 2\theta_{ij}^{n+1/2} + \theta_{i-1,j}^{n+1/2}}{h_x^2} + \lambda \frac{\theta_{i,j+1}^n - 2\theta_{ij}^n + \theta_{i,j-1}^n}{h_y^2} - q_{\text{кон},ij}^n - q_{\text{изл},ij}^n + q_{v,ij}^n; \quad (15)$$

$$C_p \frac{\theta_{ij}^{n+1} - \theta_{ij}^{n+1/2}}{h_t/2} = \eta \frac{\theta_{i+1,j}^{n+1/2} - 2\theta_{ij}^{n+1/2} + \theta_{i-1,j}^{n+1/2}}{h_x^2} + \lambda \frac{\theta_{i,j+1}^{n+1} - 2\theta_{ij}^{n+1} + \theta_{i,j-1}^{n+1}}{h_y^2} - q_{\text{кон},ij}^{n+1/2} - q_{\text{изл},ij}^{n+1/2} + q_{v,ij}^{n+1/2}; \quad (16)$$

где  $h_t, h_x, h_y$  - шаг изменения, соответственно, времени, длины в ширину.

Полученные уравнения можно преобразовать к виду систем линейных алгебраических уравнений относительно значений искомых функций соответственно в узлах  $n+1/2$  и  $n+1$  слоев:

$$\theta_{i-1,j}^{n+1/2} - 2 \left( \frac{C_p h_x^2}{\lambda h_t} + 1 \right) \theta_{ij}^{n+1/2} + \theta_{i+1,j}^{n+1/2} = - \left( \left( \frac{h_x}{h_y} \right)^2 (\theta_{i,j+1}^n + \theta_{i,j-1}^n) + 2 \left( \frac{C_p h_x^2}{\lambda h_t} - \left( \frac{h_x}{h_y} \right)^2 \right) \theta_{ij}^n + \left( \frac{h_x^2}{\lambda} \right) (-q_{\text{кон},ij}^n - q_{\text{изл},ij}^n + q_{v,ij}^n) \right); \quad (17)$$

$$\theta_{i,j+1}^{n+1} - 2 \left( \frac{C_p h_y^2}{\lambda h_t} + 1 \right) \theta_{ij}^{n+1} + \theta_{i,j-1}^{n+1} = - \left( \left( \frac{h_y}{h_x} \right)^2 (\theta_{i+1,j}^{n+1/2} + \theta_{i-1,j}^{n+1/2}) + 2 \left( \frac{C_p h_y^2}{\lambda h_t} - \left( \frac{h_y}{h_x} \right)^2 \right) \theta_{ij}^{n+1/2} + \left( \frac{h_y^2}{\lambda} \right) (-q_{\text{кон},ij}^{n+1/2} - q_{\text{изл},ij}^{n+1/2} + q_{v,ij}^{n+1/2}) \right), \quad (18)$$

где  $i=1, \dots, M$ ,  $j=1, \dots, K$  и соответствует изменению направления по осям  $Y$  и  $X$ .

К этим системам уравнений необходимо добавить граничные и начальные

ные условия (6), ..., (14) в равноотном виде:

Для первого случая:

$$\text{при } X = 0 \quad \theta_{i1} = \theta_{i2}; \quad \frac{\theta_{i2} - \theta_{i1}}{h_x} = 0; \quad (19)$$

$$\text{при } X = L \quad \theta_{ik} = \theta_{i,k-1}; \quad \frac{\theta_{ik} - \theta_{i,k-1}}{h_x} = 0; \quad (20)$$

$$\text{при } Y = 0 \quad \theta_{1j} = \theta_{1j}; \quad \frac{\theta_{2j} - \theta_{1j}}{h_y} = 0; \quad (21)$$

$$\text{при } Y = \Pi \quad \theta_{mj} = \theta_{m-1,j}; \quad \frac{\theta_{mj} - \theta_{m-1,j}}{h_y} = 0. \quad (22)$$

Для второго случая:

$$\text{при } X = 0 \quad \lambda \frac{\theta_{i2} - \theta_{i1}}{h_x} = \alpha_{i1} (\theta_{i1} - \theta_c); \quad (23)$$

$$\text{при } X = L \quad \lambda \frac{\theta_{ik} - \theta_{i,k-1}}{h_x} = -\alpha_{ik} (\theta_{ik} - \theta_c); \quad (24)$$

$$\text{при } Y = 0 \quad \lambda \frac{\theta_{2j} - \theta_{1j}}{h_y} = \alpha_{1j} (\theta_{1j} - \theta_c); \quad (25)$$

$$\text{при } Y = \Pi \quad \lambda \frac{\theta_{mj} - \theta_{m-1,j}}{h_y} = -\alpha_{mj} (\theta_{mj} - \theta_c). \quad (26)$$

$$\text{и при } \zeta = 0 \quad \theta_{ij}^0 = \theta_c^0. \quad (27)$$

Матрицы систем (17) и (18) трехдиагональные, поэтому для решения этих систем успешно может быть использован метод прогонки. При этом сначала решается система (17), из которой находят значения сеточной функции  $\theta_{ij}^{n+1/2}$ . Эти значения используются затем для вычисления покомк значений  $\theta_{ij}^{n+1}$  из системы (18).

Прогоночные коэффициенты на границах ПЭН, полученные из равноотной аппроксимации (19), ..., (22), будут равны соответственно:

$$\text{при } X = 0 \quad \alpha_{i1} = 1; \quad \beta_{i1} = 0; \quad (28)$$

$$\text{при } X = L \quad \alpha_{ik} = 1; \quad \beta_{ik} = 0; \quad (29)$$

$$\text{при } Y = 0 \quad \alpha_{1j} = 1; \quad \beta_{1j} = 0; \quad (30)$$

$$\text{при } Y = \Pi \quad \alpha_{mj} = 1; \quad \beta_{mj} = 0. \quad (31)$$

Из аппроксимации (23), ..., (26)

$$\text{при } X = 0 \quad \alpha_{i1} = \frac{\lambda}{\alpha_{i1} h_x + \lambda}; \quad \beta_{i1} = \frac{\alpha_{i1} h_x}{\alpha_{i1} h_x + \lambda} \theta_c; \quad (32)$$

$$\text{при } X = L \quad \alpha_{ik} = \frac{\lambda}{\alpha_{ik} h_x + \lambda}; \quad \beta_{ik} = \frac{\alpha_{ik} h_x}{\alpha_{ik} h_x + \lambda} \theta_c; \quad (33)$$

$$\text{при } y=0 \quad L_{ij} = \frac{\lambda}{\Delta y \Delta y + \lambda}; \quad \beta_{ij} = \frac{L_{ij} n_y}{\Delta y \Delta y + \lambda} B_c; \quad (34)$$

$$\text{при } y=\pi \quad L_{mj} = \frac{\lambda}{\Delta y \Delta y + \lambda}; \quad \beta_{mj} = \frac{\Delta m_j n_y}{\Delta m_j \Delta y + \lambda} B_c. \quad (35)$$

Тогда прогоночные коэффициенты для внутренних точек ПЭН при расчете вдоль оси X определяются по формулам:

$$L_{ij} = - \frac{1}{L_{i,j-1} + \left( -2 \left( \frac{C_p h x^2}{\lambda h c} + 1 \right) \right)}; \quad (36)$$

$$\beta_{ij} = L_{ij} (\beta_{i,j-1} + F_{ij}^n), \quad (37)$$

где  $i=2, \dots, M-1$ ,  $j=2, \dots, K-1$ , а  $F_{ij}^n$  равно правой части уравнения (17) с обратным знаком.

Значения температуры в K-ом ряду равноотной сетки ПЭН определяются по формуле:

$$\theta_{ik}^{n+1/2} = \frac{L_{ik} \beta_{i,k-1} + \beta_{ik}}{1 - L_{ik} L_{i,k-1}}, \quad (38)$$

где  $i=1, \dots, M$ , а в оставшихся точках

$$\theta_{ij}^{n+1/2} = L_{ij} \theta_{i,j+1}^{n+1/2} + \beta_{ij}, \quad (39)$$

где  $i=1, \dots, M$ ,  $j=K-1, \dots, 1$ .

Прогоночные коэффициенты для внутренних точек ПЭН при расчете вдоль оси Y определяются по формулам:

$$L_{ij} = - \frac{1}{L_{i-1,j} + \left( -2 \left( \frac{C_p h y^2}{\lambda h c} + 1 \right) \right)}; \quad (40)$$

$$\beta_{ij} = L_{ij} (\beta_{i-1,j} + F_{ij}^{n+1/2}), \quad (41)$$

где  $j=2, \dots, K-1$ ,  $i=2, \dots, M-1$ , а  $F_{ij}^{n+1/2}$  равно правой части уравнения (18) с обратным знаком.

Значения температуры в M-ом ряду равноотной сетки ПЭН определя-

отоя по формуле:

$$\theta_{mj}^{n+1} = \frac{L_{mj} \theta_{m-1,j} + \beta_{mj}}{1 - L_{mj} L_{m-1,j}}, \quad (42)$$

где  $j=1, \dots, K$ , а в оставшихся точках

$$\theta_{ij}^{n+1} = L_{ij} \theta_{i+1,j} + \beta_{ij}, \quad (43)$$

где  $j=1, \dots, K$ ,  $i=m-1, \dots, 1$ .

При моделировании процессов теплообмена в емкости-нагревателе на каждом полушаге по времени необходимо рассчитывать температуру обрабатываемой среды по формулам:

$$\theta_c^{n+1/2} = \frac{\int_0^L \int_0^N k_{ij} \theta_{ij}^{n+1/2} dx dy + \frac{2C_p M}{hc} \theta_c^n}{\frac{2C_p M}{hc} + \int_0^L \int_0^N k_{ij} dx dy}; \quad (44)$$

$$\theta_c^{n+1} = \frac{\int_0^L \int_0^N k_{ij} \theta_{ij}^{n+1} dx dy + \frac{2C_p M}{hc} \theta_c^{n+1/2}}{\frac{2C_p M}{hc} + \int_0^L \int_0^N k_{ij} dx dy}. \quad (45)$$

Практическая проверка предложенной математической модели подтвердила высокую её адекватность.

#### Литература.

1. А.о. 1179295 СССР, МКИ G05D23/19. Устройство для обогрева животноводческих помещений / Л.С.Герасимович, А.К.Кисель, В.В.Забродский, М.А.Прищепов.
2. А.о. 1240398 СССР, МКИ A01K1/015. Устройство для обогрева молодняка животных / Л.С.Герасимович, А.К.Кисель, М.А.Прищепов и др.
3. А.о. 1353524 СССР, МКИ B29C45/03. Установка для приготовления и дитья полимерных материалов / Л.С.Герасимович, Э.П.Олешкевич, И.Н.Конюнович, М.А.Прищепов.
4. А.о. 1277947 СССР, МКИ A47J37/00. Емкость для тепловой обработки пищевых продуктов / Л.С.Герасимович, М.А.Прищепов, В.А.Коротинский и др.
5. Турчак Л.И. Основы численных методов. - М.: Наука, 1987. - 320с.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ  
ПРИ ПАРОФАЗНОМ ЦИНКОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ В ПОРОШКОВЫХ СРЕДАХ

УДК 621.793.6

ФРИДЖАТ А. А.

В работе обобщены результаты экспериментальных исследований по структурному анализу антикоррозионных покрытий на стали Ст.3, полученных способом диффузионного цинкования. В качестве сред, используемых для химико-термической обработки, рассматривались порошки на основе цинк-оксид алюминия, цинка и хромсодержащего вещества, а также комплексные со стабилизирующими добавками ферросилиция и хромсодержащего вещества. Структура покрытий определялась фазовым составом. Покрытия характеризовались концентрацией элементов среды в поверхностной зоне слоя, насыщающей способностью сред, толщиной покрытия, изменением размеров и массы образцов.

Для порошков на основе цинк-оксид алюминия химико-термическая обработка в интервале температур 400-650°C вызывает реакцию насыщения и формирования цинковых слоев, состоящих из  $\xi$ ,  $\delta_1$  и  $\Gamma$ -фаз, толщиной от 20 до 360 мкм. Причем фаза  $\delta_1$  имеет две зоны: зона палисадов  $\delta_{1n}$  и мелкокристаллическая зона  $\delta_{1k}$ . Зона  $\delta_{1n}$  имеет столбчатую структуру и примыкает к  $\Gamma$ -фазе. В свою очередь  $\Gamma$ -фаза структурно включает также две зоны, светлую ( $F_{\alpha}Zn_{21}$ ) и темную ( $F_{\alpha}Zn_{10}$ ).

Рост диффузионного слоя при увеличении температуры происходит в основном за счет роста вытянутых перпендикулярно поверхности образца столбчатых зерен палисадной зоны  $\delta_{1n}$ .

При температуре 450°C проявляется мелкокристаллическая зона  $\delta_{1k}$  толщиной 15 мкм для порошка с 20%-ным содержанием цинка. При повышении температуры до 550°C, увеличении количества цинка до 80%

толщина  $\delta_{1к}$ -зоны увеличивается до 80 мкм.

Микротвердость  $\delta_1$ -фазы покрытий, формирующихся в используемых интервалах температур и составах насыщающих сред, изменяется от 270 до 310 кгс/мм<sup>2</sup>.

Изменение микротвердости  $\Gamma$ -фазы существенно больше и лежит в пределах от 360 до 660 кгс/мм<sup>2</sup>.

Изменение количества цинка от 20 до 80% и температуры цинкования от 450 до 550°C приводит к нарастанию его концентрации в поверхностной зоне покрытия от 85 до 93%.

Таким образом, увеличение температуры химико-термической обработки и количества цинка в насыщающей среде приводит к увеличению микротвердости и толщины диффузионного покрытия, размеров и массы образцов.

Для покрытий на основе порошков цинка и хромсодержащего вещества толщина диффузионных слоев при равных условиях формирования на 15–30% больше толщины слоев, полученных из сред на цинке и оксиде алюминия. Структурных отличий в фазовом составе не наблюдается.

Микротвердость  $\delta_1$ -фазы увеличивается до 400 кгс/мм<sup>2</sup>. Характер изменения микротвердости  $\Gamma$ -фазы в зависимости от температуры и концентрации хромсодержащего вещества аналогичен предыдущему виду порошка.

При цинковании с использованием хромсодержащего вещества концентрация цинка в поверхностной зоне диффузионного слоя изменяется от 83 до 91%.

Для комбинированных сред со стабилизирующими добавками ферросилиция или ферросилиция и хромсодержащего вещества диффузионный цинковый слой имеет аналогичный вышерассмотренным случаям фазовый структурный состав. В сравнении с предыдущими вариантами порошковых сред характерным является уменьшение толщины мелкокристаллической зоны  $\delta_{1к}$  фазы  $\delta_1$  в 2–5 раз при снижении общей

толщины покрытия на 16–50%.

Микротвердость фаз соответствует следующим значениям:  $\delta_1$ -фазы от 330 до 360 кгс/мм<sup>2</sup>,  $\Gamma$ -фазы от 480 до 550 кгс/мм<sup>2</sup>, поверхностная концентрация цинка в покрытии изменяется от 83 до 91% при повышении температуры химико-термической обработки от 400 до 550 °С.

При использовании комплексных порошковых сред формируются покрытия, поверхностная концентрация железа в которых изменяется от 9 до 17% и определяется, главным образом, не температурой, а видом и количеством стабилизирующей добавки.

Увеличение размеров образцов после цинкования составляет 80–85% от толщины защитного антикоррозионного слоя. В предыдущих случаях увеличение размеров образцов практически соответствовало толщине покрытия.

Насыщающая способность порошковой среды с добавками хромсодержащего вещества возрастает, а при использовании насыщающих сред, содержащих ферросилиций и хромсодержащее вещество, уменьшается по сравнению с насыщающей способностью сред на основе цинка и оксида алюминия.

Приведенный сравнительный анализ показывает качественное влияние синтезированных стабилизирующих добавок на характер взаимодействия в системах насыщающая среда–образец и, как следствие, на особенности и характеристики антикоррозионных цинковых покрытий.

Рассмотренный структурный анализ антикоррозионных покрытий позволяет сформулировать технологические рекомендации для промышленного применения диффузионного цинкования с использованием порошковых сред со стабилизирующими добавками:

- подбор исходных материалов и приготовление насыщающей среды;
- комплектование оборудования и приспособлений для химико-термической диффузионной обработки;
- подготовка деталей к насыщению;

диффузионная обработка изделий;

проведение контроля качества антикоррозионных покрытий;

регенерация и хранение порошкообразной смеси;

соблюдение правил техники безопасности и санитарии.

Проведенные испытания парофазно оцинкованных метиза, деталей запорной и регулирующей арматуры показали высокую эффективность данной технологии, высокое качество сформированных антикоррозионных покрытий.

УДК 621.365.683.9

М.А. Прищепов, кандидат технических наук;  
И.Г. Рутковский, инженерК ВОПРОСУ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
СЕКЦИОНИРОВАННЫХ ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ.

При расчете конструктивных параметров многозонных электродных электронагревателей [1] на последней из рассчитываемых зон наблюдалось несоответствие напряжения  $U_1$ , полученного по допустимой плотности тока из формулы:

$$U_1 = N_1 \cdot J_{\text{доп}} \cdot \rho_t(\theta_0) / K_2, \quad (1)$$

где  $J_{\text{доп}}$  - допустимая плотность тока в межэлектродном пространстве  $i$ -ой или последней зоны;  $\rho_t(\theta_0)$  - удельное сопротивление обрабатываемой среды;  $N_1$  - межэлектродное расстояние  $i$ -ой или последней зоны нагревателя;  $K_2$  - коэффициент запаса по допустимой плотности тока и остаточного  $U_0$ , равного разности между полным напряжением питания  $U$  и суммарным напряжением  $U_s$  на рассчитанных зонах нагрева. Полученное несоответствие указанных напряжений приводит к завышению длины последней зоны, которая определяется как и все предыдущие из дифференциального уравнения, описывающего электротепловые процессы, происходящие в нагревателе в одномерном пространстве в статике для любой  $i$ -ой зоны:

$$\frac{d\theta_c}{dx} = \frac{U_1^2 \cdot N_1 \cdot h}{\rho_t(\theta_0) \cdot N_1}, \quad (2)$$

где  $C_p$  - удельная теплоемкость обрабатываемой среды;  $G$  - массовый расход обрабатываемой среды;  $\theta_0$  - температура обрабатываемой среды;  $x$  - текущая координата длины нагревателя;  $h$  - КПД электронагревателя;  $N_1$  - ширина  $i$ -ой секции нагревателя.

При этом из уравнения очевидно, чем выше несоответствие этих напряжений, т.е. чем  $U_0 < U_1$ , тем значительнее завышение длины последней зоны. Поэтому при оптимизации конструктивных параметров нагревателя независимо от вида целевой функции необходимо в первую очередь варьировать, вместе или поотдельности, межэлектродным расстоянием  $N$ , шириной электродов  $\Pi$  и коэффициентом запаса по допустимой плотности тока  $K_2$  с целью получения равенства напряжений  $U_0 \approx U_1$  на последней расчетной зоне, что обеспечит уменьшение длины электронагревателя. В качестве примера получения такого равенства рассмотрим варьирование межэлектродного расстояния  $N$ . Для этого необходимо найти решение нелинейного уравнения, записав его в общем виде следующим образом:

$$U_0 - U_1 - F(H) = 0. \quad (3)$$

При решении этого уравнения можно воспользоваться методом Ньютона, определяя при этом новое  $(n+1)$ -ое приближение межэлектродного расстояния по формуле:

$$H_{n+1} = H_n - F(H_n) / F'(H_n), \quad (4)$$

где производную  $F'(H_n)$ , в свою очередь, можно определить численно, используя достаточно малое приращение межэлектродного расстояния  $E$  по следующей формуле:

$$F'(H_n) = F(H_n + E) - F(H_n) / E. \quad (5)$$

На рис.1 представлена блок-схема алгоритма варьирования межэлектродного расстояния методом Ньютона.

На рис.2. - блок-схема алгоритма подпрограммы вычисления целевой функции  $F$  - несоответствия напряжения на последней расчетной зоне полученного по допустимой плотности тока и остаточного, равного разности напряжения питания и суммарного напряжения на рассчитанных зонах нагревателя.

В приведенной блок-схеме приняты следующие обозначения:  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  - удельное сопротивление обрабатываемой среды, соответственно для температуры  $\theta_c(0)$  и  $\theta_c.$ вых;  $J_{доп.п}$ ,  $J_{доп.к}$  - допустимая плотность тока в межэлектродном пространстве, соответственно, на входе и выходе нагревателя;  $P_1$  - мощность  $i$ -ой последовательно соединенной зоны;  $I$  - ток  $i$ -ой последовательно соединенной зоны;  $\rho_{ор}$  - среднее удельное сопротивление обрабатываемой среды элементарного участка (секции);  $R$  - сопротивление обрабатываемой среды элементарного участка (секции);  $P_э$  - мощность элементарного участка (секции);  $I_э$  - ток элементарного участка (секции);  $U_э$  - суммарное напряжение на  $i$  рассчитанных зонах;  $L$  - полная длина электронагревателя.

При вычислении целевой функции  $F$  в процессе счета необходимо следить за тем, чтобы плотность тока по всей длине нагревателя не выходила за пределы допустимой, поэтому в алгоритме предусмотрен контроль допустимой плотности тока на каждом элементарном участке (секции) нагревателя. В случае, если плотность тока превышает допустимую, процесс

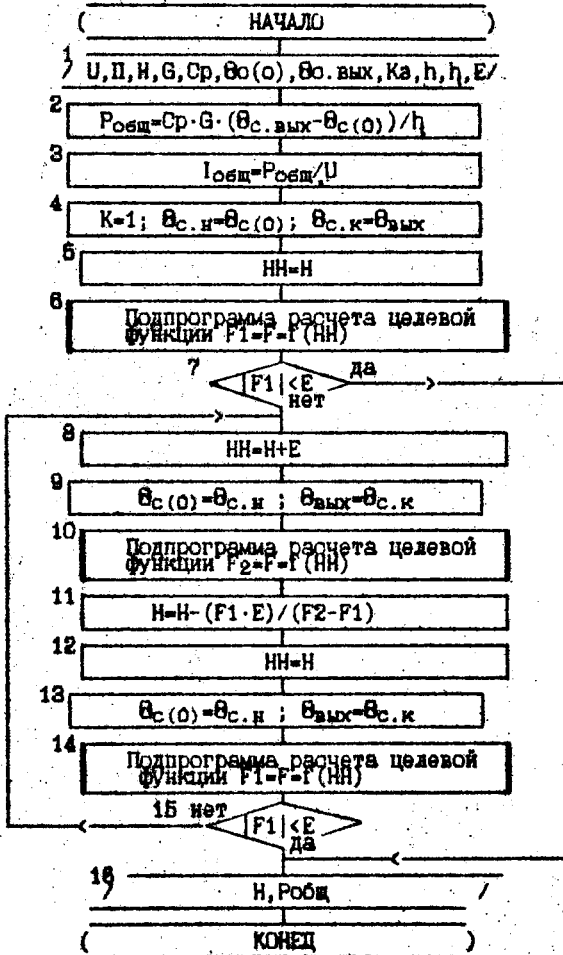


Рис. 1 Блок-схема алгоритма варьирования межэлектродного расстояния методом Ньютона.

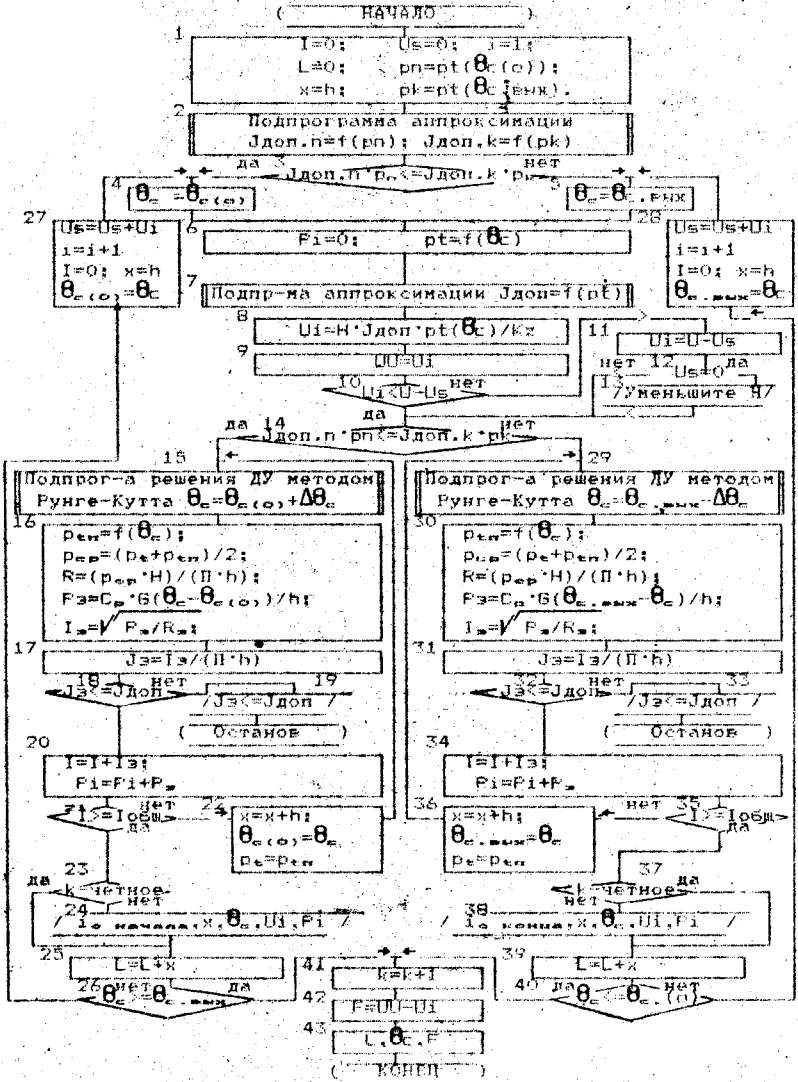


Рис. 2. Блок-схема алгоритма подпрограммы вычисления целевой функции  $F$

очета останавливается.

В заключение необходимо отметить, что в зависимости от величины неоспадения напряжений применение предложенной методики расчета позволяет уменьшить материалоемкость секционированных электродных электронагревателей на 5...20% в сравнении с рассчитанными по методике [1] без учета величины неоспадения напряжений.

#### Литература.

1. Герасимович Д.С., Прищелов М.А., Рутковский И.Г. Расчет конструктивных параметров секционированных проточных электродных электронагревателей. // Проблемы развития энергетики и электрификации АПК: Об. научн. тр. ВелНИИгроэнергo. -Мя, 1994. ст.35-48.

### ОПТИМИЗАЦИЯ РАЦИОНА КОРМЛЕНИЯ ДЛЯ ОТКОРМА КРС.

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства актуальной является проблема создания энерго-ресурсосберегающей технологии. Никакая эффективность производства сельскохозяйственной продукции в первую очередь связана с установленной ценовой политикой, но не в меньшей мере и с тем, что управление основными технологическими процессами идет в режимах, далеких от оптимального. А это приводит к неоправданным затратам энергии и ресурсов. Постоянно изменяющиеся цены и условия производства требуют быстрого нахождения и реализации новых оптимальных режимов работы. Бывают условия, когда выгодно недополучить часть продукции, сократив при этом потребление энергии, либо резко подорожавшего компонента рациона. Анализ подобных ситуаций и принятие решений связаны с большим по объему сбором и быстрой обработкой информации. А это приводит к необходимости использования микропроцессорной техники.

Известно, что продуктивность КРС в наибольшей степени зависит от интенсивности и рациона кормления, а также от способа содержания и незначительно от микроклимата и других факторов. Следовательно, особое внимание при оптимизации следует уделить определению оптимального рациона и режима кормления. Резко изменяющиеся условия производства ставят при управлении зачастую противоречивые задачи: рациональное ведение хозяйства с целью достижения прибыли, получение максимального количества продукции в короткий срок не учитывая затрат, минимизация расхода кормов только на поддержание жизненного уровня животных и др. Выделим три основных критерия оптимизации:

1. Максимальная прибыль.
2. Максимальная продуктивность (привес).
3. Минимальный расход кормов.

Зоотехнической наукой накоплен богатейший опыт по кормлению сельскохозяйственных животных. Обобщены результаты многочисленных опытов и созданы единые нормы кормления, где указана потребность животных в различных питательных веществах в зависимости от породы, способа содержания, возраста, живого веса и желаемой продуктивности. Содержание



530.12:51

дур Т.А.

Релятивистское движение вращающегося тела в среде.

Представляет теоретический и практический интерес решение следующей задачи. Гравитационное поле создается массивным центральным телом (например, Солнцем) вместе с окружающим его газопылевым шаром. Движение вращающегося легкого тела в таком гравитационном поле описывается, как известно, тензорной системой уравнений Папалетру :

$$\frac{D}{ds}(mu^\alpha + u^\beta \frac{DS^{\alpha\beta}}{ds}) + \frac{1}{2} R^\alpha{}_{\beta\mu\nu} u^\beta S^{\mu\nu} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{DS^{\alpha\beta}}{ds} + \frac{u^\alpha}{u^0} \frac{DS^{\beta 0}}{ds} - \frac{u^\beta}{u^0} \frac{DS^{\alpha 0}}{ds} = 0, \quad \alpha, \beta, \mu, \nu = 0, 1, 2, 3 \quad (2)$$

где  $D$  означает ковариантное дифференцирование в римановом пространстве, описываемом метрикой  $ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta$  и тензором кривизны  $R^\alpha{}_{\beta\mu\nu}$ ;  $S^{\alpha\beta}$  является антисимметрическим тензором, ответственным за вращение тела, релятивистская масса которого равна  $m$ ;  $u^\alpha \equiv dx^\alpha/ds$ ;  $x^\alpha(s)$  - координаты центра масс вращающегося тела;  $s = ct$ , где  $t$  - время по часам бесконечно удаленного неподвижного наблюдателя,  $c$  - скорость света в вакууме.

Система (1), (2) является системой нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка относительно неизвестных функций  $x^\alpha(t)$ ,  $S^{\alpha\beta}(t)$ . Получить точное решение такой системы в общем виде не удается. Но с помощью разработанного школой Эйнштейна-Инфельда аппроксимационного метода можно находить приближенные решения этой системы.

В настоящей работе с помощью этого метода с учетом некоторых дополнительных условий находится приближенное решение (в следующем за ньютоновским приближением) системы (1), (2) для сформулированной выше астрофизической задачи. В итоге находятся закономерности релятивистского поступательного и вращательного движений вращающегося тела, которые значительно отличают его от закономерностей ньютоновского движения. Возникают: дополнительное смещение перигелия орбиты, она из плоской превращается в пространственную, ось вращения тела приобретает релятивистскую прецессию и другие релятивистские эффекты. Делается численная оценка этих эффектов.

Если релятивистские добавки рассматривать как постоянно действующие силовые возмущения к ньютоновским уравнениям движения, то оказывается возможным сформулировать проблему устойчивости движения по Ляпунову. Оказывается, что в случае рассматриваемой задачи с учетом релятивистских добавок ньютоновское движение по ряду параметров является неустойчивым по Ляпунову.

УДК 511.36

Морозова И.М.

О соотношении меры и диаметра множеств комплексных чисел, на которых многочлен принимает малые значения.

При доказательстве В.Г.Спринджуком (1) комплексного случая гипотезы К.Малера (2) существенную роль играла лемма 2I (1).

Пусть

$$P(z) = a_n z^n + \dots + a_1 z + a_0$$

полином от комплексной переменной  $z$  и  $H = M(P) = \max_{1 \leq i \leq n} |a_i|$  — высота многочлена  $P(z)$ . Если  $P(z)$  неприводим, то множество  $G(P)$  всех  $w$ , удовлетворяющих неравенству

$$|P(w)| < H^{-w_0}, \quad w_0 > 0,$$

распадается на попарно, непересекающиеся односвязные области  $G_i(P)$ . Обозначим через  $\mu A$  — меру Лебега множества  $A$  на комплексной плоскости и  $d_i$  — диаметр множества  $G_i(P)$ .

Лемма. При  $w_0 > \frac{n-2}{2}$  имеем  $\mu G_i(P) > c(n) d_i^2$ , где постоянная  $c(n)$  зависит только от  $n$  и не зависит от высоты полинома  $P(z)$ .

Различного рода обобщения результата В.Г.Спринджука потребовали обобщения леммы 2I в двух направлениях.

Первое из них состоит в том, что вместо неравенства

$$|P(w)| < H^{-w_0}, \quad w_0 > \frac{n-2}{2} \quad (*)$$

необходимо рассмотреть неравенство (\*) с произвольным  $w_0$ . Это приводит к тому, что области  $G_i(P)$  могут уже содержать не 2, а произвольное число корней многочлена  $P(z)$ .

Вторым направлением обобщения является явный вид постоянной  $c(n)$  в лемме 2I. В данной работе мы приводим доказательство неравенства

$$\mu G_i(P) > c(n) d_i^2$$

для произвольного  $w_0$  в (\*) и с явной оценкой сверху  $c(n)$  в зависимости от  $n$ .

Теорема. Для любого  $w_0 > 0$  существует  $c_0 = c_0(w_0)$  такое, что при  $c < c_0$  справедливо неравенство

$$\mu G_i(P) > c d_i^2.$$

Для доказательства область  $G_i(P)$  разобьем на части, состоящие из точек, принадлежащих  $S(x_j)$ ,  $j=1, \dots, n$ , где  $S(x_j)$  — множество комплексных чисел, удаленных от  $x_j$  не более, чем от других корней  $x_1, \dots, x_n$ . Рассмотрим две соседние области  $S(x_1)$  и  $S(x_2)$ . Они получаются в результате рассечения  $G_i(P)$  некоторой прямой  $L$ . Граница области разбивается на части  $\sigma$  и  $\lambda$ . Положим

$$m_1 = \max_{\omega \in \mathcal{E}} |\omega - \alpha_1| = m(\mathcal{E}), \quad \mu_1 = \min_{\omega \in \mathcal{E}} |\omega - \alpha_1| = \mu(\mathcal{E}),$$

$$m_2 = \max_{\omega \in \mathcal{A}} |\omega - \alpha_2| = m(\mathcal{A}), \quad \mu_2 = \min_{\omega \in \mathcal{A}} |\omega - \alpha_2| = \mu(\mathcal{A}).$$

Для каждой части  $\mathcal{E}$ ,  $\mathcal{A}$  справедливы неравенства

$$m(\mathcal{E}) < c(n) \mu(\mathcal{E}), \quad m(\mathcal{A}) < c(n) \mu(\mathcal{A}).$$

Для точки смежности частей  $\mathcal{E}$  и  $\mathcal{A}$  выполняется неравенство

$$m_1 < c_1, \mu_1 \leq c_1, |\omega_0 - \alpha_1| = c_1, |\omega_0 - \alpha_2| \leq c_1, m_2 < c_2, \mu_2 \leq c_2.$$

Поэтому  $\max_{\mathcal{E}, \mathcal{A}} (m(\mathcal{E}), m(\mathcal{A})) < c(n) \min(\mu(\mathcal{E}), \mu(\mathcal{A}))$ .

Пусть теперь  $\alpha, \beta$  - пара точек границы  $b_i(P)$  с условием  $|\alpha - \beta| = d_i$ . Если обе точки  $\alpha, \beta$  лежат в части  $\mathcal{E}$ , то  $|\alpha - \beta| \leq |\alpha - \alpha_1| + |\beta - \alpha_1| \leq 2m(\mathcal{E})$ , или в части  $\mathcal{A}$ , то  $|\alpha - \beta| \leq 2m(\mathcal{A})$ .

Если же, например,  $\alpha \in \mathcal{E}$ ,  $\beta \in \mathcal{A}$ , то

$$|\alpha - \beta| \leq |\alpha - \alpha_1| + |\beta - \alpha_2| + |\alpha_1 - \alpha_2|.$$

Пусть  $\omega_0$  - точка на границе  $b_i(P)$ , одинаково удаленная от  $\alpha_1, \alpha_2$ .

Тогда  $|\alpha_1 - \alpha_2| \leq |\alpha_1 - \omega_0| + |\alpha_2 - \omega_0| = 2|\alpha_1 - \omega_0| = 2|\alpha_2 - \omega_0| \leq$

$$\leq 2 \min(\max_{\mathcal{E}} m(\mathcal{E}), \max_{\mathcal{A}} m(\mathcal{A})). \quad \text{Следовательно,}$$

$$|\alpha - \beta| \leq m(\mathcal{E}) + m(\mathcal{A}) + 2 \min(\max_{\mathcal{E}} m(\mathcal{E}), \max_{\mathcal{A}} m(\mathcal{A})).$$

$$d_i \leq 4 \max_{\mathcal{E}, \mathcal{A}} (m(\mathcal{E}), m(\mathcal{A})) < c(n) \mu, \quad \mu = \min_{\mathcal{E}, \mathcal{A}} (\mu(\mathcal{E}), \mu(\mathcal{A})).$$

Далее рассмотрим области  $S(\alpha_j)$  и  $S(\beta_j)$ ,  $j = 3, \dots, n$ , все приведенные выше рассуждения справедливы и для них. В силу того, что  $b_i(P)$  есть объединение  $S(\alpha_j)$ , то можно указать круг с центром в  $\alpha_i$ , и радиуса  $\rho_0 = \min_j \mu(\alpha_j)$ . Его площадь

$$S \rho_0^2 \geq S \mu^2 \geq S(\rho_0)^2 d_i^2, \quad \text{где } C(n) - \text{константа в лемме}$$

21, что и доказывает теорему.

#### Литература.

1. В.Г.Стринджук. Проблема Малера в метрической теории чисел. Мн. 1967.
2. К.Малер. An analogy to Minkowski's geometry of numbers in a field of series. Ann. of Math., vol. 42, 1965.

### ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УДАЛЕНИЯ БОТВЫ И ОЧИСТКИ ГОЛОВОК КОРНЕПЛОДОВ

При механической уборке корнеплодов (сахарной и кормовой свеклы) технологическим процессом предусматривается уборка ботвы и доочистка головок от прогнивших и засохших остатков. Применяемые для этих целей машины БМ-6А, МБК-2,7 и доочистители ОГД-6 требуют значительных материальных затрат. На наш взгляд целесообразно использовать комбинированную машину, совмещающую эти две операции.

При разработке конструкции и определении основных параметров ботвоудаляющих рабочих органов нами проведены исследования расположения корнеплодов в почве и над почвой, изучены особенности размерно-массовой характеристики кормовой свеклы. Кормовой свекле присуща изменчивость в широком диапазоне признаков и свойства даже для одного того же сорта как во времени, так и в пространстве.

Высоту расположения головок корнеплодов ( $h$ ) над уровнем почвы можно рассматривать как сортовую особенность кормовой свеклы, зависящую только от массы корнеплода ( $m_k$ ). На основании корреляционного анализа получены уравнения регрессии вида

$$h = 0,09 m_k^{0,661}$$

Коэффициент корреляции может принимать значения до 0,88 при числе степеней свободы, равном 128 /1/. На основании исследований, проведенных к.т.н. Б.П.Шабельником и В.И.Мартыновым, среднеквадратическое отклонение высоты расположения головки корнеплода над уровнем почвы составляет 0,044 м при коэффициенте вариации 38%.

На качество удаления ботвы существенно влияет закрепление корнеплодов в почве. Сопротивление корнеплода наклону перед потерей его связи с почвой находится в пределах 62...254 Н /2/.

Большие перепады высоты наземной части корнеплодов и слабая их закрепленность в почве не позволяют срезать ботву с копированием высоты головок корнеплодов - копиры заваливают большое ко-

личество корнеплодов. В связи с этим ботву кормовой свеклы убирают без копирования, устанавливая общую высоту среза ботвы над головками высоких корнеплодов. После среза ботвы общая масса черешков, оставшаяся на корнеплодах, не должна превышать 3% общей массы корнеплодов. Остатки ботвы на корнеплодах часто превышают норму и, следовательно, их в этом случае необходимо доочищать во избежание загнивания в процессе хранения. Выбитых из почвы корнеплодов при доочистке должно быть не более 15%, однако существующие очистители не выполняют данного требования.

Учитывая агротехнические требования к удалению ботвы и физико-механические свойства кормовой свеклы, предложена конструкция очистителя головок корнеплодов, который выполнен в виде горизонтального вала с установленными на нем эллипсными дисками. На обрабатываемых дисках размещены эластичные очистительные элементы. Эллипсные диски установлены наклонно к оси вращения: большая ось отклонена на угол  $28...32^\circ$  относительно направления движения машины; малая ось повернута на угол  $8...12^\circ$  относительно вертикальной плоскости, проходящей через большую ось эллипса. Проекция дисков на плоскость, перпендикулярную оси вращения, составляет правильный круг.

Соотношение длин осей эллипса выражается зависимостью

$$a = \frac{b \cdot \cos \beta}{\cos \alpha},$$

где  $a$  - большая ось эллипса, м;

$b$  - малая ось эллипса, м;

$\alpha$  - угол между большой осью и направлением движения машины, град.;

$\beta$  - угол между малой осью и вертикальной плоскостью, проходящей через большую ось, град.

Установка эллипсных дисков на угол  $28...32^\circ$  позволяет исключить прямой удар и производить очистку коронок корнеплодов от остатков ботвы трением со скольжением, что значительно уменьшает силу воздействия очистительного элемента на корнеплод и вероятность выбивания его из почвы.

При повороте эллипсного диска на  $180^\circ$  угол изменяется от  $-30^\circ$  до  $+30^\circ$ , что позволяет качественно удалять остатки ботвы по всей сфере головки свеклы.

Для улучшения удаления растительности с междурядий конструкцией очистителя предусмотрено постепенное уменьшение угла установки очистительных элементов от максимального значения над осевой линией рядна корнеплодов до нуля к середине междурядий.

Предложенный очиститель головок корнеплодов устанавливается сзади любой серийной ботвоуборочной машины и позволяет более полно доочистить коронку и подготовить поле для уборки корневой свеклы.

#### Литература:

1. Б.П.Шабельник, В.М.Мартынов. Агрофизические показатели кормовой свеклы и характер их изменчивости/Совершенствование технологических процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. науч. трудов/МИСП. -М.: 1986, с. 68-74.
2. В.И.Варламов. Физико-механические свойства кормовой свеклы/Эксплуатация машинно-тракторного парка при интенсивных технологиях и прогрессивных формах организации труда в растениеводстве: Сб. науч. трудов/СИМСХ. -Саратов: 1991, с. 84...88.

УДК 536.715

Усович А.Н.

инженер /БАТУ/

Возможности и перспектива вихревого эффекта.

На современном этапе ещё остаётся актуальным вопрос эффективного получения холода и тепла, поскольку и то и другое широко используется как в быту, так и на производстве. В сельском хозяйстве имеют место огромные потери произведённой продукции из-за плохих условий хранения.

В настоящее время для получения холода наиболее широко используются фреоновые холодильные установки, но они сложны в обслуживании, дорогостоящи. А также утечки фреона могут привести к глобальной экологической катастрофе—озоновым дырам. Поэтому встал вопрос об ограничении применения фреона в холодильных установках или его замене. Одним из вариантов такой замены является вихревой эффект.

Вихревой эффект был открыт в 1931 году французским инженером Жаном Ранком и основан на разделении сжатого газа на холодную и горячую составляющие в результате завихрения в вихревой камере (рис.1). При завихрении газ начинает вести себя как твёрдое тело, то есть угловые скорости периферийных и центральных слоёв выравниваются.

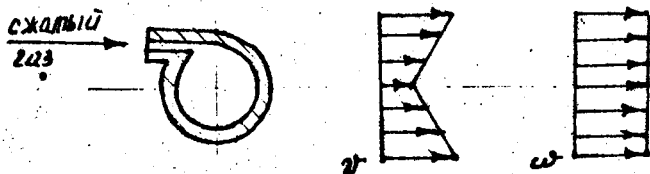


Рис.1. Вихревая камера и взгляды скоростей газа.

Поскольку периферийные слои имеют большую линейную скорость, то и обладают большей кинетической энергией, а следовательно, и температурой. Конструктивно вихревой аппарат выполняется так, что горячие и холодные составляющие отводятся из вихревой камеры в разные стороны.

Эффективность охлаждения (нагрева) в вихревого эффекта оценивается отношением разности между конечной и начальной температурами потока при охлаждении в трубе Ранка к изэнтропической разности температур потока при том же перепаде давлений:

$$\eta = \frac{\Delta T}{\Delta T_{\text{из}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 \left[ 1 - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]}}$$

где  $T_1$  и  $p_1$  — абсолютное давление и температура входящего в трубу воздуха;

$T_2$  и  $P_2$  - абсолютная температура и давление холодного (горячего) воздуха;

$k$  - постоянная.

При расширении в трубе Ранка на  $1 \text{ кг}$  поступающего газа приходится  $\mu \text{ кг}$  холодного потока. Поэтому действительная эффективность охлаждения (нагрева) с помощью вихревого эффекта меньше и оценивается произведением  $\mu/T_2$ , (или  $(1-\mu)/T_2$  при нагревании). На рис. 2 представлена зависимость температурного эффекта от  $\mu$ .

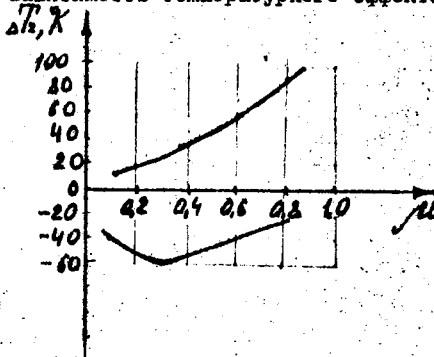


Рис. 2. Зависимость температурного эффекта от доли холодного потока.

Из графика видно, что максимальный эффект охлаждения наблюдается при  $\mu = 0,3$ .

Процесс разделения воздуха (газа) в вихревой трубе весьма сложен, поэтому до сих пор нет точного математического описания эффекта на основе законов термодинамики. Возможно, что в результате решения этой проблемы можно будет получить более эффективный и экологичный источник холода и тепла.

В настоящее время эффект Ранка может применяться в различных областях техники. Особенно там, где по производственной или другой необходимости нужно получение как холода, так и тепла одновременно, или где есть дешёвый источник сухого воздуха. В этих условиях вихревой эффект будет наиболее эффективен.

Сейчас эффект Ранка находит всё более широкое применение в машиностроении и в других областях (авиация, газовая очистка, автоматика).

Литература:

И. Клименко А. П. и др. Холод в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1969.

Способы приобретения и использования сложной  
с.-х. техники

Эффективность сельскохозяйственного производства во многом определяется рациональным использованием техники. Переход на рыночные отношения обострил проблемы агропромышленного комплекса, связанные с состоянием и использованием технического потенциала сельскохозяйственного производства. Среди них резкое увеличение стоимости техники, что создает значительные затруднения при ее приобретении, обновлении состава машинно-тракторного парка. При этом приобретение сложных, обычно дорогостоящих машин, к которым относятся автокраны, автомобили для перевозки длинномерных грузов, бульдозеры, погрузчики, экскаваторы и т. д., с малой годовой загрузкой неэффективно, требует связывания большого капитала при малой отдаче. Низкий уровень оснащенности сельского хозяйства сложной техникой, особенно специального назначения, снижение ее закупок в последние годы, что привело к сокращению парка машин, приводят к снижению потенциальных возможностей сельскохозяйственного производства, невозможности выполнения необходимых работ. При недостаточной надежности техники и изношенности низкой эффективности ее использования все вышесказанное вырастает в глобальную проблему, которая требует неотложного решения. В связи с этим необходимо расширить формы приобретения и использования техники, перейти к прокату, аренде, лизингу, которые помогут исправить создавшееся положение дел.

Такие же проблемы существуют не только у хозяйств и предприятий, но и у сельских жителей, горожан, имеющих дачные участки. Они владеют очень малым количеством механизмов и машин, которые облегчают их труд. Проведенный в 1990 году анкетный опрос во всех шести областях республики показал, что на одну семью приходится 0,3 средства малой механизации. Люди, которые покупают мотоблок или какую-то другую технику, сталкиваются с отсутствием комплекта навесных и прицепных орудий, ремонтных мастерских, запасных частей, топливо-смазочных материалов и др. Тем более в современных условиях из-за дороговизны приобретение таких средств сопряжено с большими трудностями. И к тому же имеющаяся техника далеко не универсальна, требуются различные специальные машины, зачастую более сложные. Поэтому прокат, аренда для них является чуть ли

не единственным выходом из положения.

Важен зарубежный опыт эксплуатации техники, в основу которого положено сокращение затрат. Это достигается за счет развития межхозяйственного использования техники. Наибольшее распространение получили кооперативы, машинные ринги, общества по обмену техникой и др. Основные преимущества совместного использования техники — снижение затрат, отпадает необходимость связывания капитала, сокращение срока проведения работ и потребности в технике.

Во Франции насчитывается около 12450 кооперативов по эксплуатации техники. Больше половины их существует более 10 лет. Несколько иную форму использования техники представляют общества по ее обмену. Заплатив небольшой взнос, любой фермер может войти в состав общества. При этом он остается собственником своей техники и должен ее ремонтировать и обновлять сам. Задача общества в учете техники, принадлежащей ее членам, приведение спроса в соответствие с предложением. Такие общества получили распространение в Западной Европе, Японии, Бразилии. Машинные ринги представляют собой товарищества по совместному использованию техники. При покупке машины каждый член должен содействовать приобретению нужной для товарищества машины.

В интересах к состоянию дел в нашей республике интерес представляет плата за прокат или аренду. Вариантов исчисления довольно много и каждый имеет свои достоинства и недостатки. Предлагается плату исчислять на основе плановых или фактических затрат на содержание техники с добавлением планируемого уровня рентабельности. Существует вариант разделения платы на два вида: абонентную и дополнительную. Первая зависит от временной продолжительности проката, вторая — от фактической наработки. Возможно изменение арендной платы в зависимости от состояния техники, срока ее службы до этого времени, т.к. затраты средств на содержание техники значительно увеличиваются со сроком эксплуатации, а эффективность использования, производительность, качество выполнения работы, эргономические показатели падают.

Учитывая вышесказанное, можно определить перспективы развития аренды и проката на ближайшее будущее. Введение рыночных отношений вызовет существенные изменения в агропромышленном комплексе. Перспективно образование кооперативов по техническому обслуживанию и ремонту техники, межхозяйственной кооперации по ее совместному использованию. Наряду с существующими колхозами появляются новые фермерские хозяйства. Возможно появление акционерных предприятий, малых, арендных предприятий и др. Поэтому можно прогнозировать широкое развитие аренды и проката не только при районных базах, но и в

самых хозяйствах, подразделениях. Пользователями же будут выступать коллективные, фермерские хозяйства, индивидуальные лица. При возможности они могут предоставлять технику друг другу, что приведет к расширению совместного использования техники. В будущем прогнозируется пользоваться этим не от безвыходности, а потому что это эффективно, выгодно.

Перспективным способом закупки техники, получившим широкое распространение за рубежом, является лизинг. В лизинге в отличие от аренды участвуют три стороны — поставщик, арендодатель, арендатор. Арендодатель исполняет только финансовые функции. Он заключает договор об аренде с арендатором и договор о поставке с поставщиком. Выбор техники делает арендатор, а оплачивает арендодатель, т.е. лизинговая компания. Она получает от арендатора арендную плату, включающую затраты и прибыль. По окончании срока техника передается арендатору по остаточной стоимости или сдается в аренду другому арендатору с уменьшенной платой. Основным преимуществом для арендатора является получение необходимой техники, машин при освобождении от единовременной уплаты полной стоимости, от связывания своего капитала. Поставщик же увеличивает объем продаж. Логично предположить, какой перспективой обладает лизинг сельскохозяйственной техники. Хозяйства испытывают потребность в технике, но не имеют средств для ее покупки. В лизинге для них видится выход из положения.

УДК 631.3.01-254:631.4

Устиненко Ю. В.  
инженер (БАТУ)

## АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ БУКСОВАНИИ

Почва, обладающая плодородием, — природная производительная сила. В сельском хозяйстве она служит важнейшей материальной основой, от правильного использования которой зависит удовлетворение потребностей в продовольствии и сельскохозяйственном сырье.

Под плодородием подразумевают способность почвы обеспечивать растения в элементах корневого питания и воде при соответствующем воздушном и тепловом режимах и создавать урожаи сельскохозяйственных культур [1]. Существуют и другие определения плодородия. Мы же рассмотрим плодородие как сумму 2-х слагаемых. Гумус дает практически все необходимые компоненты питания для растений, а структура обеспечивает почву водой и воздухом, создавая таким образом оптимальные режимы жизнедеятельности для корневых систем растений.

С внедрением в сельскохозяйственное производство мощных колесных и гусеничных тракторов возник вопрос об установлении влияния повышенного уплотнения почвы на ее физико-механические свойства и, в частности, на структуру почвы, как на основную составляющую плодородия.

Вследствие уплотнения, производимого на почву МТА, ухудшается рост растений. Опытами была определена оптимальная плотность почвы  $1,1 - 1,35 \text{ г/см}^3$  в зависимости от минералогического состава. Современные тракторы уплотняют почву значительно выше. В следах трактора МТЗ-82 плотность почвы колеблется от  $1,32$  до  $1,42 \text{ г/см}^3$ . Трактор Т-150К уплотняет почву до  $1,45 - 1,48 \text{ г/см}^3$ , К-700 — до  $1,46 - 1,5 \text{ г/см}^3$ . Наиболее уплотняют почву машины для внесения удобрений и транспортные агрегаты. Плотность в их следах составляет  $1,5 - 1,6 \text{ г/см}^3$ .

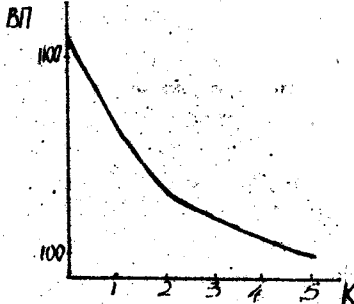
Буксование или проскальзывание протектора колеса по поверхности почвы влечет за собой усиление разрушения ее структуры, уплотнение, перетирание и распыление верхнего наиболее плодородного слоя. В результате теряется скорость трактора, ухудшаются физико-механические свойства почвы. При горизонтальном сдвиге земляная почва сцеплена почва теряет структурную связь с основ-

ной почвой, в результате чего быстро высыхает, измельчается.

Наилучшей, с точки зрения плодородия, является мелкокомковатая структура почвы с размерами почвенных агрегатов 0,5 – 10 мм [2]. Результаты исследования кодовых систем тракторов К-700, ДТ-75, МТЗ-50 на структуру почвы освещены в статье Александрова Г. Я., Королева Н. В. [3]. Исследования показали, что значительным изменениям подвергаются фракции почвы менее 0,5 мм. В колесе трактора ДТ-75 количество этих мелких фракций увеличивается в 2,5 раза, колесного трактора К-700 – в 4,4 раза, у МТЗ-50 – в 4,65 раза. Отсюда видно, что колесные тракторы, вследствие большого удельного давления на почву и значительного буксования движителей, более значительно распыляют почву по колесу, чем гусеничные, образуют более глубокие колеи.

Можно сделать вывод, что почвы, на которых работают колесные тракторы наиболее подвержены ветровой **эрозии**, так как в них большее процентное содержание мелких структурных частиц. После осадков или таяния снега в колее возможны застои воды из-за снижения водопроницаемости уплотненной почвы. В результате испарения влаги образуется корка, которая препятствует прорастанию семян, или же высушенная почва выветривается за пределы поля.

Уплотненная почва изменяет свою структуру, так как под воздействием нагрузки сминаются поры, что ведет к нарушению воздухо- и теплообмена. Нами были проведены опыты по определению воздухопроницаемости почвы в зависимости от количества уплотняющих воздействий (количество проходов МТА по следу). При влажности дерново-подзолистой почвы  $W = 18\%$  была получена зависимость ВП-Г(к).



ВП – воздухопроницаемость  
к – количество уплотняющих воздействий

Рис. 1.

Как видно из графика (рис.1), воздухопроницаемость после двух воздействий уменьшилась в 3 раза, после пяти – более, чем в 9 раз.

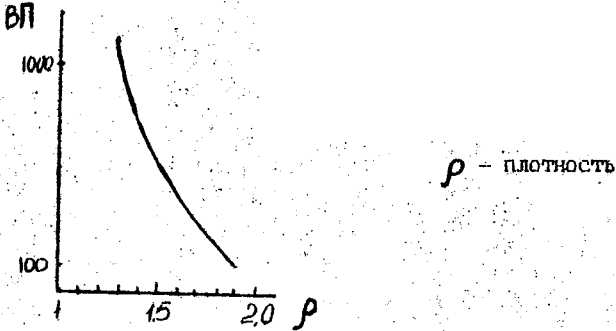


рис. 2. График зависимости воздухопроницаемости ВП от плотности  $\rho$

Из графика (рис.2) при увеличении плотности от 1.3 до 1.9г/см<sup>3</sup> воздухопроницаемость уменьшилась в 10 раз.

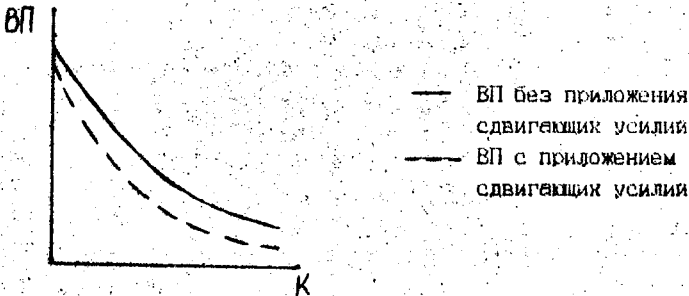


рис. 3. График зависимости воздухопроницаемости ВП от количества уплотняющих воздействий "к"

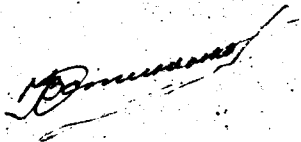
При буживании сдвигается верхний слой почвы, нарушается пористость, что влечет за собой изменение воздухопроницаемости в сторону уменьшения (рис.3).

Однако, не следует забывать и о влажности. Ведь, чем больше влажность, тем большее количество пор, занятых водой, а, в первую очередь, смянутся поры, не заполненные водой, т.е. при одинаковой внешней нагрузке воздухопроницаемость будет меньше у почвы с большей влажностью.

Перенасыщенность почв минеральными удобрениями, переуплотнении и разрушении их структуры современными с.-к. средствами, низкая культура земледелия и ряд других причин привели к бесплодию земель обширных районов. Переуплотненные почвы подвержены всем видам эрозии. И это сказывается не только на урожае с.-к. культур, но и на изменении поведения агроэкологических систем. При проектировании и эксплуатации с.-к. тракторов, машин и орудий необходимо руководствоваться принципом, что техника, предназначенная для работы в той или иной среде, должна иметь экологическую совместимость с этой средой.

#### Литература:

1. Технология производства продуктов растениеводства. Под ред. И. П. Фирсова. - М.: Агропромиздат, 1989.
2. Бектин П. У. Исследование физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. - М.: Колос, 1969.
3. Г. Александров, Н. Королев. Влияние кодовых органов тракторов на структуру почвы. - Техника в сельском хозяйстве №11, 1974, с. 83.



### РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ПОГРУЗКИ КАРТОФЕЛЯ ИЗ НАСЫПИ И БУРТОВ

В Республике Беларусь картофель является одной из основных продовольственных и промышленных культур. Достигнуты определенные успехи по механизации производства этой трудоемкой культуры, усовершенствуется парк специальной техники, применяемой при возделывании и уборке, накоплен опыт высокопроизводительного использования машин. Важное значение в получении высоких урожаев имеет семенная материал и его качество.

При хранении в буртах и непригодных помещениях теряется до 30...40% клубней, в связи с чем картофель необходимо периодически сортировать. Забор и перегрузку клубней картофеля проводят при переборке, сортировке вороха и калибровке вручную. Специальные механизмы для подбора и погрузки картофеля из буртов отсутствуют. А применение не предназначенных для этих целей погрузчиков периодического (ПЭ-0,8В; Э0-262Г; КВН-10) и непрерывного (ТПК-30) действия приводит к значительным повреждениям клубней и требуют применения ручного труда для обрушения сросшейся массы и подачи ее к рабочим органам. Отсутствует в производстве рабочий орган, способный с минимальными повреждениями обеспечить забор и погрузку картофеля.

В БАТУ нами в результате изысканий и исследований предложен новый рабочий орган-питатель к подборщику-погрузчику картофеля. Питатель к подборщику-погрузчику картофеля (рис. 1) содержит горизонтальный барабан с установленными под углом  $\alpha$  к оси его вращения захватывающими прутковыми элементами, выполненными в виде диска эллипсной формы и образующие заборные карманы с сепарирющей решеткой.

Поверхность захватывающих элементов-эллипсов, установленных под углом  $\alpha$  с защитной поверхностью позволит исключить ударные нагрузки и снизить повреждаемость картофеля.

При вращении барабана клубни картофеля захватываются дисковыми элементами и перемещаются на транспортирующие рабочие органы.

Плавный контакт захватывающих элементов с картофелем, осуществляемый по касательной, исключает травмирование последних и наматывание сорняков и растительных остатков.

Определение оптимальных параметров предлагаемого питателя проводилось на экспериментальной модельной установке, состоящей из рамы, пруткового элеватора, установленного под углом  $\gamma = 20^\circ$  к линии горизонта, и питателя.

В процессе испытаний изменялись частота вращения дисковых элементов, угол их наклона к оси вала и поступательная скорость установки. Опыты проводились в почвенном канале.

Установлены оптимальные параметры: внутренний диаметр барабана  $d \geq 200$  мм, наружный -  $D \geq 450$  мм, угол наклона заборного диска  $\alpha = 45^\circ$ . Определены также параметры решеток ковша и скатной поверхности, частота вращения, при которой возможен наиболее полный забор и транспортировка

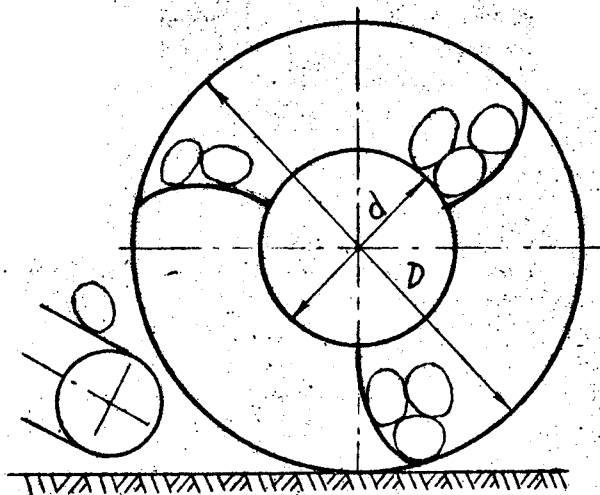


Рис. 1. Схема элемента рабочего органа погрузчика картофеля

### ЛОКАЛЬНОЕ РЫХЛЕНИЕ ПОЧВЫ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ТИПА "ЗИГ-ЗАГ"

Анализ ранее проводимых исследований показал, что в растениеводстве на обработку почвы приходится 30...40% от затраченной энергии на производство всей продукции. Перед специалистами сельского хозяйства постоянной задачей является увеличение урожайности и снижение энергозатрат, в том числе и на обработку почвы. Известно, что урожайность картофеля зависит не только от сорта клубней и системы удобрений, но и от системы обработки почвы. Важнейшей задачей в обработке почвы под картофель является создание мощного, рыхлого, хорошо аэрированного пахотного слоя. При работе пассивных и активных рыхлителей качество их работы находится в прямой зависимости от энергозатрат.

Нами предложен рыхлительный рабочий орган, позволяющий проводить локальное рыхление, значительно улучшить качество крошения почвы и снизить удельные энергозатраты на процесс рыхления почвы. Рабочий орган представляет собой набор клиньев, образующих "ЗИГ-ЗАГ". Углы ступеней клиньев-рыхлителей находятся в пределах угла скольжения почвы по материалу рыхлителей. Такая конструкция рыхлителей обеспечивает увеличение зоны концентрации напряжений в почве и повышения степени рыхления.

При воздействии рабочего органа на почву создаются попеременно, по мере передвижения "ЗИГ-ЗАГА" напряжения сжатия, сдвига и растяжения, благодаря чему разрыв почвенных структурных связей осуществляется в зоне наименьшего сопротивления, в свою очередь ведущих к снижению энергозатрат на процесс рыхления.

На рис. 1 показана схема крошения пласта почвы путем последовательного деления на слои вследствие сдвига, из которого видно, что пласт в результате сдвигов до момента отделения от монолита почвы разделяется по высоте на несколько агрегатов до достижения величины  $H_{сл}$ .

Таким образом, в момент достижения предела прочности на сдвиг, вблизи нейтральной поверхности пласт разделяется на два слоя, менее связанных между собой, в каждом из которых в тот же момент происходит перераспределение напряжений, вызывающее зна-

логичный процесс. Таким образом, наблюдается последовательно-параллельное (цепное) деление пласта на слои. Вследствие закона парности касательных напряжений одновременно происходит сдвиг поперек слоев, что в совокупности приводит к крошению пласта.

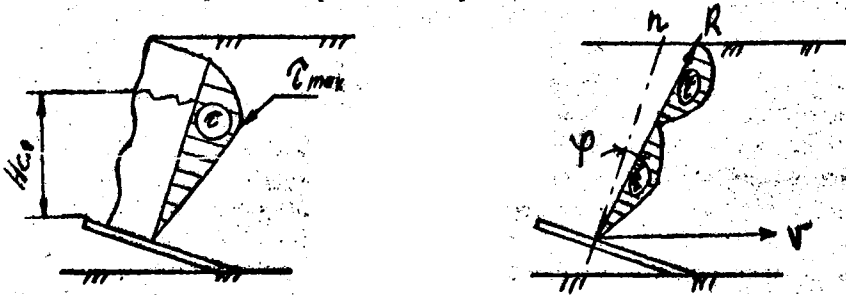


Рис. 1. Схема крошения пласта

При проведении лабораторных исследований была выбрана наиболее рациональная длина рабочей грани ("ЗИГ-ЗАГ") рыхлителя и получены зависимости качества крошения и твердости почвы по глубине обработки (Рис. 2).

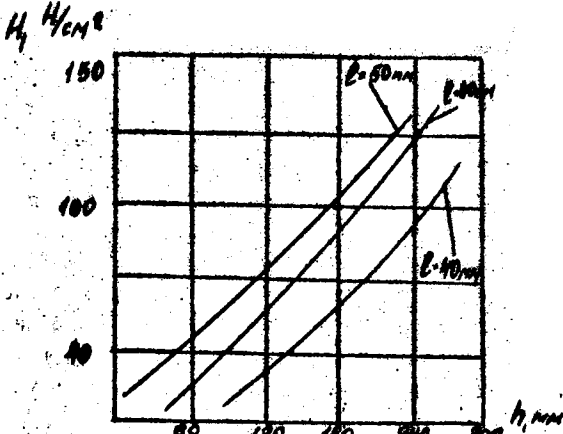


Рис. 2. Изменение твердости почвы по глубине обработки рабочих клиньев "ЗИГ-ЗАГ"

Проведенные лабораторные и лабораторно-полевые испытания показали, что рабочий орган-рыхлитель типа "ЗИГ-ЗАГ" позволяет сократить расход топлива, затраты энергии и труда, сократить время подготовки поля под посадку на 3...5 дней за счет совмещения операций и повысить производительность в 1,3...1,8 раз.

## НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЯГОД СЕМЕЙСТВА БРУСНИЧНЫХ

Развитие производительных сил и ускоренная урбанизация привели к трансформации земельных угодий, мелиорации болот, интенсификации лесного хозяйства, что вызвало резкое сокращение площадей дикорастущих зарослей ягодников и других пищевых растений, значительное снижение заготовок и сдачи их государству. Так, если за период 1960-1965 гг. в среднем, ежегодно, заготавливалось по 9 тыс. т клюквы, то к 1980 году этот показатель снизился до 0,03 тыс. т, а в настоящее время клюква практически исчезла как хозяйственный продукт. Почти прекратились заготовки и других брусничных (голубики, брусники) / 1 /. Работы, проводимые на протяжении нескольких последних десятилетий по изучению биологии видов брусничных, их экологии, закономерностей развития, показали возможность плантационного выращивания в республике дикорастущих ягодников. Однако, как считают исследователи / 1; 2 /, окультуривание естественных зарослей, меры охранного порядка не являются радикальными в решении ягодной проблемы. Акцент, в первую очередь, должен делаться на культуры, отличающиеся от местных аборигенных растений высокой урожайностью, обладающие свойствами, позволяющими максимально механизировать процесс их выращивания.

В поиске возможностей стабилизации ресурсов ягод, растущих по потребностям народного хозяйства в продуктах их переработки, определен реальный и эффективный путь -- выращивание культур на промышленной основе. Такому выводу способствовали экологобиологические исследования, проводимые в республике под руководством чл.-корр. Академии наук Беларуси Сидоровича В.А. "Первенцем" определен "*exanthelcus*", североамериканский вид крупноплодной клюквы, для успешного культивирования которого оказались уникальными условия влажных районов Белорусского Полесья, позволяющие максимально реализовать генетическому потенциалу продуктивности интродукента / 3 /.

Для выращивания рекомендовано шесть сортов крупноплодной клюквы, размер ягод которых достигает по наибольшему измерению 20 мм, а урожайность 25 т/га / 2 /.

Одно из основных требований для развития культуры -- теплообеспеченность района / 2; 4 /. Так, для созревания раннеспелых сортов крупноплодной клюквы требуется в среднем 2400°C тепла, позднеспелых - 2500°C и выше, а продолжительность вегетационного периода

составляет соответственно 150 и 167 дней / 2 /. Урожай значительно снижается, когда среднемесячное выпадение осадков в мае-августе менее 50 или более 100 мм / 2 /.

Важное значение для механизированного сбора ягод имеют их физико-механические свойства, которые выгодно отличают культуру крупноплодная клюква от других: коэффициент относительной прочности ягод равен 0,91; критическая высота падения ягод на металлическую поверхность - 0,8 м, деревянную до 1 м; индекс формы (Г) изменяется в зависимости от сорта от 1 до 1,2. Условием повышенной эффективности работы машин является и высокая урожайность плантации, что также присуще этой культуре.

Обеспечение рынка Республики Беларусь ягодной брусничной продукцией имеет важное и социальное значение. В плодах брусничных, особенно в крупноплодной клюкве, кроме наличия богатого комплекса биологически активных соединений, витаминов, ряда кислот, микро- и макроэлементов, содержится большое количество пектина, отличающегося защитными свойствами по отношению к радиоактивным металлам и образующего с ними (стронцием, цезием, свинцом и др.) соединения, которые не перевариваются и выводятся из организма человека / 2 /, что особенно актуально для населения Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС.

С перспективой превращения промышленного клюквоводства в самостоятельную отрасль растениеводства Правительством республики было принято Постановление (№ 259 от 22.08.1986 г.) "Об организации в Белорусской ССР промышленного производства крупноплодной клюквы".

Разработке технологии (в т.ч. средств механизации) для выращивания крупноплодной клюквы в условиях РБ, не имеющей аналогов в отечественной и европейской практике промышленного ягодоводства, предшествовали специальные испытания БелМИС зарубежных образцов машин. В результате только для четырех машин из 13, косилки, хедеров для обрезки горизонтальных побегов и уборочному, а также граблей для расчесывания растительности было рекомендовано воспроизвести конструкцию с использованием прогрессивных ее элементов и компоновочной схемы / 5; 6 /.

Создание отечественных образцов техники с учетом рационального использования накопленного мирового опыта, а также имеющегося в республике потенциала по разработке энергетических средств -- основа для промышленного производства ягод. В связи с этим разработка научных основ выполнения технологических процессов выращивания кустарничковых брусничных культур в условиях РБ на примере отдельного вида, исследование процессов в реальных условиях эксплуатации тех-

ники представляет собой научно-техническую проблему, имеющую важное народнохозяйственное и социальное значение.

Исследованиями установлено, что наиболее качественно операция посадки (вдавливания) черенков кустарничковых культур выполняется дисками, внутрь которых заходят секционные катки, препятствующие вырыванию почвы и обжимающие вдавленные растения / 7 /. Известно, что для закладки плантаций используются черенки длиной 15...20 см / 2 /. Ориентация черенка на поверхности почвы зависит от ряда факторов и носит случайный характер. Причем вдавленным в почву может быть тот черенок, который лежит под каким-то углом к линии движения диска (рис.1).

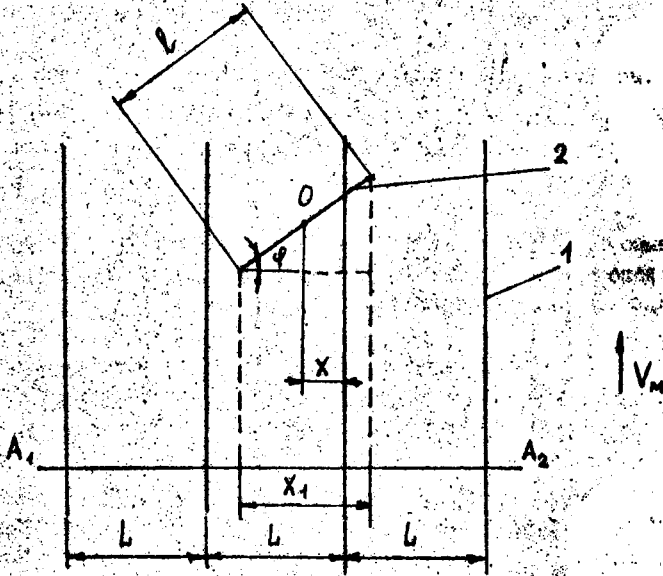


Рис.1. Схема посадки (вдавливания) черенков при одном проходе машины:  
1 - линия движения диска машины;  
2 - положение черенка

Выражения (1)...(4), полученные опираясь на теории вероятностей, позволяют прогнозировать качество заделывания черенков в почву при различных технологических схемах посадки, различных характеристиках черенков и рабочего органа

$$P_I = 2 \frac{\ell}{L \cdot \pi}, \quad \text{при } L > \ell \text{ и } K = 1, \quad (1)$$

$$P_I = \frac{2}{L \cdot \pi} \cdot (L \cdot \arccos \frac{L}{\ell} + \ell - \sqrt{\ell^2 - L^2}), \quad \text{при } L < \ell \text{ и } K = 1, \quad (2)$$

$$P_{II} = 4\ell \frac{L \cdot \pi - \ell}{L^2 \cdot \pi^2}, \quad \text{при } L > \ell \text{ и } K = 2, \quad (3)$$

$$P_{II} = 2 \left[ \frac{2}{L \cdot \pi} \cdot (L \cdot \arccos \frac{L}{\ell} + \ell - \sqrt{\ell^2 - L^2}) \right] - \\ - 2 \left[ \frac{2}{L \cdot \pi} \cdot (L \cdot \arccos \frac{L}{\ell} + \ell - \sqrt{\ell^2 - L^2}) \right]^2, \quad \text{при } L < \ell \text{ и } K = 2, \quad (4)$$

где  $\ell$  - длина черенка;  $L$  - расстояние между дисками машины;  $K$  - количество проходов машины (один или два взаимно-перпендикулярных);  $P_I$  и  $P_{II}$  - вероятности заделывания черенков в почву соответственно при одном и двух проходах машины;

Экологоэкономическая эффективность механизированного химического способа ухода за плантациями кустарниковых ягодных культур рассчитывается с точки зрения окупаемости произведенных затрат, которые в свою очередь зависят от расхода, цены и негативных последствий в стоимостной оценке применяемого препарата; затрат на приготовление, транспортировку и внесение рабочего раствора; затрат, связанных с определением остаточного содержания микроколичеств гербицида в ягодах и расходов на исследование подверженных воздействию гербицида природных объектов; расходов на уборку и доработку сохраненного урожая; накладных расходов и уровня рентабельности производства. Все эти затраты должны компенсироваться стоимостью сохраненного урожая, то есть

$$P_j \geq (Z_r + Z_y) \cdot K_n \cdot Y_p, \quad (5)$$

где  $P_j$  - порог денежных затрат на использование гербицидов, который должен покрываться сохраненной экологически чистой продукцией, руб/га;  $K_n$  - коэффициент накладных расходов;  $Y_p$  - минимально необходимый уровень рентабельности;  $Z_r$  - затраты на применение гербицида, руб/га;  $Z_y$  - расходы на уборку и доработку сохраненного урожая, руб/га.

Для определения границы эффективности применения гербицида используется следующее выражение /8/.

$$y \gg \frac{K_n \cdot y_p \cdot (C_n + P_n + 3z_{c-x})}{(1 - V_G) \cdot K_S \cdot K_{o.y.} \cdot (C - P_y \cdot K_n \cdot y_p)} \quad (6)$$

где  $C_n$  - стоимость используемого препарата;  $P_n$  - затраты на приготовление, транспортировку и внесение рабочего раствора;  $3_{c-x}$  - затраты на санитарно-химический анализ ягод и исследование других объектов;  $V_G$  - коэффициент вариации величин, влияющих на урожайность;  $K_S$  - коэффициент биологической эффективности препарата;  $K_{o.y.}$  - коэффициент относительной урожайности культуры;  $C$  - цена урожая;  $P_y$  - приведенные затраты на уборку урожая.

$$K_{o.y.} = \frac{K_{o.y.}}{1 - V_G} \quad (7)$$

где  $K_{o.y.}$  - коэффициент экологической устойчивости культуры.

После химической обработки сорняков и их высыхания производится их скашивание и измельчение косилкой-измельчителем.

Технологией выращивания кустарничковых брусничных культур предусматривается два способа уборки - "сухой" и на воде, выбор и соотношение которых определяются возможностями хозяйства, а также перспективой сбыта полученной ягодной продукции. На производственных плантациях большую часть урожая (95...97%) убирают водным способом, сбивая ягоды специальным хедером. Для целей хранения и реализации свежих ягод рекомендуется использовать "сухую" уборку. Установлено, что основная масса ягод отделяется от побегов при ударном воздействии прутков, которые, пригибая плодоносящие побеги, скользят вдоль их и ударом отрывают ягоды. Незначительная часть "слабозакрепленных" ягод отделяется вследствие воздействия потока воды, создаваемого прутковым барабаном, однако, в целом, этот процесс не является характерным. Схема силового взаимодействия закрепленной на побеге ягоды и прутка барабана показана на рис.2.

Скорость удара прутка хедера  $V$  об ягоду, обеспечиваемого ее отрыв от побега, находится из выражения

$$V = \frac{P_{max} \cdot t \cdot \sin \epsilon}{2 \left[ m_y + \frac{1}{4} m_n + \frac{J \cdot \cos \alpha}{L^2 \cdot \cos(\alpha + \beta)} \right] \cos \beta} \quad (8)$$

где  $P_{max}$  - сила отрыва ягоды от побега;  $t$  - продолжительность контакта соударяемых тел;  $\epsilon$  - угол отклонения побега от

вертикали;  $m_y$  - масса ягоды;  $m_n$  - масса побега;  $J$  - момент инерции ягоды относительно начала координат  $O$ ;  $\alpha$  - угол наклона силы удара к горизонту;  $L$  - длина побега.

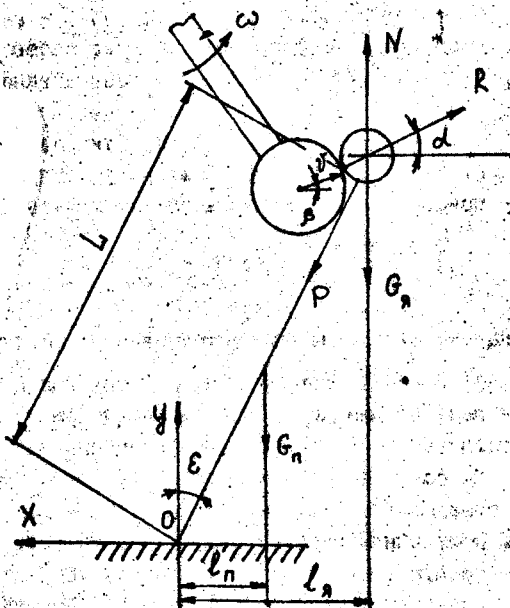


Рис.2. Схема силового взаимодействия закрепленной на побеге ягоды и прутка барабана

После сбивания ягод производится их выборка из воды с первичной очисткой. Угол наклона ленты очистного транспортера, обеспечивающий чистое качение ягод, определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{f \cdot (r_y^2 + \rho_B^2) - a_k \cdot r_y}{\rho_B^2}, \quad (9)$$

где  $\beta$  - угол наклона плоскости транспортера относительно горизонта;  $f$  - коэффициент трения;  $r_y$  - радиус ягоды (при  $\Gamma \neq I$ );  $\rho_B$  - радиус инерции относительно горизонтальной оси, проходящей через центр масс;  $a_k$  - перемещение ягоды при качении.

Основными параметрами, влияющими на процесс сортировки ягод, являются (рис.3) коэффициент восстановления скорости ягод (упру-



$$f(h_1, a, d, \theta, h, k) = a \cdot \sin d - h \cdot \sin(180^\circ - \alpha^\circ - \theta^\circ) + \frac{a \cdot \cos d + h \cdot \cos(180^\circ - \alpha^\circ - \theta^\circ)}{\operatorname{tg}(\alpha + \alpha \operatorname{ctg} \frac{\operatorname{tg} d}{k})} - \frac{g [a \cdot \cos d + h \cdot \cos(180^\circ - \alpha^\circ - \theta^\circ)]^2}{2 \cdot 2 g h_1 (k^2 \cdot \cos^2 d + \sin^2 d) \cdot \sin^2(\alpha + \alpha \operatorname{ctg} \frac{\operatorname{tg} d}{k})} = 0 \quad (11)$$

При  $h_1, d, \theta, k$  и  $a$  константы - это квадратное уравнение относительно  $h$ .

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено следующее:

1. Обеспечить 93% вероятность заделывания черенков в почву возможно за два взаимно-перпендикулярных прохода машины, когда расстояние между дисками 120 мм, при средней длине посадочного материала 150 мм.

2. Санитарно-химические анализы крупноплодной клубки показали, что при норме расхода гербицида (фосулена) 1,25...1,75 кг/га, остаточное содержание его в плодах составляет 0,139...0,262 мг/кг, а спустя два месяца остатки гербицида не обнаружены.

3. Технологический процесс отделения ягод от побегов обеспечивается, когда скорость хедера находится в пределах 0,992...3,671 м/с.

4. Использование на подающем и основном транспортерах машины для "сухой" уборки ягод очесывающих гребенок, изготовленных из полиуретана, позволяет устойчиво выполнять технологический процесс: количество примесей в собранном ворохе не более 7%, потери ягод не превышают 6%.

5. При критической высоте падения ягод на деревянную поверхность 1 м и следующих значениях параметров -  $a = 100$  мм,  $d = 30^\circ$ ,  $\theta = 90^\circ$  и  $k = 0,4$ , высота технологической преграды для качественной сортировки продукции равна 58 мм.

Анализ полученных результатов показал, что в среднем за первые шесть лет выращивания крупноплодной клубки (до достижения запланированной урожайности), на производство одной тонны ягод необходимо израсходовать 151,5 кг черенков, затратить 19,9 чел.-ч (для сравнения: в растениеводстве на один га пашни в среднем затрачивается 27 чел.-ч в год), внести 89 кг минеральных удобрений. Расход топлива и электроэнергии составляет соответственно 27,3 кг и

61,8 кВт·ч, а металла, заключенного в средствах механизации, 11,4 кг — на одну тонну убранный продукции. Установлено, что новые конструкции отечественных машин обеспечивают снижение полной энергоемкости на 28% при экономии 33% топлива, 5% металла и 25% затрат живого труда, при этом наилучшие показатели отмечены при использовании косилки и уборочного хедера.

Рентабельность производства клюквы на 5-й год составляет 462%, а на 7-й...20-й годы увеличивается до 938%. Интегральный эффект, выражающий суммарный эффект за расчетный (20 лет) период, приведенный к моменту его начала (1991 г.) составляет 475.728 руб/га, а срок возврата капиталовложений — 3,32 года. С учетом того, что по состоянию на 1994 год в Республике Беларусь уже имеется 108 гектаров плантаций (310 га строится), годовой эффект от внедрения технологии в целом по республике, определенный в ценах 1991 года методом аннуитета, составляет 8,2 млн. рублей. К этому следует добавить, что клюква, голубика, брусника — это коммерческий продукт, пользующийся спросом на мировом рынке.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сидорович Е.А., Рубан Н.Н., Шерстеникина А.В. Интродукция и опыт выращивания клюквы крупноплодной, голубики высокой и брусники. — Мн.: БелНИИТИ, 1991. — 52 с.

2. Сидорович Е.А. и др. Клюква крупноплодная в Белоруссии. — Мн.: Наука и техника, 1987. — 238 с.

3. Технология производства посадочного материала клюквы крупноплодной / Сидорович Е.А. и др. — Мн.: БелНИИТИ, 1992. — 88 с.

4. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Сидорович Е.А. и др. — Мн.: БелНИИТИ, 1992. — 120 с.

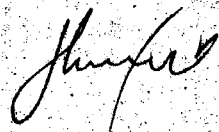
5. Протокол № 7-48-61-87С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях. — Западная МЭС, 1987 г.

6. Протокол № 7-43-46-88С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях и послеуборочная обработка. — Западная МЭС, 1988 г.

7. Мармалюков В.П., Мисун Л.В., Пасеко А.П., Корниевич С.П. Аспекты механизированной технологии возделывания клюквы крупноплод-

ной. - В сб. научн. тр.: Результаты исследований и разработки по механизации производственных процессов в растениеводстве. - Зерноград, ВНИИТИМЭСХ, 1991, с.41-45.

8. Мисун Л.В. Экономико-экологическая модель определения границы эффективности применения гербицидов (на примере промышленного выращивания клубвы крупноплодной / В кн.: Моделирование с.-х. процессов и машин: Тезисы научно-технической конференции, Минск, БАТУ, 1994.



УДК 631.22.018

Н. П. Жук  
инженер /БАТУ/Производство белково-витаминного концентрата  
из сока зелёных растений

С переходом производства продуктов животноводства на промышленную основу и использованием для кормления полнорационных кормов как никогда остро стал вопрос о восполнении дефицита протеина. Потребность организма животных в протеине сейчас удовлетворена лишь на 75...80 %.

В настоящее время всё большее внимание уделяется производству протеиновых концентратов из сока зелёных растений. В зелёной массе растений, в большинстве случаев, концентрация протеина не превышает 10-20 %. Но, несмотря на низкую концентрацию протеина, зелёные растения являются практически неисчерпаемым и наиболее богатым его источником. К тому же питательная ценность зелёных растений чрезвычайно высока и приближается к ценности протеина животного происхождения.

В последние годы получила распространение технология заготовки кормов с предварительным механическим отжатием клеточного сока и дальнейшей обработкой фракций. Данная технология позволяет получать протеино-витаминные концентраты и достаточно практична, но требует значительных затрат энергии, особенно на коагуляцию белка.

В связи с обострением вопроса энергоносителей, их экономии в Республике Беларусь стоит задача применения новых перспективных методов, разработки новых технологических линий для получения белково-витаминного концентрата.

Для выделения белка из растворов на молекулярном уровне используют различные методы: термическая коагуляция, органическое, солевое и спиртовое осаждение, вымораживание, сепарация и др.

Целью наших исследований является получение белковых добавок из сока зелёных растений методом ультрафильтрации с помощью полупроницаемых мембран, представляющих собой фильтр с размером пор соизмеримым с размером молекул белка. В результате применения мембранной фильтрации сокращаются объёмы

жидкости за счёт разделения макромолекул, значительно различающихся по молекулярной массе. С точки зрения энергосбережения, этот метод является наиболее перспективным, и позволяет значительно повысить содержание сухого вещества в клеточном соке при затратах энергии на два порядка меньше.

Разделение сока зелёных растений на белковый концентрат и безбелковую суспензию (перисат) методом ультрафильтрации у нас в стране не исследовано. Известны редкие случаи комплексного использования мембран в единой технологической схеме. Причиной этого является недостаточное освещение возможностей мембранных методов применительно к веществам биологической природы.

Существующая лабораторная установка мембранного разделения позволяет выбрать лучший вид мембраны, а также наиболее оптимальные режимы фильтрации. В исследованиях используются мембраны, производящиеся фирмой МИФИЛ при институте физико-органической химии.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке технологической схемы по производству БВК или внедрении в уже существующих линиях одной дополнительной операции, что позволит интенсифицировать процесс получения белковых добавок и поднимет их производство на качественно новый уровень.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И  
РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПЛУГА К ТРАКТОРУ МТЗ-220

Общезвестно, что основными параметрами пахотных агрегатов является ширина захвата и рабочая скорость. Задача состоит в том, чтобы установить такое сочетание рабочей ширины захвата и скорости пахотного агрегата, которые обеспечивают требуемое агротехникой качество вспашки при максимальной его эффективности.

Обоснование оптимальных конструктивных параметров и режимов работы пахотных агрегатов к трактору МТЗ-220 осуществляли с использованием критериев эффективности. В качестве обобщенного критерия эффективности принят критерий совокупных энергозатрат. При этом целевая функция пахотного агрегата, создаваемого на базе проектируемой почвообрабатывающей машины, имеет вид:

$$\mathcal{E}_\tau = \frac{Q_\tau \tau + Q_{\text{хх}} (1 - \tau)}{V \tau} + \frac{E_\tau + E_m}{V \tau}, \quad \text{мДж/га,}$$

где  $Q_\tau$  - удельное энергосодержание топлива, мДж/га;

$\tau$  - коэффициент использования времени движения агрегата;

$V$  - производительность агрегата за час основного времени, га/ч;

$Q_\tau$  - часовой расход топлива за час основного времени, кг/ч;

$Q_{\text{хх}}$  - часовой расход топлива на холостом ходу, кг/ч;

$E_\tau$  - энергоемкость изготовления трактора, приходящаяся на один час работы пахотного агрегата, мДж/ч;

$E_m$  - энергоемкость изготовления машины, приходящаяся на один час работы пахотного агрегата, мДж/ч.

С учетом принятых прямых и функциональных ограничений по полученным математическим моделям с помощью ЭВМ с использованием известных методов [1], построены графические изображения целевой функции (рис.1) или потенциальные характеристики эффективности, которые являются фронтальными сечениями параметрического пространства, описываемого этими функциями при дискретных значениях глубины вспашки.

Из полученных потенциальных характеристик эффективности следует, что наименьшие совокупные энергозатраты проектируемого плуга, входящего в пахотный агрегат, достигаются при предварительном выборе оптимальной рабочей скорости, которая для конкретного пахотного агрегата в меняющихся почвенных условиях является практически постоянной величиной, что соответствует IV рабочей передаче ( $\approx 6$  км/ч), а последующим изменением ширины захвата плуга до оптимальной величины достигается рациональная нагрузка двигателя трактора.

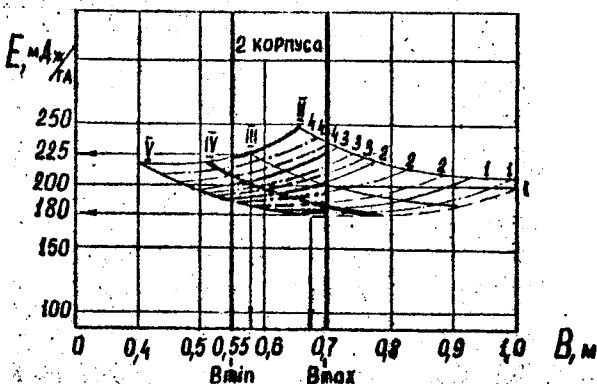


Рис. I Расчетные потенциальные характеристики эффективности проектируемых плугов, работающих в агрегате с малогабаритным трактором МТЗ-220;

Тип почвы: --- легкая; — средняя; — тяжелая;

Глубина вспашки: I - ( $\alpha_1 = 0,18\text{м}$ ); 2 - ( $\alpha_2 = 0,20\text{м}$ );

3 - ( $\alpha_3 = 0,22\text{м}$ ); 4 - ( $\alpha_4 = 0,25\text{м}$ ).

Для экспериментальной проверки принятых подходов, нами был спроектирован и изготовлен экспериментальный образец плуга ПНИ-2-35 к малогабаритному трактору МТЗ-220, ширина которого изменяется в обозначенных пределах 0,55...0,70м.

Исследования показали, что наивысшую производительность и наименьший расход топлива пахотный агрегат, состоящий из опытного плуга ПНИ-2-35 и трактора МТЗ-220, имеет на IV рабочей передаче, что подтверждает теоретические предположения, представленные на рис. I.

Проведены также сравнительные экспериментальные исследования агротехнических, энергетических и эксплуатационно-технологических показателей работы, которые подтвердили высокую эффективность созданного плуга. Так в сравнении с аналогом - плугом ПНЖ-2-25 к трактору МТЗ-220 экспериментальный плуг ПНИ-2-35 обеспечивает повышение производительности в 1,3 раза и снижение поактарного расхода топлива на 5...11%, при выполнении качества вспашки в соответствии с агротехническими требованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Под редакцией Норенкова И.П. Серия САПР. Функциональное автоматизированное проектирование, № 8. - М.: Высш. шк., 1983.

УДК 631.3.001.2

Аспирант  
Авдукова Д.Ф.**КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Исследования, проводимые в БАТУ по созданию мини-плуга к мини-трактору МТЗ-082, подтвердили невозможность получения оптимального варианта лемешно-отвальной поверхности плуга на базе теоретических методов и моделей. Однако, применение только экспериментальных методов обработки формы потребовало бы больших затрат времени и средств при большом объеме работ, связанных с многократными изменениями формы плужного корпуса, установочных углов и, возможно, конструкции самого плуга.

В условиях БАТУ выполнение такого объема работ невозможно из-за отсутствия достаточного финансирования и производственной базы для изготовления экспериментальных корпусов.

Для решения этой задачи предлагается использование графо-аналитического метода, сочетающего теоретические методы поиска исходной формы на базе моделей-аналогов путем корректировки параметров применительно к конструктивным ограничениям проектируемого изделия. На основе принципа пропорциональности определяются интерполяционные значения параметров.

Таким образом строится исходная экспериментальная модель, используемая для натуральных испытаний. На основе результатов экспериментов формируются с достаточным приближением значения параметров конечной модели, по которой проектируется серийный образец.

Для окончательной доработки модели целесообразно использование компьютерных технологий.

Доработка заключается в построении вариантов траектории движения пластов почвы с различными размерами сечений при перемещении пласта по отвалу, проверке качества полученных траекторий с использованием теоретических зависимостей, выборе наиболее рациональных вариантов и редактировании геометрической формы плужного корпуса. Графическое моделирование целесообразно проводить одновременно с выполнением силовых и прочностных расчетов.

Моделируя изгибы и вытягивания фрагментов корпуса в заранее определенных точках пространственной решетки, образованной направляющими торсовой поверхности плужного корпуса и пространственными кривыми, получаемыми при пересечении поверхности корпуса плоскостями, перпендикулярными к лезвию лемеха, можно изменить углы

изгиба и закручивания и, с учетом скорости вспашки (для МТЗ-082 — от 4 до 5,5 км/ч), выбрать рациональный вариант по углам охвата, закручивания, а также оптимальным энергозатратам при вспашке.

Приведенные методы и подлежащие решению при этом задачи предъявляют определенные требования к графическому пакету, а также к пакетам инженерных расчетов, используемых для моделирования.

Графический пакет должен обеспечивать простоту взаимодействия пользователя с пакетом, достаточное быстродействие при фрагментировании пространственной геометро-графической формы поверхности, широкий спектр команд редактирования, в том числе «вытяжки» или «сжатия» отдельных ее участков со сглаживанием элементов сопряжений, соблюдение условия выполнения изменений формы модели только в зоне упругих деформаций. Для лучшего визуального восприятия поведения материала при деформации целесообразно различными цветами или градацией интенсивности одного цвета закрашивать деформируемые участки. Графический пакет должен включать в свой состав традиционные команды редактирования, используемые в наиболее распространенных графических системах типа «AutoCAD», «EVOLVE», а также иметь средства межпрограммных интерфейсов с САП ЧПУ и пакетом инженерных расчетов, базирующихся на методе конечных элементов.

Для этих целей целесообразно использовать пакет **DUCT-5**, обеспечивающий пользователю возможности создания каркасов (открытых и закрытых), под которыми понимается каркасная модель, хранящаяся внутри программы или в виде файла на диске. Каркас описывается в терминах точек (пикселов) и линий (прямых или кривых), которые могут интерполироваться с любой требуемой точностью. Однако каркасная модель не дает данных о самой поверхности, которая представляется в виде поверхности модели — дакта (*duct*). Каркасы могут визуализироваться и редактироваться, могут быть преобразованы в дакт, сечение дакта, поперечную линию дакта, сплайн или р-кривую. Поверхность аппроксимируется методом триангуляции, на образующие поверхность треугольники натягиваются, так называемые, «поскуты», которые после сглаживания образуют поверхность. Каркас можно спроецировать для получения траектории перемещения режущего инструмента при механической обработке поверхности. **DUCT-5** имеет межпрограммный интерфейс с САП ЧПУ (APT). Выходные данные для станка формируются в формате **CL-DATA**, обеспечивая использование действующих станков, а также возможность создания постпроцессоров для новых, станков с ЧПУ. Таким образом, в **DUCT-5** реализуется режим **CAD-CAM**.

УДК 631.3.01-254:631.4

Романик Н. Н.  
инженер /БАТУ/ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ТЕХНИКИ НА СТРУКТУРУ ПОЧВЫ

Из года в год возрастает потребность общества в продуктах питания и сырья. Это всё поднимает на более высокий уровень значение почв как природного ресурса и вызывает необходимость их самого глубокого изучения и эффективного использования.

Производство сельскохозяйственной продукции было всегда тесно связано с обработкой почвы, с воздействием рабочих органов машин и орудий, кодовых систем тракторов на почву.

При использовании земельных ресурсов мы должны беспокоиться о максимальном сохранении почвенного покрова — хрупкого и легко нарушаемого компонента биосферы.

Воздействие рабочих органов машин и движителей мобильной сельскохозяйственной техники на почву приводит к изменению объёмной массы, которая является одной из основных агротехнических характеристик почвы.

И. В. Резут отмечает, что увеличение или уменьшение плотности почвы от оптимальной на  $0,1-0,3 \text{ г/см}^3$  приводит к снижению урожая на 20-40%. В процессе уплотнения почвы уменьшается не только общий объём пор, но и их размер. Это особенно важно, так как корневые волоски не могут расти, если поры почвы по размеру меньше 10 мкм. Поры менее 3 мкм уже недоступны микроорганизмам [1].

Исследованиями многих учёных доказано, что использование тяжёлых машин, а также почвообрабатывающих орудий приводит к вредному переуплотнению почвы.

Кушнарёв в своей работе [2] говорит, что в результате уплотнения почвы по колее тракторов снижается урожай кукурузы на 2,6-33,1%, пшеницы — от 2,6 до 46%, картофеля до 27%. При существующих технологиях возделывания культур различные машины проходят по полю от 10 до 15 раз. Суммарная площадь следов составляет 100-200% площади поля. Поворотные полосы прикатываются колёсами машин от 6 до 20 раз и лишь 10-15% площади поля не подвергаются воздействию кодовых систем.

Уплотнение почвы вызывает вес машины с одной стороны, а с

другой, при работе различных вращающихся узлов, деталей за счёт неизбежных дисбалансов возникают биения, которые тоже передаются на почву, создавая динамические нагрузки. Кроме того, различные **неровности** на поверхности, по которой перемещается машина, приводят в колебательное движение корпус машины, образуя тем самым ударные нагрузки. Все перечисленные силы приводят в колебательное движение и саму почву, вызывая упругие и упруго-пластические деформации.

На процесс виброуплотнения почв исследовалось влияние разных факторов и проведён ряд экспериментальных исследований на образцах песков различной влажности.

Баркан Д. Д. в своей работе [3] считает, что "при действии вибрации в грунте возникало физическое явление, вызывающее изменение сил трения и сцепления в нём", а последнее приводило к разрушению структуры и дальнейшему уплотнению.

Экспериментальные исследования вибрационным нагружением сучки песков показали, что при определённых значениях вибрации силы частоты сопротивления сдвигу падают на 30-50 % благодаря снижению сил, удерживающих частицы в равновесии. Это объясняется тем, что при увеличении ускорений колебаний до какого-то предела, значение коэффициента внутреннего трения  $f$  резко уменьшается, стремясь к некоторому предельному значению, зависящему от свойств грунта

(рис. 1).

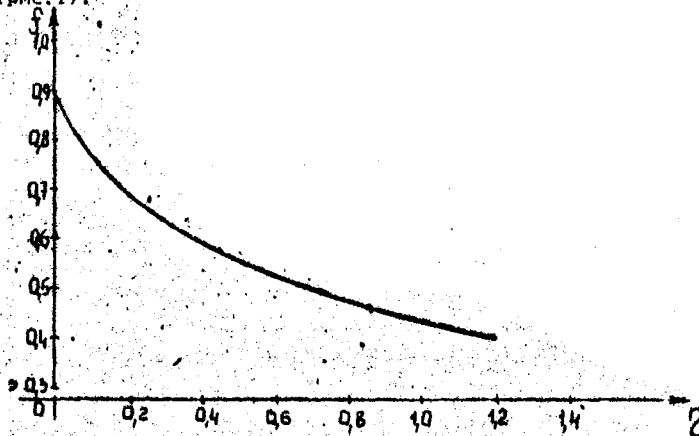


Рис. 1. График зависимости коэффициента внутреннего трения от значения ускорения

Анализ данных показывает, что если вибрирование ведётся с некоторым ускорением, то почва постоянно уплотняется и достигает определённого значения по плотности.

С увеличением ускорения колебания почвы пористость почвы снижается, каждому вибродинамическому воздействию соответствует своя предельная плотность, названная Барканом "порогом вибрационного уплотнения", т.е. почва будет уплотняться вибродинамическими воздействиями, превышающими этот порог виброуплотнения.

Процессы взаимодействия кодовых систем с почвой зависят от её механических свойств, т.е. от сопротивляемости деформированию и разрушению. Накоплено большое количество экспериментальных данных о закономерности деформирования и разрушения почв. Однако они носят разрозненный характер из-за многообразия типов почв, условий и методов измерений. Использовать эти данные для обобщения и разработки методов прогнозирования механических свойств не представляется возможным. Этим объясняется большое число предложенных эмпирических формул и моделей деформируемости почв [4].

Рассмотрим почву как линейную вязко-упругую среду (рис.2), называемую также обобщённой линейной средой [5].

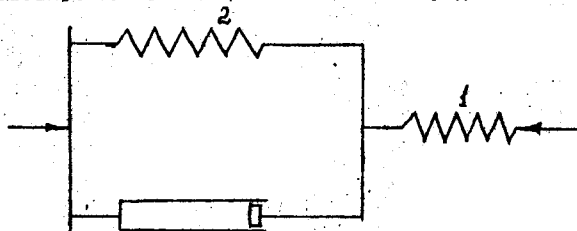


Рис.2. Линейная вязко-упругая среда

Элемент среды представляет собой соединение двух пружин и одного демпфера. Соотношение, связывающее напряжение, деформацию и их производные по времени в обобщённой линейной среде, будет иметь вид:

$$\mu \dot{\epsilon} + \epsilon = \frac{\sigma}{E_d} + \frac{\mu}{E_{ст}} \dot{\sigma},$$

где

$$\mu = \frac{E_d}{2} = \frac{E_d E_{ст}}{(E_{ст} - E_d) 2};$$

$E_2$  - модуль упругости пружины 2 ;

$E_1$  - модуль упругости пружины 1 ;

$E_{ст}$  - предельный модуль упругости элемента среды, соответствующий статическому сжатию длительно действующей нагрузкой ;

$\eta$  - коэффициент пропорциональности ;

$\epsilon$  - деформация пружины ;

$\dot{\epsilon}$  - скорость деформации элемента.

Рассмотрим систему уравнений, определяющих движение плоской волны по обобщенной линейной среде. В координатах Лагранжа масса  $M$ , время  $t$ , закономерности распространения плоских волн описывается системой уравнений:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial m} = 0 ;$$

$$\frac{\partial u}{\partial m} - \frac{\partial v}{\partial t} = 0 .$$

Перейдем от удельного объема к деформации и от давления к напряжению с помощью соотношений :

$$\epsilon = \frac{V - V_0}{V_0} ;$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} = \rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} ;$$

$$\sigma = -p ,$$

где :  $\rho_0 = \frac{1}{V_0}$  - начальная плотность среды до прихода фронта возмущений ;

$p$  - давление .

Тогда система уравнений, определяющая распространение плоской волны в вязко-упругой среде, имеет вид :

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial \sigma}{\partial m} &= 0 ; \\ \rho_0 \frac{\partial u}{\partial m} - \frac{\partial \dot{\sigma}}{\partial t} &= 0 ; \\ f(\sigma, \dot{\sigma}, \epsilon, \dot{\epsilon}) &= 0 . \end{aligned} \right\}$$

Эта система уравнений характерна для всех видов почв.

Нами создана экспериментальная лабораторная установка, при помощи которой можно моделировать параметры предлагаемой модели почвы, выбирая при этом определённые параметры свойств почвы и её минералогический состав.

Установка состоит из почвенного канала, колеса, нагруженного различными динамическими нагрузками, пружин, передающих колебания от источника возбуждения колебаний. Почва, посредством специального приспособления, соединена с прибором, определяющим воздухопроницаемость (ВП) почвы на различной глубине.

Поделируя различные характеристики колебательного процесса, можно изучить влияние вибрации на изменение физико-механических свойств почвы. В частности, уменьшение ВП почвы при динамическом нагружении значительно больше, чем при статическом как по глубине, так и в окрестности колес.

Результаты опытов показывают, что чрезмерная вибрация сельскохозяйственных машин и орудий отрицательно сказывается на структуре почвы, а следовательно, и на её плодородии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ревут И. В. Физика почв. - Л.: Колос, 1972, с. 368.
2. Кушнарёв А. С. Механическое воздействие сельскохозяйственной техники на почву. - Сб. научных трудов УСХА, Киев, 1982, с. 21-29.
3. Баркан Д. Д. Динамика оснований и фундаментов, 1948, с. 411.
4. Золотаревская Д. И. Взаимосвязь различных математических моделей деформирования почвы. / Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1983, № 5, с. 10-14.
5. Ляков Г. П., Полякова Н. И. Волны в плотных средах и нагрузки на сооружения. - М.: Недра, 1967, 232 с.

*Решеткин*

УДК 338244

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РЕФОРМАТОРСКОЕ ЛИЦО АДМИНИСТРАТИВНО-КОМАНДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В. ЛЕМЕХ

к.э.н., докторант БАТУ

### 1. РЕФОРМАТОРСКИЙ ЦИКЛ ЭВОЛЮЦИИ АДМИНИСТРАТИВНО-КОМАНДНОЙ СИСТЕМЫ (АКС).

Деньги или распределение, власть либералов или коллективистов - таков лейтмотив обозначившейся борьбы за справедливость. На этом пути происходит столкновение системы показателей с той и с другой стороны. Если сотни лет тому назад справедливый порядок Мелье, Мабли и Морелли противопоставлялся рыночному или денежному, то проблематика современных перемен в Беларуси состоит в том, чтобы убедить трудовые массы в преимуществах рыночного хозяйства.

Твердые сторонники рынка подчеркивают эффективность торговых сделок. Жалкие от бедности коллективисты предпочитают гарантии Центрального Распределителя (Совета Министров) с естественной благодарностью за выделенную норму потребления.

Логика рационального мышления реформаторов направлена на создание зоны предпринимательского или коммерческого сектора АКС. В данном контексте термин коммерческий обозначает торговлю по повышенным ценам при существовании карточной системы снабжения (С.И. Ожегов. Словарь русского языка, с.264). Речь идет об активизации новой или альтернативной силы, которая питается элементами распределительного порядка для создания и укрепления власти денег.

Логика рационального мышления коллективистов не идет дальше эксперимента, который пользуется:

а) натуральным характером распределения;

б) политикой улучшения результатов путем синхронизации действий индивидуального сектора с общественным укладом производства.

Каждая из силовых политик является объективной реакцией на "ржавый" механизм директивного управления общественным и домашним хозяйством населения республики.

Активная политика в поддержку индивидуального сектора в Венгрии, Польше и др. странах с АКС (70-80-годы) использовалась для созидательного разбавления директивного управления частным интересом. Как свидетельствует статистика, на этом пути были достигнуты неплохие результаты.

Эксперимент для АКС является одним из ведущих способов борьбы с издержками директивного управления предприятиями. Издержки прямого администрирования возникают от несовпадения индивидуальных возможностей предприятий с установленной нормой ресурсопотребления. Наиболее точно политику эксперимента отражает термин "совершенствование".

Для порядка, в котором компонент энтропии, разнообразия и поливариантности сведен до уровня принудительного или функционального труда (плана), эксперимент позволяет АКС находиться в постоянном движении на плоскости причинно-следственных связей. Совершенствование АКС силой эксперимента способствует смягчению концентрации противоречий и накала страстей в едином народнохозяйственном коллективе. Характерным в этом плане является экспериментальная терапия АКС методом хоэрасчета, коллективного подряда и развития дачного ЛПХ населения.

Экспериментальное планирование отражает суть АКС, потому что в режиме необходимости и, следовательно, замкнутости активность фабрик и заводов можно поддерживать только за счет управления. В ситуации 100% управления становится проблематичной оценка относительно того, кто работает хорошо, а кто плохо. Остро встает проблема рационального использования ресурсов, особенно при их недостатке.

Политика реформаторства усиливает терапевтический эффект экспериментирования путем приспособления возможностей АКС для работы в открытой среде торговых сделок. В этом плане реформаторство является

продолжением патологической рациональности эксперимента. Реформаторский цикл АКС требует сознательного введения оппозиционности (конфликтности) в отношения между коммерческим (черным) и трудовым (белым) сектором производства и услуг. В этом меньше хотелось бы видеть злой умысел многотысячной армии чиновников. Реформирование АКС является спасательным кругом для сохранения ее власти за счет фактора открытости к денежному потоку долларов и других валют, управляемых коммерческим сектором АКС.

Во врачебной практике известен целый ряд болезней, для лечения которых часть тела или органа, которая несет смертельную опасность для всего организма, удаляется хирургическим путем. Ради сохранения целого в жертву приносится его часть. В случае выздоровления, поддерживается минимальная функциональность организма, однако следствием вмешательства является потеря привычной активности. Подобная логика перемен отвечает сути реформаторской деятельности. Реформа, которая зарождается в недрах АКС и вытекает из политики эксперимента, объявляет наступление на общественный сектор производства. Однако это нельзя назвать войной до победного конца, потому что распределительная система или принудительный труд членов общественного производства служит пищей для коммерческой активности. На практике это означает разделение единой трудовой ценности расчетных билетов (платежного средства АКС) на "черные" деньги, которые обслуживают торговые сделки и трудовые деньги, которые идут на оплату принудительной занятости работников предприятий промышленности, сельского хозяйства, сферы подведомственного образования и т.д. Обратный переход в стадию экспериментирования (100% распределения по труду) ведет к ликвидации частного интереса и территориальной замкнутости расчетных билетов (РБ), невозможности и, главное, целесообразности их обмена на деньги (\$, DM и т.д.).

Характерно, что реформаторская стадия перемен основана на противопоставлении возможностей членов общественного и предпринимательского секторов. Так первый обвиняет последнего в том, что тот пользуется ценами, которые рассчитаны на членство в качестве дешевого

работника фабрики, но не на спекулятивные деньги коммерсанта. В Беларуси известны случаи, когда работники колхозов и местной власти высказывали несогласие с тем, что дети фермера посещают общеобразовательную школу бесплатно.

Индикатором перехода АКС Беларуси к политике реформирования стала открытая торговля расчетными билетами СССР, а затем Национального банка. Введение обменного курса денег на расчетный рубль вызвано экспликативным размежеванием н/х на два лагеря: трудовой и коммерческий.

Для коммерсанта наряду с нормативной властью АКС существует власть денег. Поэтому ожидаемый результат лиц, занятых в коммерческом секторе, всегда выше централизованно оплачиваемой нормы трудозатрат. Показателем размежевания единой ценности расчетного билета на трудовую ( $m_{in}$ ) и коммерческую ( $m_{ax}$ ) является коэффициент коммерческого риска ( $g$ ). Для тождественности 100 РБ, которые находятся в руках колхозника ( $m_{in}$ ) и 100 РБ коммерсанта при нейтральной оценке риска, скажем  $g = 0.5$  на отрезке в один месяц требуется получение ожидаемого результата последним в размере 200 РБ ( $100/0.5$ ). Коммерческая деятельность работников предприятий и частных лиц всегда имеет большую ценность ( $g < 1$ ), так как предполагает наличие резерва РБ для свободного обмена на деньги.

В экспериментально-нормативной фазе АКС ценности общественного и индивидуального труда не выступали во враждебную оппозиционность, а проблема обмена РБ на деньги не имела актуальности, так как  $g_1 = g_2 = 1$ . Усиление партнерства предпринимательского сектора АКС с другими странами взаимовыгодно, так как увеличивает поле возможностей АКС Беларуси для своих распределительных функций.

Коммерческая деятельность в рамках АКС стоит на фундаменте принудительного и, следовательно, объективно дешевого труда, усиленного дополнительными возможностями денег. В технологическом плане труд работника, занятого на коммерческом предприятии, и труд колхозника тождественны. Принципиальные различия касаются уровня поощрения принудительной занятости. Чтобы обеспечить дополнительные возможности в деньгах коммерсанту необходимо наличие единого обменного курса РБ на

деньги. Нормирование различной ценности РБ единым обменным курсом позволяет увеличить поле возможностей АКС на основе управления денежными потоками.

## 2. ОТРЫЖКА ОППОЗИЦИОННОСТЬЮ: МОГЛА СЛУЧИТЬСЯ, НО НЕ СЛУЧИЛАСЬ.

Активная реформаторская деятельность имеет своего естественного врага и могильщика - оппозиционность. Оппозиционность, как отрывка после сытного обеда. Нечто такое, что специально не входит в меню реформаторской деятельности. Особенность позитивных последствий в ходе реформ состоит в том, что независимо от планов АКС, появляется вирус оппозиционности, который грозит политике дистанционного управления и новым возможностям АКС. Было бы ошибкой принимать легализацию предпринимательской деятельности за симптом новой оппозиционности в форме расщепления людей на богатых и бедных. Публичное противоборство политических организаций также можно отнести на внутриведомственные возможности АКС, которые, очевидно, служат инструментом оплодотворения АКС новой энергией. Политика реформаторства не привела к созданию оппозиции АКС. Значительная часть населения (> 75%) по данным социологического анализа М.Залесского активно участвует в реформаторских планах АКС. Сознательная или конъюктурная готовность к переменам свидетельствует о достаточно высокой пассивности населения республики.

Лжеоппозиционность в верхних эшелонах власти и на подступах к ней не отклоняется от горизонтали рационального мышления, так как аргументы каждой стороны ограничиваются уровнем показателей силовой политики. Внутреннее противоборство силовых политик распространяется на область проблематики АКС, поэтому не может служить критерием истинности.

Столкновение различных точек зрения касается в первую очередь того, сколько стало капитализма (много-мало) и какого он качества (хорошего и плохого). Исходным мотивом для подобного рода разборок является принятие АКС концепция реформаторства, допускающая два самостоятельных источника развития, которые в столкновении должны оплодотворить АКС новыми идеями.

Монистическая(советская) структура АКС с конца 80-х годов уступила место плюралистической методологии. Новая волна власти приняла идеологию прагматистов и неопозитивистов.

Реформаторство открыло путь поливариантной проблематике с тем, чтобы остановить деградацию системы, построенной по проекту строгих причинно-следственных связей и определенности (управляемости) частных интересов. Можно говорить о том, что экспериментаторы и реформаторы образуют два течения разумности на логику развития АКС.

АКС за фасадом перемен сохраняет жизнь режимности и подчинения возможностей личности директивной норме справедливости. Независимо от изменчивости стратегических планов белорусы не получили гражданства и юридическое лицо государства. Суммарное влияние физических лиц на бюджет АКС остается условным на всем протяжении реформ(1985-1995 гг.) и составляет 5 - 9 %. (Источник: Народное хозяйство Беларуси в 1991 году. Минск, 1993г.).

Многие принципиальные изменения (приватизация, демократизация и т.д.) проходят в формате коллективистской целесообразности. Поэтому роль исследовательских Центров и концелций от различных политических групп не отличается оригинальностью в борьбе за интеграцию с властью АКС.

УДК 378.147 : 51

ст. преподаватель,  
соискатель БАТУ  
Полушкина С.И.

### ПРОФИЛИЗАЦИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ - ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ

Качество подготовки специалистов (по данным зарубежных исследований) зависит на 50% от индивидуальных особенностей личности (когнитивные факторы): интеллект, память, внимание и др., на 25% от мотивов обучения, эмоционального отношения к преподавателю, предмету, членам студенческой группы (афоректные факторы) и на 25% от качества обучения.

Мотивационно-потребностную сферу личности важно сформировать на I курсе при изучении фундаментальных дисциплин, т.к. студенты ещё чётко не осознают необходимости их изучения и не проявляют познавательной активности. Как качество личности, указывают дидакты, познавательная активность отражает психологическую и практическую её готовность к энергичному деятельному, творческому познанию при систематических волевых усилиях. Дидактическим условием повышения познавательной активности студентов является профилизация фундаментальных дисциплин.

Для этого проведена работа по генерализации содержания учебного материала путём обобщений и систематизации в курсах дисциплин на основе фундаментальных теорий, благодаря учёту межпредметных связей химии с общетехническими и специальными дисциплинами. Выявлены цели предмета. Это является важным моментом, т.к. не все предметы имеют непосредственный выход в профессиональную деятельность. Например, общая химия связана опосредованно - через многие дисциплины. Установлены разделы и темы курса общей химии, знания, умения и навыки которых имеют наибольшее применение в практической деятельности.

Каждая лекция начинается с демонстрации дидактического материала (таблицы, фольги и др.), отражающего значимость рассматриваемого вопроса для изучения последующих дисциплин и в будущей профессиональной деятельности.

Так, в профессиональной деятельности специалисту нашего вуза придётся решать и химические задачи, например, пригото-

вить раствор различной концентрации (электролит для аккумулятора), раствор с определённой точкой замерзания (антифриз) и др. Но химическую задачу надо будет выделить из производственной ситуации, она не будет дана в виде конкретного задания. Поэтому в учебной деятельности студент должен учиться самостоятельно выделять задания, представленные в виде конкретной жизненной ситуации. Пример такой ситуации, предлагаемой студентам на практическом занятии по теме "Растворы" :

"Вы - руководитель автопарка. По радио объявили о резком понижении температуры воздуха до  $-25^{\circ}\text{C}$ . В радиаторы автомобилей залита вода.

а) чем это угрожает автомобильному парку ?

б) готового антифриза нет. Есть этиленгликоль  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ .

При разработке заданий большое внимание уделяется мотивированности, реальной осмысленности и практической направленности их формулировки.

Учебный процесс при помощи средств моделирования строится так, что последовательно и систематически приближает студента к его будущей профессиональной деятельности.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ПОЛИТОЛОГИИ  
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Чубрик Р.И., аспирант БАТУ

Современная методика преподавания социально-гуманитарных дисциплин носит комплексный характер, суть которого в единстве целеполагания, содержательной и процессуальной сторон обучения.

Целеполагание как компонент методики преподавания является весьма сложным. Господствовавший ранее унифицированный подход к целеполаганию замещается вариативностью целей. Общечеловеческие факторы, проблемы трансформационного общества, становление демократического государства, плюрализм порождают целый веер новых целей в обучении. В связи с этим перед коллективами кафедр и преподавателями встает задача выявления, анализа, субординации и разработки "дерева" целей обучения, что составляет предмет специального научного исследования.

Содержание социально-гуманитарных дисциплин характеризуется плюралистичностью, многоконцептуальностью данных наук. Оно также связано со спецификой политических процессов, происходящих в каждой конкретной стране, в Беларуси - с переходным этапом в ее развитии. На этом этапе происходит обновление социально-гуманитарных дисциплин, ведется активный поиск оптимальных моделей учебных курсов, определяется мера в соотношении общечеловеческих и национально-особенных факторов при составлении учебных программ, пособий и т.д.

Что касается политологии, то ее содержательные аспекты еще более сложны, т.к. политические процессы в нашем обществе еще не устоялись и это порождает определенные трудности при решении задачи экстраполяции нормативных подходов западной политической науки на белорусские реалии.

Важной задачей относительно выявления содержательного аспекта методики преподавания является обозначение центральных проблем современной политической науки. На наш взгляд к ним следует отнести: власть, демократию, конфликт, консенсус, конфликт-консенсус, политическую систему, политическое поведение, политическое функционирование и т.д.

Вопрос структурно-логической компоновки курса с учетом центральных проблем, соотношение разделов курса также являются задачами методики.

Целеполагание и содержательная сторона методики преподавания сказывают существенное воздействие на процессуальную сторону, т.е.

методы, формы, приемы, средства организации учебного процесса. При сохраняющейся значимости ряда традиционных форм обучения на первый план выступают формы и методы активного обучения. Эта проблема также многоаспектна. Дальнейшей разработки требуют теория и методы проблемного обучения, проблема соотношения традиционных и активных форм обучения и др.

Наряду с универсальными подходами к процессу преподавания политологии в любом вузе есть и профильная специфика. В частности, в техническом вузе следует учитывать характер профилирующих дисциплин, прагматический и прикладной аспекты обучения. Целесообразно в этой связи проработать вопросы: о технологичности в обучении, о пропорциональном увеличении учебного материала, связанного с изучением динамики политики, анализом конкретики (пр.: технология избирательной компании).

В равной степени это касается конкретных методик проведения семинарских занятий. В этой связи должен быть исследовательски решен вопрос о целесообразной мере во внедрении в учебный процесс деловых игр, пакетов конкретных ситуаций для группового анализа, "круглых столов".

УДК 633.521

ПЕЧЕРСКАЯ А. В.  
аспирант. БАТУРЕЗЕРВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ  
ЛЬНОПРОДУКЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.

Лен-традиционно возделываемая в Беларуси ценнейшая техническая культура, потенциальными возможностями которой следует воспользоваться. Это основной источник натуральных волокон для производства тканей, так же копра находит свое применение в мебельной промышленности, а семена идут на производство масла и жмыха. Кроме того, лен-экспортная культура, являющаяся источником валютных поступлений в республику, так как мировой рынок далеко не полностью обеспечен этой продукцией. Значение льна возрастает в связи с возможностью использования его вместо хлопка, т.е. замены последнего так называемым катонизированным льноволокном.

Рыночные отношения заставили по-новому взглянуть на проблемы льноводческой отрасли, так как они коснулись прежде всего экономики трудоемких культур, к которым относится и лен. Неэквивалентные по затратам труда закупочные цены на лен и зерно обусловили нерентабельность льноводства; стало выгоднее возделывать зерновые. Однако, лен убыточен лишь в тех хозяйствах, где урожайность волокна не более 5 ц/га. Там же, где стабильно получают по 10-15 ц/га, возделывание культуры **по-прежнему имеет** высокую эффективность. В 1994 году средняя рентабельность отрасли в республике составила 52,3%.

Давней мечтой льноводов было получить с гектара посева тонну льноволокна. И сейчас это реально. Появились новые сорта льна, повысился уровень агротехники, широко используются средства химизации, более механизированным стал труд.

Совершенствование экономических отношений в льняном подкомплексе предполагает ориентировать непосредственных производителей на внутренний и внешний потребительские рынки. Для достижения этой цели необходимо перевести хозяйства и предприятия подкомплекса на прямые горизонтальные связи и устранить имеющиеся на этом пути ведомственные барьеры, укрепить их экономичес

кую самостоятельность и ответственность за конечные результаты работы; гарантировать каждому хозяйству и предприятию право выбора партнера; наладить эквивалентность обмена и взаимовыгодность партнерства, исключить ущемление экономических интересов одного за счет другого. Причем, соблюдению приведенных требований должны быть подчинены все элементы механизма рыночных отношений, формы собственности, хозяйствования и интеграции, порядок формирования госзаказа и прямых договоров на поставки продукции, ценообразование, кредитование и налогообложение, хозяйственные доходы предприятий и коллективов, рыночная инфраструктура подкомплекса и др.

В целях укрепления экономической самостоятельности и ответственности льноперерабатывающих предприятий, углубления интеграционных связей с поставщиками льносырья и потребителями волокна считается целесообразным переходить на аренду и выкуп льнозаводов. Выбор форм приватизации следует осуществлять в зависимости от стоимости основных фондов, производственной мощности, численности работающих, состояния материально-технической базы, эффективности работы льнозавода и уровня развития льноводства в сложившейся сырьевой зоне.

Для поддержания хозяйственных связей между льносеющими хозяйствами, льнозаводами и их интеграции с льнокомбинатами целесообразно развивать действующие и создавать новые Агропромышленные ассоциации по производству льноволокна. Такие ассоциации образуются на базе перерабатывающих предприятий и включают в свой состав колхозы и совхозы только по льноводческой отрасли при сохранении их хозяйственной самостоятельности и права юридического лица. Основные функции Агропромышленных ассоциаций нацелены на решение общих для сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий задач по выполнению государственного и местного заказов, а также прямых договоров на поставку льноволокна потребителям и обеспечению работы участников ассоциации на самоокупаемости.

Показательна здесь деятельность ассоциации "Дворец-Лен". Ее создали льносеющие хозяйства Дятловского, Вороновского и Ногорудского районов, которые реализуют тресту на Дворецкий льнозавод. Цель ассоциации - совершенствование в своей зоне технологии выращивания льна, уборки его, приготовления льнотреста.

переработки продукции и, что очень важно, выработки единой рыночной политики, а также распространение опыта передовиков льноводства. Ассоциация показала свою жизнеспособность. Благодаря ее деятельности возросли урожаи льна, колхозы и совхозы даже при сокращении площадей под этой культурой добиваются планового выхода льнопродукции.

Пример деятельности ассоциации "Дворец-Лен" показал, что у льнозаводов республики есть немало резервов для роста урожайности льняного гектара, увеличения доходов от реализации льноводческой продукции. В связи с кризисным состоянием льноводческой отрасли Минсельхозпрод Республики Беларусь принял дополнительные меры по стабилизации положения, а опыт работы ассоциации "Дворец-Лен" поможет организовать работу так, что тонна волокна с гектара станет реальностью для каждого в отдельности льноводческого хозяйства.

ОСОБЕННОСТИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Функционирующий в настоящее время организационно-хозяйственный механизм материально-технического обеспечения агропромышленного комплекса республики сформировался в условиях централизованно-распределительной системы. Этот механизм не отвечает принципам рыночных отношений, недостаточно оперативно реагирует на изменение спроса и предложения, слабо отражает действительность экономических рычагов и стимулов, не в полной мере учитывает требования потребителей. В нем не отражен должный уровень материальной ответственности за эффективность и качество обеспечения потребителей продукцией производственно-технического назначения.

Важнейшей народнохозяйственной задачей в новых условиях хозяйствования является поэтапное реформирование рынка средств производства для АПК, представляющего собой совокупность финансово-экономических и организационно-правовых отношений, основанных на динамической сбалансированности спроса и предложения.

Анализ опыта экономически развитых стран свидетельствует о том, что решающей предпосылкой нормального материально-технического обеспечения сельского хозяйства является свободная, без каких-либо ограничений продажа техники, запасных частей, горючего, удобрений и других ресурсов.

Для создания рынка средств производства целесообразно осуществить постепенный переход от централизованного фондирования материальных ресурсов и жесткого прикрепления потребителей к поставщикам к свободной их купле-продаже на коммерческой основе с учетом спроса и предложения. С этой целью в ближайшее время необходимо решить следующие задачи:

- изучить потребности сельскохозяйственных предприятий в материально-технических ресурсах и возможность их приобретения за счет собственных средств;
- поощрять конкуренцию предприятий-поставщиков на рынке сбыта продукции, чтобы было превышение их суммарной мощности на

поставкам над общей потребностью сельского хозяйства в технике и материальных ресурсах ;

-пересмотреть существующую систему кредитования сельскохозяйственных предприятий , так как широкое применение кредитов в настоящее время под высокие проценты банков разоряет экономику хозяйства .

На ближайший период необходимо сохранить централизованное снабжение отдельными видами ресурсов ( горюче-смазочные материалы , удобрения , ядохимикаты и др. ) , используя для этого систему планирования , договоров с заводами-поставщиками , а также обеспечить ответственность за невыполнение обязательств . Для этого должно использоваться государственное регулирование , т.е. установление предельных индексов уровня цен на промышленные товары в увязке с индексами уровня цен на сельскохозяйственную продукцию .

Детальные исследования , проведенные в ряде районов республики , подтвердили мнение о том , что на рынке средств производства должны конкурировать как различные снабженческие фирмы , обеспечивающие сельскохозяйственных производителей ( райагроснабы , филиалы акционерных обществ "Торговый дом аграрников" , различные коммерческие структуры и т.д. ) , так и промышленные фирмы-поставщики , которые соревнуются между собой за потребителя , используя торгово-посреднические организации .

Переход к свободной реализации средств производства в реальных условиях снабжения требует и существенной перестройки организации хозяйственной деятельности системы агроснабжения . Это связано с необходимостью приспособления торгово-снабженческих организаций к функционированию в условиях рынка .

В последнее время в республике получают распространение следующие формы организации торговли средствами производства :

- через торги на товарных и фондовых биржах ;
- посредством организации выставок-ярмарок и аукционов товаров производственно-технического назначения ;
- через фирменные магазины крупных заводов-поставщиков важнейших видов техники ;
- за счет организации пунктов проката техники или лизинговых компаний ;
- через филиалы акционерных обществ "Торговый дом аграрников" , заключающих от своего имени договора ;

- через частные коммерческие фирмы по реализации техники и ее гарантийному ремонту и др.

В районах может действовать несколько агросервисных организаций. Для координации их действий, объединения усилий и повышения результативности параллельно действующих структур (например, сбор, обработка и выдача коммерческой информации о спросе и предложении, цене, складывающейся на рынке региона, транспортные проблемы и т.д.) по согласию субъектов целесообразно создавать районные ассоциации по оказанию агросервисных услуг, либо делегировать права самой крупной организации. Эти вопросы в каждом отдельном случае могут решаться в зависимости от местных условий.

Для успешного становления крестьянских и фермерских хозяйств исключительно важное значение имеет правильное решение вопросов, связанных с характером взаимоотношений их с предприятиями государственной и коллективной форм собственности.

Организация деятельности общественных и индивидуальных хозяйств должна строиться не на противопоставлении одной формы другой, а на их сотрудничестве и сочетании. Это в первую очередь потребует решения задачи использования крестьянскими хозяйствами объектов производственного обслуживания, созданных в коллективных хозяйствах, чтобы избежать непроизводительных затрат на создание параллельных служб. Этому будет способствовать приватизация основных фондов хозяйств, создание акционерных обществ, кооперативных предприятий на базе существующих агросервисных служб.

В ряде регионов Российской Федерации создаются самостоятельные кооперативные базы материально-технического обеспечения и сервисного обслуживания фермерских и крестьянских хозяйств. Это требует дополнительных инвестиций. На наш взгляд целесообразнее налаживать тесные связи по использованию уже созданной инфраструктуры. Это позволит при минимальных дополнительных затратах на основные фонды обеспечить сервисное обслуживание производителей всех форм собственности.

Литература: 1. Алферьев В. П. Маркетинг в деятельности агрофирм в условиях рыночной экономики. - М.:

Информагротех, 1991. 44 с.

2. Материально-техническое снабжение АПК. - М.:

Информагротех, 1991. № 29 с.

## КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ПЭВМ

Развитие вычислительной техники дает возможность ее использования для контроля знаний студентов. Поскольку подготовку контролирующих курсов ведут преподаватели-предметники, то необходима специальная программа-посредник, содержащая типовые схемы контроля, и не требующая специальных знаний в области программирования. Такие программы существуют давно, но в их развитии наблюдаются две крайности: неучтенность методических требований к процессу контроля знаний, с одной стороны, и сложность освоения, с другой.

Следует также отметить, что в процессе контроля знаний можно выделить два типа ответов: формализуемый и неформализуемый. Под формализуемым ответом будем понимать ответ, требования к которому жестко определены. Такой ответ может представлять собой вычисленное число, формулу, название и т.п. При этом можно допустить формализуемый ответ с некоторой вариативностью, как например, точность вычисления или два - три возможных варианта написания формулы. Однако такие ответы можно предусмотреть, в отличие от неформализуемых. С помощью вычислительной техники можно легко контролировать именно те знания, которые проверяются с помощью формализуемых ответов.

Существуют два аспекта проблемы создания контролирующих курсов (КК): подготовка КК преподавателем и работа студента с КК.

Преподаватель-предметник, готовящий курс по своей специальности, не обязан владеть специальными программистскими знаниями. Следовательно, ему должна быть предоставлена удобная специализированная программа, которая будет давать возможность в диалоге готовить свой курс. Такая программа должна работать с типовыми единицами: текстом вопроса, эталоном правильного ответа, помощью при неправильном ответе, баллом, начисляемым за правильный ответ, и учебным материалом.

Прежде чем уточнить эти понятия, определим два типа КК. Во-первых, можно выделить контроль жесткого типа, где необходимо только определить уровень знаний. Во-вторых, можно использовать контроль с элементами обучения. Назовем такие курсы КК1 и КК2 соответственно.

Главными элементами в обоих видах КК являются текст вопроса и эталон ответа. Требования к тексту вопроса: он должен быть четким, актуальным для изучаемой темы, иметь нормальный уровень сложности для преподаваемого в конкретном учебном заведении курса. Из текста вопроса студент должен иметь представление и о форме своего ответа, желательно, чтобы она была самоочевидной, иначе - вопрос должен содержать подсказку-требование по форме ответа.

Эталон ответа - проблема в КК. Программа сравнивает ответ студента и эталон посимвольно. Программно можно производить такие упрощающие операции как равнозначность больших и малых букв, игнорирование незначущих пробелов, игнорирование незначущих символов с помощью определенных знаков, запись нескольких вариантов ответа, ответы с некоторым уровнем точности вычислений. Существуют два одновременных пути решения этой проблемы: определение программистом наиболее актуальных форм для усовершенствования программы исходя из опыта преподавателя-предметника и учет преподавателем-предметником возможностей ПЭВМ и той конкретной программы, с которой он работает.

Учебный материал целесообразно применять в основном в КК2. При этом он не должен служить заменой учебника, а должен использоваться только для выделения ключевых моментов. Кроме того, в курсах обоих типов учебный материал может использоваться для сообщений о целях работы с курсом и для специальных инструкций.

Помощь при неправильном ответе целесообразно использовать только в КК2. К сожалению, определение причин ошибки можно сделать только с помощью анализа результатов работы.

Следует обратить внимание на следующее. Программа, с которой работает преподаватель, должна давать ему возможность создавать простейшие цветные технические рисунки, используемые в текстах вопросов (и учебного материала).

Есть и еще одно важнейшее требование - КК должны быть многовариантны. Необходимо, по возможности, создавать каждый вопрос как группу равнозначных вариантов вопросов, проверяющих одну и ту же область знаний, равнозначных по сложности. При работе студента с КК в каждом вопросе из имеющихся вариантов предъявляется один. При наличии нескольких вариантов в каждом вопросе каждому студенту будет сгенерирована собственная последовательность вопросов, что исключает подглядывание, шаргалки, механическое запоминание правильных ответов при разрешении на повторное прохождение курса.

За каждый правильный ответ на вопрос предусматривается некоторый балл. При первоначальной подготовке курса преподаватель может проставлять такой балл, исходя из предварительного исследования, пользуясь интуицией или же сделать все вопросы равнозначными. Баллы используются для определения уровня знаний студентов.

Другая программа предъявляет подготовленный КК студенту. В процессе работы можно зафиксировать все полученные баллы и те номера вопросов, на которые дан правильный ответ. Эти данные будут служить не только для выставления оценки, но и для последующего улучшения КК.

Идея частичного самоусовершенствования КК заключается в следующем. При прохождении представительной выборки через работу с КК информация накапливается. Далее можно выявить вопросы, на которые чаще всего давались правильные и неправильные ответы. Изменения возможны в двух направлениях. Если на какой-то вопрос дается много неправильных ответов, то такой вопрос должен получить в дальнейшем больший балл сложности. С другой стороны, необходимо проанализировать такой вопрос, возможно, он неясно сформулирован или же студентам не хватает знаний для его решения. Вопросы, на которые слишком часто дается правильный ответ, необходимо или усложнять или вообще исключать из рассмотрения. Главной трудностью в этом случае представляется определение тех пороговых значений, при которых должно быть принято решение о модернизации (исключении) вопроса и о изменении его балла. Актуальной представляется также идея вынесения особо "сложных" вопросов в отдельный спецкурс для работы наиболее подготовленных студентов, при условии тщательного анализа качества вопросов.

Применение КК дает возможность проводить контроль знаний за меньший по сравнению с традиционным промежуток времени, активизировать работу студентов, обеспечить оперативный сбор и анализ данных о работе обучаемых. КК могут применяться для экзаменационного, зачетного, блочного, текущего контроля. При этом может быть удобен комбинированный случай, когда определенная часть знаний контролируется с помощью ЭВМ, а другая, трудно формализуемая - традиционным способом. Актуальной представляется также идея предэкзаменационного (предзачетного контроля), где КК используется для определения нижнего уровня - удовлетворительной оценки, а затем проводится традиционный контроль.

МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ КАК СРЕДСТВО  
ИНТЕГРАЦИИ ОБЩЕГО И ПРОФИЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Проблема преодоления наметившегося расхождения между общим и профессиональным образованием вышла теперь на передовой край педагогической науки и практики обучения. Успешному решению этого вопроса мешает недостаточная теоретическая разработанность этой сложной методологической проблемы.

В решении поставленного вопроса важное практическое значение имеет определение типов интеграции общего и профессионального образования, поскольку, исходя из классификации, выбирается уровень реализации - синтез, целостность, межпредметные связи. Выделим следующие типы интеграции: общеметодологический, общенаучный и частнонаучный.

Общеметодологический тип основан на усилении интегративной роли философии в системе научного знания, укреплении взаимодействия между философским и частнонаучным знанием.

Общенаучный тип связан с использованием в учебном процессе общенаучных форм и средств познания. К ним относятся категории оптимальности, прогнозирования, систематичности, функциональности, которые широко применяются в дисциплинах естественного научного и профессионально-технического циклов. Общенаучные подходы и методы исследования лежат в основе общенаучного методического типа интеграции общего и профессионального образования. Его назначение - знакомить студентов с элементами системного, структурного, алгоритмического, функционального, модельного, вероятного и других общенаучных подходов.

Основой общенаучного типа интеграции общеобразовательных и профессиональных дисциплин успешно может служить математика, функции которой реализуются, в частности, путем включения в процесс обучения профессионально-техническим дисциплинам вычислительной техники, элементов программирования и т.д.

В движении от общего к конкретному существенное значение имеют частнонаучные виды интеграции общего и профессионального образования, наиболее существенные для осуществления дидактической интеграции, в которой можно выделить трансляционный тип. Он подразумевает взаимное использование общеструктурных элементов содержания и применяется для осуществления интеграции на уровне межпредметных связей. Такая трансляция осуществляется путем переноса структурных элементов научных знаний из одного цикла дисциплин в другой. Такая трансляция способов деятельности во многом основана на использовании в курсах профессионально-технических дисциплин, умений, формируемых в естественно-научных предметах.

Однако, привлечение в процессе овладения знаниями содержания смежных дисциплин — не есть межпредметные связи. Под межпредметными связями будем понимать диалектически закономерную систему отношений между знаниями, формируемыми в результате последовательного отражений в содержании изучаемых дисциплин объективных связей между предметами и явлениями, которые существуют в реальном мире. Итак, в широком понимании межпредметные связи — эквивалент диалектических связей, реализуемых в учебном процессе через содержание образования. Диалектическая сторона их заключается в наличии отношений между знаниями отдельных дисциплин. Это есть объективная сторона явления, не зависящая ни от преподавателя, ни от студентов. Педагогическое вмешательство ограничивается только структурой содержания учебных предметов и расположением в них учебного материала. Межпредметные связи могут также выступать в роли конкретного дидактического средства с помощью которого решаются определенные учебные задачи. При умелом пользовании межпредметными связями эффективность конечного результата учебного процесса повышается, в остальных случаях межпредметные связи остаются только диалектической закономерностью и никаких задач не решают.

Существенный признак системы межпредметных связей — ее интегративность. Это характерная черта связей, которой не обладает ни одно другое дидактическое средство. Только в результате межпредметного обучения происходит интеграция знаний разных предметов, осуществляется последовательность и систематичность учебного процесса. Интегративность взаимосвязанного обучения сказывается на

результатах межпредметного обучения.

В конечном итоге формируется межпредметное понятие, имеющее в своей структуре признаки, усвоенные при изучении различных дисциплин. В то же время, в духовном мире студента формируется своя система связей между представлениями, умениями и навыками, приемами мышления и т.д. Это новое образование следует рассматривать как межпредметную структуру учебного умения. Формируется она не простым перенесением понятий и теорий того или иного конкретного знания на почву других наук, а путем применения интегративного знания в конкретной ситуации. Такая межпредметная структура знаний характеризуется не только количественной стороной элементов знаний, но и качественной. Системный анализ дает возможность рассматривать данное явление как систему знаний, связанную с системой познавательной деятельности на основе "интегративных качеств, не свойственных отдельно взятым образующим систему компонентам".

На этом этапе становится возможной межпредметная структура учебных занятий, где развиваются и связываются понятия, мировоззренческие идеи, теории, законы. Эти межпредметные структуры знаний возникают как результат развивающегося обучения и достигают качественно нового уровня общенаучных понятий.

Резюмируя сказанное, можно подчеркнуть, что такой подход к формированию межпредметной структуры учебного знания способствует расширению области их практического применения. При этом студенты учатся выделять различные понятия, анализировать и классифицировать их, применять общие законы к объяснению частных явлений. В целом межпредметное обучение становится критерием сознательного и прочного усвоения знаний и средством повышения эффективности процессов обучения.

Однако, пока еще межпредметные связи в учебном плане высшего аграрнотехнического образования обозначены несовершенно преимущественно в частнометодическом плане, тогда как их надо переводить на дидактический уровень, поскольку они - категория дидактическая.

УДК 621.7:623.8

Иванов А. А.  
аспирант

## АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНТАКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Перспективным направлением в области научного исследования и прогнозирования повышения эффективности и качества поверхностного деформирования наплавленных покрытий является разработка вопросов механики контактного взаимодействия деформирующего инструмента с покрытием, на основе теории упруго-пластического контактного взаимодействия шероховатых поверхностей, параметры микро-рельефа, твердость и температура которых существенно отличаются.

Начало теории деформации упругих тел в местах контакта на основе использования общих уравнений теории упругости и методов теории потенциала положено работой Г.Герца [1]. В основу всех выводов были положены следующие предположения: материал соприкасающихся тел однороден и изотропен, их поверхности абсолютно гладкие, нагрузки, приложенные к телам, вызывают только упругие деформации, подчиняющиеся законам Гука; площадка контакта весьма мала по сравнению с общими поверхностями соприкасающихся тел; силы давления нормальны к поверхности соприкасающихся тел; силами трения по поверхности пренебрегают.

Теория контакта получила широкое применение в ряде практических задач как рациональная схема расчета, требующая в конкретных случаях уточнения путем введения экспериментальных поправочных коэффициентов. Нелинейный характер зависимости сближения соприкасающихся тел и размеров площадок контакта от величины нагрузки и ряд допущений, положенных в основу теоретических выводов, обусловили появление большого количества экспериментальных исследований деформаций контактирующих тел.

Первое экспериментальное исследование было выполнено Г.Герцем [1]. При сжатии шара и плоскости из одного материала был получен радиус круговой площадки контакта:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \frac{P}{E(1-\mu^2)}}$$

где  $\mu$  - коэффициент Пуассона;  $E$  - модуль упругости;  $R$  - радиус шара;  $P$  - нагрузка.

В работах Г.Герца [1], А.П.Динника [2], Н.М.Веляева [3] даются выражения для полуосей эллипса площадки контакта и сближения контактирующих тел и максимального контактного напряжения:

$$\begin{aligned} a_0 &= \rho_a \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot (1 + \nu) P / K}; & b_0 &= \rho_b \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot (1 + \nu) P / K_2}; \\ \alpha_c &= \rho_c \cdot 0,5 \sqrt[3]{\frac{9}{4} \cdot I^2 \cdot \rho^2 \cdot K_E}; & q_0 &= \rho_q \cdot 1/\pi \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot (P \cdot K_2^2 / I^2)}; \\ I &= (1 - \mu_1^2)/E - (1 - \mu_2^2)/E; \end{aligned}$$

где  $I$  - упругая постоянная контакта;  $K_2$  - сумма главных кривизн соприкасающихся тел;  $\rho_a, \rho_b, \rho_c, \rho_q$  - коэффициенты.

В работах [9,10] в зависимости от формы тел и их взаиморасположения приведены формулы для расчета размеров площадок контакта, величины наибольшего давления между соприкасающимися телами и их сближения. Для учета в расчетах формы контактирующих тел и их взаимного расположения при поверхностном деформировании деталей с наплавленными покрытиями целесообразно их классифицировать на плоские, цилиндрические, сферические поверхности деталей и инструментов, соприкасающиеся до деформации в точке, на отрезке или по площадке.

Опыты по сжатию сферических и цилиндрических поверхностей хорошо подтверждают полученные зависимости [9,10] до тех пор пока нагрузка, примененная к соприкасающимся телам, не приводит к образованию в зоне контакта остаточных деформаций. Между тем контакт реальных поверхностей носит дискретный характер вследствие их волнистости и шероховатости. Рассмотренные идеальные условия контакта не соблюдаются, что затрудняет получение точных решений.

Работы по исследованию контактного взаимодействия тел носят экспериментальный характер, а теоретические расчеты возможны только при условии идеализированных моделей шероховатых поверхностей. При этом различают четыре площади касания: номинальную  $A_n$ , контурную  $A_c$ , фактическую  $A_f$  и физическую  $A_r$ . Номинальная площадь контакта очерчена геометрическими размерами соприкасающихся тел. Контурная площадь  $A_c$  определяется площадками объемного смятия тел вследствие макрогеометрических отклонений поверхностей. Фактическая площадка  $A_f$  представляет собой суммы фактических участков соприкосновения тел, через которые передается давление.

Обработка профилограмм поверхности не может выявить субмикрорельефа вследствие ограниченного увеличения существующих профилограмм и никакой разрешающей способности их чувствительного элемента - иглы. Параметры субмикрорельефа количественно могут быть определены только с помощью методов электронной фрактографии. Участки фактического контакта не являются зонами истинного контакта и на субмикроскопическом уровне носят дискретный характер.

Помимо структурной приспособляемости материала поверхности при трении происходит приспособляемость контртела, деформирующего поверхность, проявляющаяся в дополнительных перемещениях элемента.

В зависимости от геометрических параметров качества обработки выступы металлических поверхностей с низким классом шероховатости деформируются преимущественно упруго, грубые поверхности - преимущественно пластически, а поверхности со средними величинами шероховатости - упругопластически. При повторных нагружениях без увеличения давления имеет место только упругая деформация.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ теорий контактирования шероховатых поверхностей показывает, что для изучения особенностей взаимодействия деформирующего инструмента с поверхностью наплавленного покрытия необходимо рассмотреть ряд вопросов.

1. Кинематика и динамика деформирующего элемента в процессе обработки наплавленной поверхности.
2. Усилия деформирования и поля напряжений при пластическом деформировании наплавленной поверхности.
3. Тепловые процессы и температурные поля пластического деформирования наплавленной поверхности.
4. Технологическая и эксплуатационная наследственность наплавленных и пластически деформированных поверхностей в процессе их производства и эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hertz H. Über die Berührung fester elastischer Körper. -

rein und angewandte Natheematik, 1882, v.92, s 156-171.

2. Динник А.Н. Избранные труды в 3-х томах.Т.1.Удар и сжатие упругих тел.К.: Изд.АН УССР, 1952, 195 с.

3. Беляев Н.М. Местные напряжения при сжатии упругих тел. В сб.: Инженерные сооружения и строительная механика.Л., 1924, с.30-43.

4. Саверин М.М. Контактная прочность материалов в условиях одновременного действия нормальной и касательной нагрузок.-М.: Машгиз, 1946, 148 с.

5. Штаерман И.Я. Контактные задачи теории упругости.-М.: Гостехиздат, 1949, 270 с.

6. Лурье А.И. Пространственные задачи теории упругости.-М.: Гостехиздат, 1955, 491 с.

7. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости.-М.: Наука, 1966, 707 с.

8. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости.-М.: Гостехиздат, 1953, 264с.

9. Расчеты на прочность в машиностроении. Пономарев С.Д., Вигдерман В.Л., Лихарев К.К. и др., т.2.-М.: Машгиз, 1958, 759 с.

10. Макушин В.М. Деформация и напряженное состояние деталей в местах контакта.-М.: Машгиз, 1952, 211 с.

11. Boussinesque J.Equilibre d'un solide isotrope sans pesanteur, supportant differents poids,C.R.Acad.SCI.Paris, 1878, u.86, p.1260-1263.

12. Johnson K.L. Contact mechanics.Cambridge University Press, 1985.

13.Atluri S.H. On some New General and Complementary Energy Theorems for the Rate Problems in Finite Strain ,Classical Elastoplasticity, J.Struct. Mech., 1980, v.8, n.1, f.61-92.

## ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В последние годы в Республике Беларусь наметилась тенденция к сокращению посевных площадей, занятых под картофелем. Сокращается и стареет парк картофелеуборочных комбайнов.

Если в 1980 г. на 787 тыс. га было 12,5 тыс. комбайнов, то в 1994 г. на 670 тыс. га - 8,5 тыс. картофелеуборочных комбайнов ККУ-2А, КПК-2-01 и КПК-3, поставляемых из России, и Е-684 и Е-686 германского производства. Освоен выпуск однорядного комбайна Л-601 АО "Лидсельмаш", который используется на малых участках. На этом предприятии выпускают также картофелекопатели как однорядные КТН-1Б, Л-651 и Л-653, так и двухрядные КСТ-1,4 и КТН-2В.

Сложившийся парк картофелеуборочных машин отличается разнообразием конструкций, что соответствует различным почвенно-климатическим условиям Республики Беларусь и размещению картофеля как в общественном, так и частном секторах. Наиболее сложные - это комбайны Л-601 и Е-686, имеющие подкапывающие, сепарирующие, комкоразрушающие, ботвоудаляющие и камнеотделяющие рабочие органы, переборочные столы и бункеры-накопители для картофеля и камней (Л-601).

Трехрядные копатели-погрузчики Е-684 и комбайны КПК-3 не имеют камнеотделяющих устройств и переборочных столов, что ограничивает их область применения: легкие почвы, не засоренные камнями. Двухрядные комбайны КПК-2-01 и ККУ-2А оборудованы переборочными столами без специальных камнеотделяющих устройств, поэтому применяются в легких и средних условиях с засоренностью камнями до 8 т/га.

Учитывая сложившуюся ситуацию, в БАТУ проводятся НИР по созданию картофелеуборочных комбайнов для республики.

При конструировании картофелеуборочных машин недостаточно учитывались реальные условия, имеющие место при их нормальной функци-

онировании. В большинстве случаев при теоретических исследованиях рабочих органов за основу принимает статические модели, идеализируя реальные условия работы этих машин.

Возникает необходимость в моделировании технологических процессов картофелеуборочных машин, т.е. их математическое описание в конкретных условиях функционирования.

Наиболее существенной особенностью условий функционирования машин для уборки картофеля (см. таблицу) является то, что они относятся к случайным в вероятностно-статистическом смысле.

Условия функционирования картофелеуборочных комбайнов в республике разнообразны, а качество работы машин и их производительность зависит от того, из каких рабочих органов сконструирована машина и какие регулировки их предусмотрены.

Модель функционирования картофелеуборочного комбайна можно представить в виде многомерного объекта, блок-схема которого показана на рис. I.

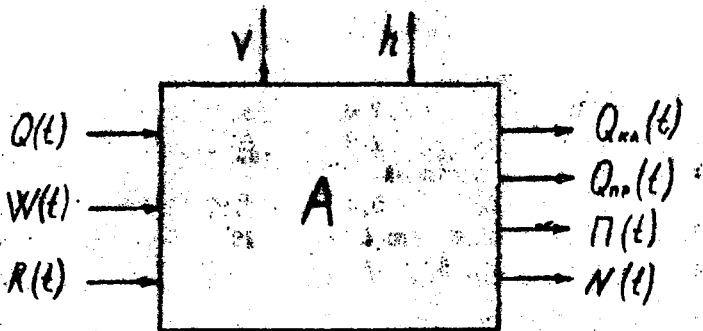


Рис. I. Блок-схема модели функционирования технологического процесса картофелеуборочного комбайна.

Таблица

## Условия функционирования картофелеуборочных машин

Наименование показателя	Значения параметров		
	минимальное	среднее	максимальное
<b>I. Размеры грядки, см</b>			
ширина вершины	7	15...20	27
ширина основания	32	45...50	65
высота	1	9...10	20
<b>2. Глубина залегания клубней, см</b>			
верхнего	0	4,7...5,3	10,0
нижнего	14,0	18,6...19,5	24,0
<b>3. Ширина гнезда, см</b>			
	7,0	17,3...31,2	46,0
<b>4. Урожайность клубней, т/га</b>			
	5,0	16,0...20,0	50,0
<b>5. Размеры клубней, мм</b>			
длина	20,0	49,4...69,3	128,6
ширина	17,5	37,7...52,1	84,5
толщина	13,0	32,7...43,5	65,2
<b>6. Масса одного клубня, г</b>			
	5,0	48,0...102,0	290,0
<b>7. Количество ботвы и других растительных примесей, т/га</b>			
	2,0	5,0...6,0	20,0
<b>8. Длина ботвы, см</b>			
	2,0	50,0...80,0	200,0
<b>9. Диаметр ботвы в нижней части стебля, см</b>			
	0,4	0,8...1,2	2,0
<b>10. Количество камней, г/га</b>			
	0	10...15	30
<b>11. Влажность почвы, %</b>			
	6	20	30

Входными воздействиями модели при постоянной рабочей скорости  $V$  и глубине подкапывания  $h$  является:

$Q(t)$  - секундная подача компонентов картофельной грядки (почва, камни, клубни, комки, ботва, сорняки);

$W(t)$  - состояние компонентов (влажность, размеры);

$R(t)$  - сопротивление движению.

Выходными переменными являются:

$Q_{кл}(t)$  - количество картофеля в бункере;

$Q_{пр}(t)$  - количество примесей в бункере;

$\Pi(t)$  - потери клубней;

$N(t)$  - мощность, затрачиваемая на технологический процесс.

Свойства и особенности машины в ее модели функционирования оцениваются показателем  $A$ , который определяет совокупность свойств машины выдавать в конкретных условиях выходные переменные.

Такие же модели можно построить и для отдельных рабочих органов (подкапывающих, сепарирующих, ботвоудаляющих и т.д.) и представить их в виде цепочки. Получится модель технологического процесса конкретного комбайна, например, Д-601 (рис.2).

При движении комбайна подкапывающий рабочий орган I вырезает картофельную грядку на глубину, ограничиваемую копирующим катком. В результате на лемех поступает секундная подача массы  $Q_1$ , состоящая из почвы, клубней, ботвы и других растительных примесей, а также камней в определенном соотношении компонентов. На лемехе пласт частично разрушается и начинается сепарация почвы. Оставшаяся масса ( $Q_2 = Q_1 - q_{1п}$ ) поступает на первый элеватор 2, где под действием встряхивателей разрушаются почвенные комки и происходит основная сепарация почвы. Далее масса  $Q_3 = Q_2 - q_{2п}$  поступает к ботвоудалителю 3, валки которого часть ботвы  $q_{3к}$  затягивает под комбайн, а оставшаяся масса  $Q_4 = Q_3 - q_{3к}$  подается на редкопрутковый (ячеистый) транспортер 4, по которому удаляются крупные примеси

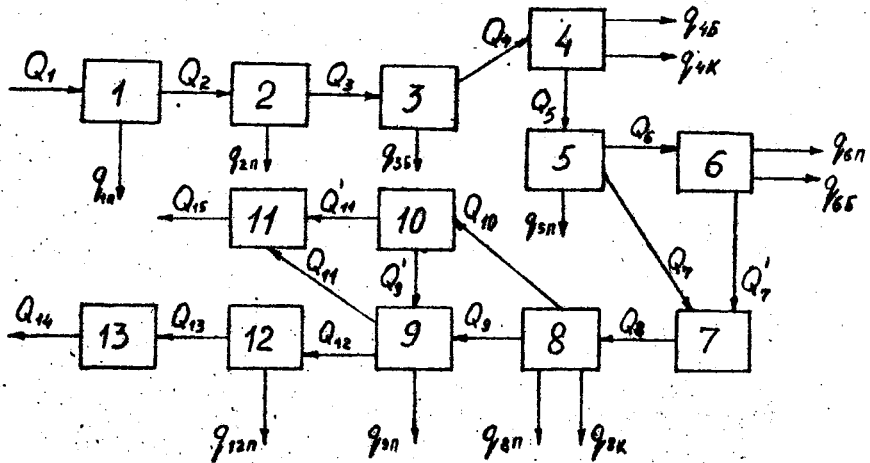


Рис. 2. Модель технологического процесса комбайна Л-601:

1 - подкальвающие рабочие органы; 2 - первый элеватор; 3 - ботвоудаляющий валик; 4 - редкопрутковый транспортер; 5 - второй элеватор; 6 - пальчиковая горка; 7 - поперечный пальчиковый транспортер; 8 - щеточное камнеотделяющее устройство; 9 - переборочный стол (поток клубней); 10 - поток примесей, II - бункер для камней и других примесей; 12 - транспортер загрузки бункера; 13 - бункер для картофеля

(камни, оставшиеся растительные примеси), а клубни, часть почвы, мелкие растительные остатки, камни, размер которых меньше размеров ячеек, проваливаются на второй элеватор 5  $Q_5 = Q_4 - (q_{46} + q_{4к})$ , где происходит дальнейшая сепарация почвы. Сход с элеватора 5 поступает на пальчиковые поверхности горки 6 ( $Q_6$ ) и поперечного транспортера 7 ( $Q_7$ ). Горка 6 выносит на поверхность поля сзади комбайна мелкие примеси  $q_{66}$  и часть почвы  $q_{6п}$ ; а поперечный транспортер направляет массу  $Q_8 = Q_7 + Q_7'$  к щеткам 8 камнеотделяющего устройства, часть камней  $q_{8к}$  и почвы  $q_{8п}$  сходит с по-

перечного транспортера, а клубни и оставшиеся камни поступают на переборочный стол, на котором рабочие-переборщики перебрасывают ошибочно попавшие камни из потока клубней в поток камней, а клубни наоборот. На переборочном столе и транспортере загрузки бункера 12 происходит окончательная сепарация почвы  $\gamma_{50}$  и  $\gamma_{120}$ , камни поступают в бункер 11, а клубни - в бункер 13.

Особенностью моделей технологических процессов картофелеуборочных машин является сложность, а подчас и невозможность получения информации о некоторых компонентах входных и выходных величин. Это затрудняет управление технологическими процессами. Практически учесть все входные переменные, влияющие на ход технологического процесса, невозможно и приходится ограничиваться лишь главными. Количественная оценка входных и выходных переменных должна выполняться методами теории вероятностей и математической статистики.

Для Республики Беларусь предлагается модульный принцип компоновки картофелеуборочных машин. При этом в качестве модуля 1 принят копатель КСТ-1,4 или КТН-2В - для двухрядных и Д-651 или Д-653 для однорядных машин. Модуль 2 для двухрядных машин состоит из ботвоудалителя с третьим элеватором, пальчиковой горкой и выгрузным транспортером. Если в модуле 2 выгрузной транспортер заменить на ковшовый элеватор, то получится модуль 3. Модуль 4 - переборочный стол с площадками для рабочих-переборщиков и транспортером примесей, модуль 5 - бункер для картофеля с транспортером его загрузки, модуль 6 - бункеры для картофеля и камней с транспортерами их загрузки, модуль 7 - щеточный отделитель камней, модуль 8 - разъемная рама с прицепным устройством, приводом и гидросистемой.

Базовая модель двухрядного комбайна состоит из следующих модулей: 1+2+3+4+5 - это комбайн типа ККУ-2А, КПК-2-01. Копатель-погрузчик состоит из модулей 1+2 (машина типа Е-684). Комбайн для работы на полях с засоренностью камнями 8...20 т/га состоит

из модулей 1+9+3+4+5+7 - это машина типа Е-606. Если в этой модификации комбайна или в базовой модуль 5 заменить на модуль 6, то камни можно собрать в отдельный бункер с выгрузкой их на край поля или в транспортные средства при большой длине гона. При недостатке транспортных средств и большой длине гона выгрузку камней необходимо осуществлять на поле в ряды, расположенные перпендикулярно движению агрегата с их последующей погрузкой погрузчиками в транспортные средства в менее напряженный период работы.

Таким образом, модульный принцип компоновки позволит создать семейство высокоунифицированных картофелеуборочных машин для различных почвенно-климатических зон. Освоить выпуск этих машин целесообразно в АО "ЛИДСЕЛЬМАШ".

В 1994 г. был изготовлен опытный образец комбайна, состоящего из следующих модулей: 1+9+3+5. В колхозе "Новый быт" Минского района проведены хозяйственные испытания этого комбайна, которые показали, что по основным качественным показателям работы - полноте уборки и повреждениям клубней комбайн удовлетворяет агротехническим требованиям.

### ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ БРОЙЛЕРОВ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.

Среди производственных затрат, первостепенную важность имеют затраты на энергоресурсы, в связи с ограниченностью их объема и большой стоимостью.

Технологический процесс выращивания бройлеров происходит в промышленно-формируемой среде. Существуют параметры микроклимата - температура, влажность, загазованность воздуха - при которых будет достигаться максимальная продуктивность птиц [1]. Для поддержания относительно высокой внутренней температуры в птичнике приходится подогревать воздух. С другой стороны, при поддержании требуемого уровня чистоты воздуха в птичнике в атмосферу вместе с продуктами загрязнения выдувается большое количество теплоты.

В связи с этим возникает вопрос: оправданно ли стремление обеспечить максимальную продуктивность при перерасходе теплоты на обогрев, или лучше несколько снизить продуктивность, но значительно уменьшить затраты энергии.

Таким образом, появляется задача оптимизации параметров микроклимата. Критерием оптимальности  $F$  является прибыль, определяемая как разность стоимости выращенных птиц и затрат на энергоресурсы и имеет следующий вид [2]:

$$F = (q_1 P_c - q_2 Q_n),$$

где  $P_c$  - прирост выращенного бройлера;  $Q_n$  - поданный тепловой поток;  $q_1$  и  $q_2$  - стоимость единицы массы бройлера и единицы теплового потока.

Математическая модель зависимости продуктивности птиц  $P$  от возраста и основных параметров микроклимата - температуры воздуха  $T$ , влажности  $B$  и загазованности воздуха  $K$  имеет вид [3]:

$$P = a_0 + a_1 t + a_2 T + a_3 B + a_4 K + a_5 t^2 + a_6 T^2 + a_7 B^2 + a_8 K^2 + a_9 t T + a_{10} t B + a_{11} t K + a_{12} T B + a_{13} T K + a_{14} B K,$$

где  $a_0, a_1, \dots, a_{14}$  - коэффициенты уравнения регрессии.

При использовании калориферов в качестве обогревательных устройств подаваемый поток пропорционален разности температур воды  $T_B$  в калорифере и температуры воздуха  $T$  в птичнике:

$$Q = (T_B - T)N,$$

где  $N$  - коэффициент использования теплоты.

Максимум критерия оптимальности будет достигаться при соблюдении ограничений в виде равенств, обусловленных тепловым и газовым балансом в птичнике, а так же ограничений в виде неравенств, существующих из-за ограниченных возможностей технологического оборудования [2].

Управление будет осуществляться путем регулирования температуры воды  $T_B$  в калорифере и производительностью вентиляции  $L$ . Входящий в критерий оптимальности  $F$  тепловой поток в явном виде зависит от значений  $T_B$  и  $L$ , в то время как продуктивность птиц  $P$  явно от этих переменных не зависит и является функцией параметров микроклимата. В свою очередь величины  $T$  и  $K$  представляют собой функции величин  $T_B$  и  $L$  согласно уравнениям теплового и газового балансов, поэтому продуктивность  $P$  - неявная функция величин  $T_B$  и  $L$ .

Эта задача относится к классу условной нелинейной многомерной оптимизации и решается методом неопределенных множителей Лагранжа [4].

В качестве решения будут получены оптимальные значения следующих параметров:  $T^0, V^0, T_B^0, K^0$  и  $L^0$  [5].

Оптимальные значения температуры  $T^0$  и концентрации  $K^0$  при расчетной  $T_B^0$  поддерживаются с помощью вентиляторов регулированием воздушных потоков  $L$  до расчетной величины  $L^0$ . Так как  $T, K$  и  $L$  взаимосвязаны, то управление воздушным потоком можно осуществлять путем регулирования наиболее легко контролируемой величины - температуры воздуха  $T$ .

Разработан алгоритм решения данной задачи. На базе алгоритма выполнена программа, которая войдет в пакет специального программного обеспечения для АСУ ТП птицефабрики.

#### Список литературы

1. Селянский В. М. Микроклимат в птичниках. - М.: Колос, 1975.
2. Грабауров В. А. Оптимальное управление биотехнической системой в промышленном птичнике. Приборы и системы управления. 1988 №2.
3. Грабауров В. А. Идентификация класса и структуры статической математической модели биологического объекта биотехнической системы в промышленном птичнике. - М., 1984. Деп. во ВНИИТЭСИХ, № 469-84.
4. Дектярев Ю. И. Методы оптимизации. - М.: Советское радио, 1980.
5. Мирусидзе Д. Н., Зайцев А. М., Степанова Н. А. Установки для создания микроклимата на животноводческих фермах. - М.: Колос, 1979.

УДК 621.43

Мизер М.В.  
аспирант  
(ЕАТУ)ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЕЙ  
УНИВЕРСАЛЬНО-ПРОПАШНЫХ ТРАКТОРОВ ПУТЁМ  
ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ

Колёсные универсально-пропашные тракторы продолжительное время работают на частичных скоростных и нагрузочных режимах и их действительная производительность и экономичность будет в значительной степени зависеть от выбора рационального режима работы энергетического агрегата. Исследованиями установлено, что максимальная экономичность дизеля Д-240 соответствует нагрузке 64...67% от максимальной при работе его на внешней регуляторной характеристике. Аналогичная зависимость показателей экономичности от нагрузки получена при работе дизеля на частичных регуляторных характеристиках.

Универсально-пропашные тракторы выполняют самые различные сельскохозяйственные операции. Так, например, из анализа результатов различных машинно-испытательных станций за 1952-1957 годы видно, что около 42% от общего объёма работ, выполняемых тракторами класса 14 кН за год, приходится на работы с загрузкой двигателя 35...55%. Это, главным образом, транспортные работы, работы по обработке посевов ядохимикатами, междурядная обработка картофеля, сахарной свеклы и некоторые другие малозатратные работы. Около 29% из общего (годового) объёма занимают работы с загрузкой двигателя 56...75%. Сюда входят: посев сахарной свеклы, кукурузы, посев зерновых, прикатывание посевов, междурядная культивация, уборка кукурузы, сахарной свеклы и др. Работы с загрузкой двигателя 76...95% занимают около 29%. К ним относятся пахота, предпосевная культивация, лущение стерни и др. Кроме того, в связи с цикличностью работ, зависящей от размеров поля и характера выполняемых работ, двигатели этих тракторов испытывают резкие изменения режимов работы. Следовательно, в условиях рядовой эксплуатации колёсных универсально-пропашных тракторов их двигатели работают на различных скоростных и нагрузочных режимах, изменяющихся в широком диапазоне.

Исходя из проведенного выше анализа можно сделать вывод, что примерно половину годового объема работ универсально-пропашных тракторов приходится на неэкономичные режимы работы двигателя. Сюда можно отнести режимы соответствующие загрузке двигателя от 0 до 50% от  $N_{ен}$ . Работа на данном режиме характеризуется высоким коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$  и повышенным расходом топлива. На данном режиме  $\alpha$  для двигателя Д-240 соответствует 4...7 единиц.

Применяющийся газотурбинный наддув на дизеле Д-245, с рядом преимуществ по сравнению с безнаддувным вариантом (Д-240), накладывает ряд ограничений на его характеристики, связанные с особенностями совместной работы поршневого двигателя с турбокомпрессором. Несогласованность гидравлической характеристики двигателя с расходными характеристиками турбины и компрессора, а также снижение КПД  $\eta$ , последнего на режимах отличающихся от расчётных, приводят к тому, что работа на них сопровождается повышенным удельным расходом топлива, увеличением изнашивания основных деталей двигателя и невозможностью получения желаемых значений крутящего момента. Эти недостатки проявляются всё сильнее по мере увеличения агрегатной мощности, степени наддува, расширения диапазона рабочих режимов и в особенности на неустановившихся режимах работы двигателя, характерных для условий эксплуатации универсально-пропашных тракторов.

Одним из главных факторов, обуславливающих нарушение нормальной организации рабочего процесса (наполнение, смешение, сгорание) дизеля с турбокомпрессором на неустановившихся режимах (разгон, наброс нагрузки) является рассогласование характеристики топливо- и воздухоподачи вследствие отставания в подаче воздуха из-за инерционности турбокомпрессора при практически мгновенном увеличении подачи топлива. Вследствие обогащения смеси во время переходного процесса уменьшается коэффициент избытка воздуха до значений  $\alpha = 1,1 \dots 1,2$ , а в некоторых случаях может понижаться до значений близких к  $\alpha = 1$ .

Снижение  $\alpha$  во время переходного процесса и regime максимальной мощности приводит к резкому увеличению износа

ного давления рабочего цикла  $P_2$  и жёсткости работы  $\frac{dP}{dP}$ , дымности и токсичности отработавших газов, что значительно ухудшает экономические и экологические показатели работы двигателя.

Эти недостатки присущи и безнаддувным модификациям при работе двигателя на неустановившихся режимах, на корректорной ветви внешней скоростной характеристики. Недостатки безнаддувных модификаций присущи двигателям с турбокомпрессором, при работе с нагрузкой двигателя до 50% от  $N_{ен}$ .

Из вышесказанного можно сделать вывод, что двигатель Д-240 и его модификация с турбокомпрессором Д-245 имеет ряд недостатков при работе в реальных условиях эксплуатации, в большом диапазоне изменяющихся скоростных и нагрузочных режимов. В связи с этим одной из главных задач повышения эксплуатационно-технических показателей дизелей, как с турбокомпрессором так и без него, нам видится в оптимизации коэффициента избытка воздуха на всех режимах работы двигателя.

В учебно-научно-исследовательской лаборатории "Автотракторные энергетические установки" в настоящее время проводятся работы по созданию средств для обеспечения оптимального состава смеси на всех режимах работы дизеля. Для решения данной задачи мы предлагаем перепуск отработавших газов, на режиме работы двигателя, когда нужно снизить  $\lambda$  ( $N_e = 0 \dots 0,5 N_{ен}$ ) и подачу сжатого воздуха во впускной трубопровод двигателя от пневмокомпрессора на режиме работы  $N_e \approx N_{ен}$ , а также на переходных режимах работы двигателя, для того чтобы повысить  $\lambda$ .

Все эти меры помогут снизить удельный расход топлива на данных режимах, понизить жёсткость работы, дымность, токсичность отработавших газов на переходных режимах максимальной мощности, за счёт более благоприятных условий для протекания рабочего процесса, обеспечивающих полное сгорание топлива.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
ВОЖДЕНИЯ ПРОШАШНОГО ТРАКТОРА

Вождение представляет собой наиболее тяжелый процесс управления сельскохозяйственным агрегатом, обуславливающий основную часть психофизической нагрузки оператора. При ручном вождении колесного трактора на 6-м часу работы интенсивность управляющих воздействий опытного механизатора на рулевой механизм возрастает в 4,6 раза, на 9-м часу работы - в 8,6 раза, среднеквадратическая ошибка вождения увеличивается на 43%. Из-за этого рабочие скорости ряда агрегатов при ручном управлении не превышают 6 км/ч, в то время как по своим техническим параметрам эти машины могут работать при скоростях до 10 км/ч и более. В результате снижаются производительность и качество выполнения операций, увеличиваются потери урожая, ухудшаются условия труда механизатора.

В связи с этим возникает необходимость разработки и внедрения систем автоматического вождения (САВ) машинно-тракторных агрегатов. В БАТУ создана электрогидравлическая САВ трактора с гидрообъемным рулевым управлением при возделывании и уборке картофеля.

САВ содержит два щупа с копирующими катками, шарнирно установленных на раме, которая в свою очередь крепится к остоу трактора. Один из щупов жестко связан с рычагом, на конце которого установлен постоянный магнит, другой - с рычагом, на конце которого закреплен сектор с бесконтактными выключателями. Электрогидравлическая схема САВ содержит насосную установку трактора, электрогидрораспределитель, аккумуляторную батарею, гидроцилиндр обратной связи, гидроцилиндр управляемых колес с рулевым механизмом, гидроцилиндр подъема САВ в транспортное положение, маслострубопровод, рукава высокого давления и электрокабель.

Изменение направления движения объекта управления  $10'$  (см. рис.) происходит в соответствии с сигналом  $X' = X_1 + X_2$  чувствительного элемента I, возникающим вследствие отклонения щупов системы от траектории ориентации.  $Y_k = Y_6 - Y_0$ . Отклонение является управляющим и образуется в элементе сравнения II, где сопоставляется отклонение борозды  $Y_6$  в прямой цепи системы с отклонением объекта  $Y_0$  в цепи главной обратной связи.

Выходная величина чувствительного элемента  $X'$  сравнивается с сигналом  $X_2$  местной отрицательной обратной связи и в виде вход-

ного сигнала  $\Delta X$  передается на преобразователь 3. В результате замыкания контактов преобразователя напряжение  $U$  поступает на катушку электромагнита 4, в обмотке которой появляется ток. Под действием силы тяги  $F_{эм}$ , возникающей в результате поступления управляющего сигнала  $I$  якорь электромагнита 5 движется вдоль продольной оси, смещая золотник гидрораспределителя 6 из нейтрального положения на величину  $X_3$ . С последнего входной сигнал в виде подачи рабочей жидкости  $U$  поступает в гидроцилиндр обратной связи (ГЦОС) 7, шток которого перемещает кронштейн с магнитом на величину  $X_6$ . Вытекая из другой полости ГЦОС, рабочая жидкость перемещает поршень гидроцилиндра управляемых колес (ГЦУК) 8 на величину  $X_4$ , который через рулевой механизм 9 поворачивает управляемые колеса на угол  $\alpha_k$ . В результате объект вождения 10 займет положение близкое к траектории ориентации. Необходимо отметить, что в зависимости от направления поворота рабочая жидкость будет поступать вначале либо в ГЦОС, а затем в ГЦУК, либо в ГЦУК, а затем в ГЦОС.

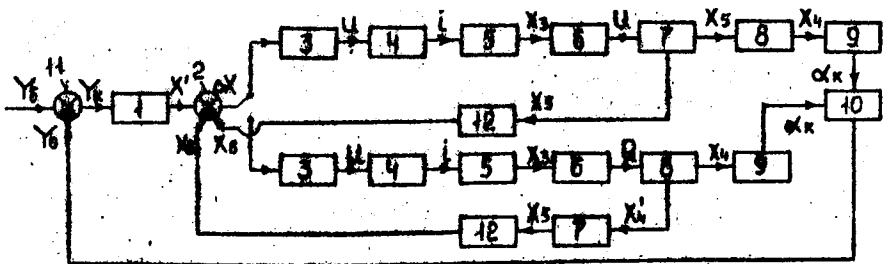


Рис. Функциональная схема САВ:

1-чувствительный элемент; 2, II-суммирующие элементы; 3-преобразователь; 4 - обмотка электромагнита; 5-якорь электромагнита; 6-гидрораспределитель; 7-гидроцилиндр обратной связи; 8-гидроцилиндр управляемых колес; 9-рулевой механизм; 10-объект управления; 12-звено обратной связи.

Процесс автоматического регулирования направления движения можно описать с помощью уравнений отдельных элементарных звеньев системы.

Чувствительный элемент является линейным звеном, передаточная функция которого имеет вид  $W_{чз} = K_{чз}$ , где  $k_{чз} = 2L^{-1} e^{-t_{зв}}$

– коэффициент усиления чувствительного элемента;  $L$  – длина подвески щупа;  $\rho$  – радиус сектора на котором расположен преобразователь;  $\beta$  – угол наклона боковой поверхности грядки к горизонту.

Суммирующий элемент 2 без учета люфтов и сжимаемости масла в ЦОС можно представить в виде  $\Delta X = X' - X_6$ , где  $X_6 = K_{06} \cdot X_5$  – перемещение сектора от обратной связи;  $K_{06} = \rho \cdot \rho_1^{-1}$  – коэффициент усиления обратной связи;  $X_5$  – перемещение штока ЦОС;  $\rho_1$  – радиус установки штока ЦОС на рычаге.

Преобразователь, состоящий из герметичного контакта и электромагнитного реле, представляет собой релейное звено с зоной нечувствительности  $\Delta_1$  и выходной величиной  $U$ .

Уравнение преобразователя можно представить в виде

$$U = \begin{cases} 0 & \text{при } \Delta X = 0 \\ U & \text{при } \Delta X \geq \Delta_1 \\ -U & \text{при } \Delta X \leq -\Delta_1 \end{cases},$$

где  $U$  – напряжение на клеммах электромагнита.

Электромагнит для удобства решения задачи разделим на две части: электрическую и механическую.

Передаточная функция электрической части имеет вид

$$W_{эч} = \frac{K_{эч}}{T_1 p + 1},$$

где:  $T_1 = L/R$  – постоянная времени электрической части преобразователя;  $L$  – индуктивность обмотки электромагнита;  $R$  – сопротивление обмотки электромагнита;  $p$  – оператор Лапласа;  $K_{эч} = 1/R$  – коэффициент усиления электрической части преобразователя.

Передаточная функция механической части электромагнита

$$W_{мч} = \frac{K_{мч}}{T_2^2 p^2 + T_3 p + 1},$$

где  $T_2^2 = m/C_3$  – постоянная времени, характеризующая инерционность подвижных частей преобразователя;  $m$  – масса подвижных частей преобразователя (сердечника электромагнита и золотника гидрораспределителя);  $C_3$  – коэффициент жесткости пружины;  $T_3 = C_2/C_3$  – постоянная времени, характеризующая демпфирующие свойства преобразователя;  $C_2$  – коэффициент трения;  $K_{мч} = C_1/C_3$  – коэффициент усиления механической части преобразователя;  $C_1$  – коэффициент линейной деформации.

Гидрораспределитель с зоной нечувствительности  $\Delta_2$  является нелинейным звеном. Из-за нелинейности обусловлен наличием люфта и кинеструкции золотника. Однако угол наклона щупа к

характеристики близок к  $90^\circ$ . В связи с этим, для упрощения задачи исследования с достаточной точностью для нас будем считать распределитель релейным звеном.

Уравнение гидрораспределителя представим в виде

$$Q = \begin{cases} 0 & \text{при } |X_3| \leq \Delta_2 \\ Q & \text{при } X_3 > \Delta_2 \\ -Q & \text{при } X_3 < -\Delta_2 \end{cases},$$

где  $Q$  - максимальный расход масла через распределитель;  $\Delta_2$  - зона нечувствительности распределителя.

ГЦОС и ГЦУК, входной величиной для которых является поток рабочей жидкости  $Q$ , а выходной - перемещение штоков  $X_5$  и  $X_4$  соответственно без учета сжимаемости жидкости и податливости их стенок представляют собой интегрирующие звенья, передаточные функции которых

$$W_{ГЦОС} = \frac{K_{ГЦОС}}{p}; \quad W_{ГЦУК} = \frac{K_{ГЦУК}}{p},$$

где соответственно  $K_{ГЦОС}$  и  $K_{ГЦУК} = F_n / (F_n^2 + \mu(2f_1 + f_2))$  - коэффициенты усиления гидроцилиндров;  $F_n$  - площади поршней гидроцилиндров;  $\mu$  - коэффициент расхода жидкости на утечки;  $f_1$  - коэффициент вязкого трения между поршнем и корпусом гидроцилиндра;  $f_2$  - коэффициент сопротивления повороту колес.

ГЦУК и ГЦОС, входной величиной для которых является перемещение штоков предыдущих гидроцилиндров  $X_5$  и  $X_4$ , а выходной - перемещение штоков  $X_4$  и  $X_5$  соответственно, без учета сжимаемости жидкости и податливости их стенок представляют собой линейные звенья, передаточные функции которых имеют вид,  $W_{ГЦУК} = K'_{ГЦУК}$ ,  $W_{ГЦОС} = K'_{ГЦОС}$ , где  $K'_{ГЦУК} = F_{ок} / F_{ук}$ ;  $K'_{ГЦОС} = F_{ук} / F_{ок}$  - коэффициенты усиления гидроцилиндров;  $F_{ок}$ ,  $F_{ук}$  - площади поршней ГЦОС и ГЦУК соответственно.

Рулевой механизм является линейным звеном с передаточной функцией  $W_{рм} = K_{рм}$ , где  $K_{рм} = l_n^{-1}$  - коэффициент усиления рулевого механизма;  $l_n$  - длина поворотного рычага.

Уравнение объекта вождения рассматриваем без учета бокового увода колес, так как скорость трактора на гоне не превышает 1,5 м/с.

Тогда передаточная функция объекта  $W_k = (k_k(T_k p + 1)) / p^2$ , где  $k_k = V^2 / B$  - коэффициент усиления объекта вождения;  $V$  - скорость движения трактора;  $B$  - база трактора;  $T_k = b_k / V$  - постоянная времени;  $b_k$  - расстояние от оси задних колес до точки копирования шупа.

Имея математическую модель СЛЗ, необходимо оптимизировать ее параметры на ЭЦМ при условии нахождения управляемых колес трактора в зоне агротехнического допуска  $\pm 5$  см.