ISSN 1728-7936

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЕСТНИК

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

- **АГРОИНЖЕНЕРИЯ**
- **ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Научный журнал

Под редакцией Т.Б. Лещинской, О.А. Леонова, С.П. Казанцева, Ю.А. Конкина, В.Т. Водянникова

Выпуск 2(58)

Москва 2013

УДК 378.4(066):63+631.3.004.5+(631.171:621.31)+631.145
ББК 74.58+40.7+65.32
В387

Учредитель
ФГБОУ ВПО МГАУ

Журнал рекомендован экспертным советом ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Вестник

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

Выпуск № 2(58)/2013

ISSN 1728-7936

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Электротехнологии, электрификация и автоматизация сельского хозяйства

Техника и технологии агропромышленного комплекса

Технический сервис в агропромышленном комплексе

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Вопросы теории и практики использования ресурсов

Эффективность использования ресурсов

Рецензенты:

Балабанов В.И.
доктор технических наук, профессор

Воронин Е.А.
доктор технических наук, профессор

Девянин С.Н.
доктор технических наук, профессор

Зимин Н.Е.
доктор экономических наук, профессор

Лысенко Е.Г., член-корреспондент Россельхозакадемии, доктор экономических наук, профессор

Морозов Н.М., академик Россельхозакадемии, доктор экономических наук, профессор

Новиков В.С.
доктор технических наук, профессор

Рудобашта С.П.
доктор технических наук, профессор

Худякова Е.В.
доктор экономических наук, профессор

Цой Л.М. (ВНИИМЖ)
доктор экономических наук, профессор

Шмонин В.А.
доктор технических наук, профессор

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-36588 от 18.06.2009

Главный научный редактор
Сысоев А.М., ректор, доктор экономических наук

Зам. главного научного редактора
Левшин А.Г., доктор технических наук, профессор
Ерохин М.Н., академик Россельхозакадемии, доктор технических наук, профессор

Научные редакторы выпуска
Лещинская Т.Б., доктор технических наук, профессор
Казанцев С.П., доктор технических наук, профессор
Леонов О.А., доктор технических наук, профессор
Конкин Ю.А., академик Россельхозакадемии, доктор экономических наук, профессор
Водянников В.Т., доктор экономических наук, профессор

Редакционная коллегия
Ананьин А.Д., кандидат технических наук, профессор
Загинайлов В.И., доктор технических наук, профессор
Ильюхин М.С., доктор технических наук, профессор
Казанцев С.П., доктор технических наук, профессор
Карпенков В.Ф., доктор технических наук, профессор
Коваленко В.П., доктор технических наук, профессор
Кушнарёв Л.И., доктор технических наук, профессор
Леонов О.А., доктор технических наук, профессор
Лещинская Т.Б., доктор технических наук, профессор
Нефёдов Б.А., доктор технических наук, профессор
Пучин Е.А., доктор технических наук, профессор
Самсонова Т.Б., директор издательского центра
Семейкин В.А., доктор экономических наук, профессор
Скороходов А.Н., доктор технических наук, профессор
Судник Ю.А., доктор технических наук, профессор
Тулупникова В.А., кандидат экономических наук, профессор
Фёдорова Л.В., доктор технических наук, профессор

УДК 378.4(066):63+631.3.004.5+(631.171:621.31)+631.145
ББК 74.58+40.7+65.32

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе электронной, без предварительного письменного разрешения не допускается.

© ФГБОУ ВПО МГАУ, 2013

Содержание

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Электротехнологии, электрификация и автоматизация сельского хозяйства

Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е.
Применение метода Монте-Карло при определении надежности электрооборудования 7

Алтухов И.В., Очиров В.Д., Быкова С.М., Поздеева Н.И.
Постоянная времени нагрева корнеплодов моркови 10

Дюльдин М.В., Панфилов А.А., Столяров Н.В.
Методы измерения ветрового потока
при проектировании ветроэлектрических станций. 12

Кондратьева Н.П., Баранов С.А., Воробьёв Р.Н., Перевозчиков Е.А.
Возможности применения светодиодного освещения в птицеводстве 15

Муравлева Е.А., Рудобашта С.П.
Эффективность использования солнечного излучения для горячего водоснабжения
фермерского дома 16

Техника и технологии агропромышленного комплекса

Чурин Ю.Г.
Исследование процесса разделения по крупности сыпучих материалов
на двухъярусных сепараторах вибрационного типа. 19

Лекомцев П.Л.
Математическое моделирование процесса осаждения электроаэрозоля на растениях. 22

Апатенко А.С.
Современные тенденции развития технического потенциала мелиорации земель. 23

Заяц Е.М., Кривовязенко Д.И., Чорный А.Д.
К определению параметров устройств электрообработки органических
дисперсных гидросистем 25

Рембалович Г.К., Безносюк Р.В., Успенский И.А.
Результаты испытаний картофелеуборочного комбайна с лопастным отбойным валиком
сепарирующей горки. 28

Абдулмажидов Х.А.
Обоснование геометрических параметров ковшей каналоочистителя 30

Адакин Р.Д., Несиоловский О.Г.
Опыт разработки и испытаний теплогенераторов малой мощности 33

Технический сервис в агропромышленном комплексе

Леонов О.А., Бондарева Г.Н., Шкаруба Н.Ж.
Оценка качества измерительных процессов в ремонтном производстве. 36

Тойгамбаев С.К., Голиницкий П.В.
Размерный анализ подшипников скольжения при обжатии 38

Кокорева О.Г.
Исследование напряженного состояния поверхностного слоя тяжелонагруженных деталей
при упрочнении статико-импульсной обработкой 40

Ефимцев А.В., Пастухов А.Г.
Прибор и методика измерения радиального зазора в карданных шарнирах зарубежных тракторов. 43

Коченов В.А.
Определение причин преждевременных отказов двигателей внутреннего сгорания 47

Зейнетдинов Р.А.
Информационный подход к обоснованию оптимальных значений допусков на диагностируемые параметры топливной системы дизелей. 49

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Вопросы теории и практики использования ресурсов

Чутчева Ю.В., Полевой Д.И.
Обоснование размещения распределительных центров овощеводческой продукции с использованием логистических подходов на примере Московской области. 54

Качанова Л.С., Вуколов М.В.
Экономико-математическое моделирование применения системы удобрений в организациях АПК 56

Селезнёва Н.И.
Теоретические исследования в области оценки технико-экономического уровня технологического оборудования. 61

Эффективность использования ресурсов

Худякова Е.В., Блакитная Н.А.
Имитационное моделирование систем массового обслуживания в среде AnyLogic как метод совершенствования бизнес-процессов на предприятии АПК 65

Гатаулин А.М., Карпузова Н.В.
Система балльной оценки уровня зрелости информационной инфраструктуры 68

Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж.
Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства. 71

Романюк М.А., Личко К.П., Насекина Е.Ю.
Особенности стратегического анализа развития рынка молочной продукции 74

Качанова Л.С., Бондаренко А.М.
Технико-экономическое обоснование систем переработки твердого навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения и их использование в растениеводстве. 80

Рефераты статей 85

Contents

AGROENGINEERING

Power technology, power supply and automation of agricultural

N.N. Syrykh, N.E. Kabdin
Application of Monte Carlo method in determining the reliability of electrical equipment 7

I.V. Altukhov, V.D. Ochirov, S.M. Bykova, N.I. Pozdeeva
Time constant of carrot root heat 10

M.V. Dyuldin, A.A. Panfilov, N.V. Stolyarov
Practical methods of wind measurements for wind power plant development 12

N.P. Kondratyeva, S.A. Baranov, R.N. Vorobev, R.N. Vorobev, E.A. Perevozchikov
The possibility of using LED lighting in poultry 15

E.A. Muravleva, S.P. Rudobashta
Efficiency of the use of solar radiation for hot water farmhouse 16

Equipment and technologies of agroindustrial complex

Yu.G. Churin
Investigation of the process of separation by size of bulk materials in the bunk type vibratory separators. 19

P.L. Lekomtsev
Mathematic modeling of elektroaerozol deposition process on plants 22

A.S. Apatenko
Analysis of the processes and reduce the intensity of exploitation causes technological machines 23

E.M. Zayatc, D.I. Krivovyazenko, A.D. Chorny
To the determination of device parameters electroprocessing of organicdisperse hydrosystems 25

G.K. Rembalovich, R.V. Beznosyuk, I.A. Uspenskiy
Test results with potato harvester blade pneumatic roller coaster separating 28

Kh.A. Abdulmazhidov
Justification geometrical parameters buckets of cleaner channel 30

R.D. Adakin, O.G. Nesiolovskiy
Teplogeneratory low power. Experience in the development and testing 33

Technical service in agricultural complex

O.A. Leonov, G.N. Bondareva, N.Zh. Shkaruba
Assessment of the quality measurement processes in repair production 36

S.K. Toigambaev, P.V. Golinitskiy
The dimensional analysis of bearings of sliding at swaging 38

O.G. Kokoreva
Investigation of the stress state of the surface layer of heavy-duty parts in static-pulsed hardening treatment 40

A.V. Yefimtsev, A.G. Pastukhov
Apparatus and method for measuring the radial clearance in foreign tractor cardan joints 43

V.A. Kochenov
Identifying the causes premature failure internal combustion engines 47

R.A. Zeynetdinov
The information approach to a substantiation of optimum values of admissions on the diagnosed parameters of fuel system of diesel engines 49

ECONOMY AND THE PRODUCTION ORGANIZATION IN AGRO INDUSTRIAL COMPLEX

Problems of thetheory and practice of use of resources

Yu.V. Chutcheva, D.I. Polevoy
Justification organize distribution centers using vegetable-growing production logistics approaches the example of Moscow Region. 54

L.S. Kachanova, M.V. Vukolov
Economic-mathematical modeling of fertilizer application in organizations AIC. 56

N.I. Selezneva
Theoretical researches in the field of the assessment of technical and economic level of processing equipment 61

Efficiency of use of resources

Ye.V. Khudyakova, N.A. Blakitnaya
Simulation modeling of queuing systems in AnyLogic environment as a method of improving business processes in the enterprise agribusiness 65

A.M. Gataulin, N.V. Karpuzova
Scoring system for evaluation of information infrastructure maturity level 68

O.A. Leonov, N.Zh. Shkaruba
Study costs and losses in the control crankshaft journals under repair production. 71

M.A. Romanyuk, K.P. Lichko, E.Yu. Nasekina
Features of strategic analysis of milk market development 74

L.S. Kachanova, A.M. Bondarenko
Feasibility study of solid manure handling systems of livestock enterprises in high-quality organic fertilizers and their use in plant. 80

Brief reports 85

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.371:621.31:519.248–192

Н.Н. Сырых, *доктор техн. наук*
Н.Е. Кабдин, *канд. техн. наук*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В статье авторов [1] сформулированы две основные взаимно связанные задачи, возникающие при статистических исследованиях случайных величин выборочными методами:

1. «Количественная» сторона решения задачи — установление необходимого объема выборки.

2. «Качественная» сторона формирования выборки — из каких единиц случайных величин необходимо формировать выборку, чтобы ее можно рассматривать в качестве представительного образца рассматриваемой генеральной совокупности [2]. Здесь имеется в виду выполнение требований центральной предельной теоремы теории вероятностей [3–6] об условиях замены законов распределения случайных величин нормальным (Гауссовским) законом. Выполнение этого требования достигается использованием случайных чисел и метода статистического моделирования, или, как его часто называют, методом Монте-Карло [2, 3].

Этот метод относится к численным методам решения вероятностно-статистических задач, позволяющий получать реализацию различных испытаний и опытов, не производя в действительности самих испытаний и опытов. Идея метода состоит в «розыгрыше» случайного явления с помощью специальной процедуры, дающей случайный результат. В результате статистического моделирования («розыгрыша») каждый раз получают новую, отличную от других, искусственную реализацию случайного процесса. Множество полученных таким путем реализаций в дальнейшем обрабатывается как статистический материал и из него получают нужные вероятностные характеристики: вероятности, математические ожидания, дисперсии случайных величин и т. д. [2, 4].

В основе «розыгрыша» случайного явления при методе Монте-Карло является получение случайного числа (условно назовем его R), все значения которого лежат в пределах некоторого определенного интервала, причем в пределах этого интервала все значения случайного числа R одинаково вероятны (точнее обладают одной и той же вероятностью). Наиболее подходящей математической моделью получения таких чисел является закон равномерной плотности, при котором случайная величина x на участке от a до b имеет плотность $f(x)$ постоянной C, а вне этого отрезка она равна нулю [6]:

$$f(x) = \begin{cases} C \text{ при } a < x < b, \\ 0 \text{ при } x < a \text{ и } x > b. \end{cases} \quad (1)$$

Так как площадь, ограниченная кривой распределения плотности $f(x)$, равна единице, то $C = \frac{1}{b-a}$.

Функция распределения $F(x)$ закона равномерной плотности выражается площадью кривой распределения, лежащей левее точки x, следовательно,

$$F(x) = \begin{cases} 0 \text{ при } x < a, \\ \dfrac{x-a}{b-a} \text{ при } a < x < b, \\ 1 \text{ при } x > b. \end{cases} \quad (2)$$

Математическое ожидание и дисперсия равны:

$$M[x] = \frac{a+b}{2};\ D[x] = \frac{b-a}{12}. \quad (3)$$

Для практической реализации метода Монте-Карло требуется большое количество случайных чисел, которые получены с использованием закона равномерной плотности и представлены в виде таблиц случайных чисел большой размерности (до нескольких сот и более). Так, таблица равномерно распределенных случайных чисел, приведенная в ГОСТ 11.003–73 содержит более 1000 чисел.

Наиболее практичная таблица равномерно распределенных случайных чисел имеется в [5]. Ниже приводится краткая выдержка из этой таблицы и примеры пользования.

Полная таблица содержит случайные числа, равномерно распределенные в интервале от 0 до 10000. Для того чтобы получить отсюда случайные числа x_i, равномерно распределенные в интервале от 0 до 1, нужно все числа таблицы разделить на 10000. Если нужны случайные числа U_i, равномерно распределенные в интервале от a до b, то их можно получить при помощи линейного преобразования:

$$U_i = a + x_i(b-a). \quad (4)$$

Пример 1. Найти 5 случайных величин, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1.

Решение. Берем из таблицы первые 5 чисел (можно любые) и делим каждое из них на 10 000. В результате получим: 0,1009; 0,7325; 0,3376; 0,5201; 0,3586.

Пример 2. Найти 3 случайных числа, равномерно распределенных в интервале от 20 до 120.

Решение. Используя первые три числа из таблицы и уравнение (4), в котором полагаем $a = 20$, $b = 120$, получаем

$$20 + 0{,}1009(120 - 20) = 30{,}09;\ 20 + 0{,}7325(120 - 20) = 93{,}25;\ 20 + 0{,}3376(120 - 20) = 57{,}76.$$

Как следует из табл. 1, цифры могут рассматриваться как четыре знака после запятой случайного числа R от 0 до 1. Заметим, что порядок выбора чисел из таблицы произволен: можно, например, так, как они записаны, можно через одну, можно снизу вверх или сверху вниз и т. д., т. е. любым способом, лишь бы выбор числа никак не был связан с его значением. При этом принятая однажды процедура выбора должна сохраняться при неоднократном обращении к таблице.

Используя таблицы случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1, можно получить случайные числа, распределенные по любому закону, используя соотношение из работы [5]:

$$x_i = \int_{-\infty}^{y_i} f(y)dy, \quad (5)$$

где x_i — случайны числа, равномерно распределенные в интервале от 0 до 1; $f(y)$ — плотность распределения (плотность вероятности) случайной величины y; y_i — случайные числа, распределенные по закону $f(x)$.

Если случайная величина y определена только на положительной полуоси, то в интеграле (4) нижний предел заменится нулем. Тогда уравнение примет вид

$$x_i = F(y_i), \quad (6)$$

где $F(y_i)$ — функция распределения случайной величины y.

Из уравнения (6) следует, что случайное число y_i является квантилью распределения y, отвечающей вероятности x_i.. Поэтому, взяв значение x_i из таблицы случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1, можно найти соответствующее значение y_i из таблицы квантилей распределения y.

Заметим, что из таблицы случайных чисел Z_i, отвечающих распределению с математическим ожиданием Z_o и дисперсией σ_x^2, можно получить случайные числа U_i с другими математическими ожиданиями и другими дисперсиями при помощи линейного преобразования:

$$U_i = CZ_i + d. \quad (7)$$

Из уравнения (7) находим, что

$$M[U_i] = CM[Z_i] + d = CZ_o + d,$$

$$D[U_i] = \sigma^2(U_i) = C^2\sigma^2(Z_i) = C^2\sigma_z^2. \quad (8)$$

В настоящей статье помещены таблицы случайных чисел для трех наиболее распространенных зако-

Таблица 1

Фрагмент равномерно-распределенных случайных чисел

1009	7325	3376	5201	3586	3467	3548	7680	9590
3754	2048	564	8947	4296	2480	5240	3720	6361
842	2689	5319	6450	9303	2320	9025	6015	9543
9901	9025	2909	3767	715	3831	1311	6588	6767
1280	7999	7080	1573	6147	6403	2366	5398	9511
6606	5747	1734	727	6850	3669	7361	7065	8183

Таблица 2

Случайные числа нормального распределения

464	137	2455	–323	–68	296	–288	1298	241
60	–2526	–531	–194	543	–1558	187	–1190	–22
1486	–354	–634	697	926	1375	785	–963	–853
1022	–472	1279	3521	571	–1851	194	1192	–501
1394	–555	46	321	2945	1974	–258	412	439

нов распределения — нормальном, Вейбулла–Гнеденко и экспоненциальном с использованием квантилей соответствующих распределений, имеющихся в работе [5] (табл. 2, 3, 4).

В таблице помещены в сокращенном виде случайные числа Z_i для нормального распределения с параметрами $M[Z_i] = 0$ и $\sigma_z = 1000$. Если нужны случайные числа с параметрами $M[U] = U_0$ и $\sigma(U) = \sigma_U$, то их можно получить при помощи линейного преобразования:

$$U_i = U_0 + \frac{Z_i}{1000}\sigma_U. \qquad (9)$$

Пример 3. Найти три случайных числа для нормального распределения с параметрами $U_0 = 0$, $\sigma_U = 1$.

Ответ: используя первые три числа из табл. 2 и уравнение (9), получаем:

$$0 + \frac{464}{1000}\cdot 1 = 0{,}464;\ 0 + \frac{137}{1000}\cdot 1 = 0{,}137;$$

$$0 + \frac{2455}{1000}\cdot 1 = 2{,}455.$$

Пример 4. Найти три случайных числа для нормального распределения с параметрами $U_0 = 1000$, $\sigma_U = 200$.

Ответ: используя первые три числа из табл. 2 и уравнение (9), получаем:

$$1000 + \frac{464}{1000}\cdot 200 = 1093;\ 1000 + \frac{137}{1000}\cdot 200 = 1027;$$

$$1000 + \frac{2455}{1000}\cdot 200 = 1491.$$

Пример 5. Наработка невосстанавливаемого изделия до отказа имеет нормальное распределение с параметрами $U_0 = 1000$ ч, $\sigma_U = 200$ ч. Испытания производятся до отказа всех изделий. Найти одну реализацию результата этих испытаний.

Ответ: используя первые пять чисел из табл. 2 и уравнение (9), получаем:

$$1000 + \frac{464}{1000}\cdot 200 = 1093;$$

$$1000 + \frac{137}{1000}\cdot 200 = 1027;$$

$$1000 + \frac{2455}{1000}\cdot 200 = 1491;$$

$$1000 - \frac{323}{1000}\cdot 200 = 935;$$

$$1000 - \frac{68}{1000}\cdot 200 = 987.$$

Расположив эти числа в порядке возрастания их величины, получим одну реализацию: 935, 987, 1027, 1093, 1491.

Для получения случайных чисел, отвечающих экспоненциальному распределению можно воспользоваться выражением (5), не используя квантили, так как интеграл (5) выражается через элементарные функции (берется) $\lambda\int_0^{y_i} e^{-\lambda y_i}dy = x_i$. После соответствующих преобразований получим

$$y_i = -\frac{1}{\lambda}\ln x_i. \qquad (10)$$

Подставляя в правую часть уравнения (10) последовательно случайные числа x_i, получим последовательность чисел с экспоненциальным законом распределения.

Краткая выписка из таблицы случайных чисел [5], экспоненциально распределенных с математическим ожиданием $M[Z_i] = 1000$, представлена таблицей [3]. Если нужны случайные числа U_i, отвечающие экспоненциальному распределению с математическим ожиданием U_0, то их можно получить при помощи линейного преобразования:

$$U_i = \frac{Z_i}{1000}U_0. \qquad (11)$$

Пример 6. Найти три случайных числа, отвечающих экспоненциальному распределению с математическим ожиданием $U_0 = 500$.

Ответ: используя первые три числа из табл. 3 и уравнение (11), получаем:

$$\frac{550}{1000}\cdot 500 = 275;\ \frac{426}{1000}\cdot 500 = 213;\ \frac{711}{1000}\cdot 500 = 356.$$

Пример 7. После окончания периода приработки изделия наработка на отказ составляет 500 ч. Найти моменты появления пяти отказов в одной реализации.

Таблица 3

Случайные числа экспоненциального распределения

550	426	711	497	1705	1679	1023	474	424	103
334	68	1705	860	487	54	3433	314	389	1272
305	2856	1651	1358	293	597	307	522	368	616
355	5714	3705	69	216	161	414	18	513	1482
1774	125	585	456	703	1252	1144	903	98	1457

Таблица 4

Случайные числа распределения Вейбулла–Гнеденко

b = 1,5 $M[Z]$ = 1000									
1624	1371	429	292	196	645	995	1869	995	2730
1124	178	2003	1393	638	894	1833	1690	921	929
1284	884	595	1719	212	514	1742	1193	133	1452
634	420	742	696	1447	1383	551	214	364	762
b=2,0 $M[Z]$ = 1000									
1452	969	1124	1559	1061	1998	1037	507	310	1101
359	871	1332	1284	909	1226	454	242	841	565
957	596	969	194	1204	1142	1655	1393	537	1460
688	1203	1128	882	331	350	1540	355	676	341
b = 2,5 $M[Z]$ = 1000									
1579	651	1172	942	1150	1153	1148	392	316	1064
225	1724	462	1059	1288	946	1063	820	1623	1254
946	804	394	1328	454	861	328	179	454	1240
1121	1657	1138	1521	804	775	1510	619	0,744	1465

Ответ: используя первые пять чисел из табл. 3 и уравнение (11), получаем:

$$\frac{550}{1000}\cdot 500 = 275; \frac{426}{1000}\cdot 500 = 213; \frac{711}{1000}\cdot 500 = 356;$$
$$\frac{497}{1000}\cdot 500 = 248; \frac{1705}{1000}\cdot 500 = 852,$$

т. е. следующий ряд случайных чисел 275, 213, 356, 248, 852. Путем последовательного сложения находим моменты появления отказов, ч:

$$275;\ 275 + 213 = 488;\ 488 + 356 = 843;$$
$$843 + 248 = 1091;\ 1091 + 852 = 1943;$$

т. е. 275, 488, 843, 1091 и 1943 ч.

С использованием таблиц равномерно распределенных случайных чисел и квантилей распределения Вейбулла–Гнеденко по изложенной выше методике получены случайные числа Z_i, отвечающие распределению Вейбулла–Гнеденко с параметрами $b = 1{,}5$, $b = 2{,}0$ и $b = 2{,}5$ при математическом ожидании $M[Z_i] = 1000$. Кратная таблица приведена в табл. 4, полная — в [5]. Если нужны случайные числа U_i, отвечающие распределению Вейбулла–Гнеденко с математическим ожиданием U_0, то их можно получить при помощи линейного распределения:

$$U_i = \frac{Z_i}{M[Z]}U_0. \qquad (12)$$

Пример 8. Найти три случайных числа, отвечающих распределению Вейбулла–Гнеденко с параметрами $b = 2$, $U_0 = 800$ ч.

Ответ: используя первые три числа из табл. 4 и уравнение (12), получаем:

$$\frac{1452}{1000}\cdot 500 = 726; \frac{969}{1000}\cdot 500 = 484;$$
$$\frac{1124}{1000}\cdot 500 = 562.$$

Использование равномерно распределенных случайных чисел и чисел, отвечающих рассмотренным распределениям, позволяет решать многие практические задачи с уточненными законами распределения случайных функций (процессов), используя полученные их реализации.

Список литературы

1. Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е. Теоретические основы эксплуатации электрооборудования. — М.: Агробизнесцентр, 2007. — 514 с.

2. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. — М.: Физматгиз, 1961. — 480 с.

3. Вентцель Е.С. Исследование операций. — М.: Знание, 1976. — 66 с.

4. Бусленко Н.П. Метод статистического моделирования. — М.: Статистика, 1970. — 112 с.

5. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности. — М.: Советское радио, 1968. — 286 с.

6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Высшая школа, 2001. — 576 с.

УДК 621.3.011.6:621.365.46:635.132

И.В. Алтухов, *канд. техн. наук*
В.Д. Очиров
С.М. Быкова
Н.И. Поздеева
Иркутская государственная сельскохозяйственная академия

ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ

Из продуктов растительного происхождения морковь — одна из ценных овощных культур, широко распространенных в России. Этот овощ особенно богат витаминами и минеральными веществами, в которых содержится много каротина. Как витаминизированный продукт особенно цен-

на морковь зимой. Но в связи с тем, что употребление в пищу растительных продуктов носит сезонный характер, возникает проблема их хранения. В процессе хранения количество активно действующих веществ, содержащихся в моркови, снижается. Это в значительной мере связано с тем, что многие полезные вещества либо разлагаются, либо их энергия идет на поддержание окислительных процессов дыхания. Потери активно действующих веществ достигают 30...50 % от закладываемой на хранение моркови [1].

Для обеспечения круглогодичного снабжения населения морковью одним из перспективных способов ее консервирования является сушка. Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что применение ИК-облучения в технологии сушки растительного сырья позволяет значительно повысить качество готовой продукции.

Анализ взаимодействия «излучатель–материал» в случае применения инфракрасного нагрева в технологиях термообработки культивируемых растений представлен необходимостью иметь требования скорости нагрева материала. Предельно допустимую скорость нагрева для конкретного технологического процесса можно определить путем деления предельно допустимой температуры на постоянную времени нагрева единичного материала [2].

Постоянная времени нагрева является характеристикой обрабатываемого растения. Она не зависит от подводимой мощности и численно равна отношению теплоемкости к теплоотдаче:

$$T = C/Q_{\text{р}}, \qquad (1)$$

где C — теплоемкость растения, Дж/К; $Q_{\text{р}}$ — теплоотдача растения, Дж/К·с.

Физический смысл постоянной времени нагрева раскрывается следующим определением. Постоянная времени нагрева определяется как такое время, в течение которого превышение температуры растения достигло бы установившегося значения, если бы не было отдачи теплоты в окружающую среду (адиабатический процесс). Практически при наличии теплоотдачи за время, равное постоянной времени нагрева, превышение температуры растения достигает значения равного 0,632 от установившегося [3].

Уравнение (1) можно переписать в следующем виде:

$$T = \frac{C}{Q_{\text{р}}} = \frac{cM}{\alpha F},$$

где c — удельная теплоемкость растения, Дж/кг·К; M — масса продукта, кг; α — коэффициент теплообмена растения, Дж/м^2·К·с; F — площадь внешней поверхности растения, м^2.

Массу растений можно представить так:

$$M = \rho V,$$

где ρ — плотность растения, кг/м^3; V — объем растения, м^3.

Тогда выражение для постоянной времени нагрева можно представить в виде

$$T = \frac{c\rho}{\alpha}\frac{V}{F}.$$

Обозначим отношение $V/F = \sigma$, тогда выражение для постоянной времени нагрева запишем так:

$$T = \frac{c\rho}{\alpha}\sigma. \qquad (2)$$

По своей сути σ представляет собой обобщенный показатель геометрической характеристики растений (кубика моркови).

Однако, как следует из формулы (2), для определения постоянной времени нагрева растений, кроме обобщенного показателя σ, необходимо иметь данные по его удельной теплоемкости, плотности и коэффициенту теплообмена. Все эти три физических параметра зависят в основном от влагосодержания в растении. С увеличением влагосодержания в растениях увеличивается удельная теплоемкость, плотность и коэффициент теплообмена. Степень этих зависимостей можно найти в справочной и учебной литературе по теплофизическим свойствам растений. Используя вышеизложенную методику, авторы с помощью вычислительной техники произвели расчет постоянной времени нагрева корнеплодов моркови.

Таким образом, зная постоянную времени нагрева можно определить допустимую скорость нагрева, а значит определить то время, за которое температура нагрева достигнет максимального значения, когда необходимо отключить излучатель, тем самым, определив рациональный режим ИК-энергоподвода, который позволит сократить расход электрической энергии и повысить качество готовой продукции в процессах их тепловой обработки.

Список литературы

1. Мамонтов М.В. Разработка и исследование сушки тонко измельченной моркови при комплексной ее переработке: дис. ... канд. техн. наук. — Воронеж, 2009. — 184 с.

2. Алтухов И.В., Очиров В.Д. Теплофизические характеристики как основа расчета постоянной времени нагрева сахаросодержащих корнеплодов в процессах тепловой обработки // Вестник КрасГАУ. — 2010. — Вып. 4. — С. 134–139.

3. Худоногов А.М. Технология обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высококонцентрированным инфракрасным нагревом: дис. ... д-ра техн. наук. — Новосибирск, 1989. — 428 с.

УДК 551.55, 551.508.5, 551.508.8

М.В. Дюльдин
А.А. Панфилов, *канд. техн. наук*
Н.В. Столяров
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕТРОВОГО ПОТОКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Развитие народного хозяйства в целом и агропромышленного комплекса в частности неразрывно связано с увеличением энергопотребления. Темпы развития централизованного энергоснабжения порой не отвечают повышенному спросу на электроэнергию и мощность. Этот сдерживающий фактор вынуждает отдельные сельскохозяйственные предприятия создавать собственное энергонезависимое производство. Как показывает мировой опыт, одним из решений данной проблемы является использование ветроэлектрических станций (ВЭС), которые могут не только удовлетворить собственные нужды энергопотребления, но и получать прибыль от продажи электроэнергии.

Все используемые способы прогнозирования энергетической, а впоследствии и экономической эффективности ВЭС, основаны на использовании теоретических или эмпирических моделей распределения ветрового потока в приземном слое предполагаемого размещения ветроэлектрической установки (ВЭУ) и ее характеристик. В математическом плане расчеты сводятся к определению функции распределения скоростей ветра на высоте расположения оси ветроколеса ВЭУ с заданной рабочей характеристикой.

В случаях отсутствия метеостанций вблизи предполагаемого размещения ВЭС расчет ВЭР, определяющих предполагаемую выработку электроэнергии проектируемой ВЭС, существенно усложняется и может быть реализован проведением натурных измерений непосредственно в месте расположения ВЭС длительностью 1–2 года. Способ, несомненно, имеет более высокую точность, особенно если учесть, что на некоторых метеостанциях до сих пор не осуществлен переход от флюгерных измерений с помощью доски Вильда к автоматическим измерениям с помощью анеморумбометров [1]. Установлено, что усредненные скорости по флюгеру Вильда за 2-минутный интервал существенно отличаются от 10-минутных скоростей, осредненных автоматическими анемометрами типа М63. Недостатками данного способа является отсутствие учета годовой изменчивости ветра и более высокая стоимость. Как правило, при проектировании ВЭС для повышения точности измерений указанные методики используют совместно. Это позволяет установить соответствие данных ветромониторинга и региональных климатических норм.

При проведении ветромониторинга измерения производятся одновременно на разных высотах, поскольку существующие одноуровневые модели экстраполяции флюгерных измерений могут значительно отличаться в зависимости от местных ветровых условий. Так, например, при определении среднегодовой скорости ветра на высоте 100 м над поверхностью земли общепринятая в мировой практике датская логарифмическая экстраполяция дает погрешность до 50 %, а двухуровневая модель В.Г. Николаева «Флюгер-XXI» дает погрешность до 15 % [2].

Мачты, как правило, оборудуются автоматизированными метеорологическими комплексами, в состав которых, кроме датчиков скорости и направления ветра, входят датчики температуры, относительной влажности, атмосферного давления и осадков. Информация с датчиков регистрируется, архивируется и передается пользователю с помощью специального оборудования и программного обеспечения. Количество датчиков ветра зависит от высоты мачты.

Датчики скорости и направления ветра могут быть раздельными (рис. 1а), объединенными (рис. 1б–д) или модульными с единым портативным модулем, в который помимо датчиков ветра входят датчики температуры, влажности, давления, осадков, а также измерительный преобразователь. При проведении мачтовых измерений, как правило, используются чашечные и ультразвуковые датчики ветра.

Принцип работы чашечных анемометров основан на использовании зависимостей между скоростью воздушного потока и частотой вращения вертушки. Преимуществом чашечных анемометров является простота конструкции, низкая стоимость и широкое использование в мировой практике. К недостаткам можно отнести погрешности измерений за счет инерционности конструкции и трудоемкости обслуживания необогреваемых моделей при их обледенении.

Более точными и надежными являются ультразвуковые датчики за счет отсутствия подвижных частей. В зависимости от модели датчики снабжаются

а *б* *в* *г* *д*

Рис. 1. **Датчики скорости и направления ветра:**
а — чашечный анемометр; *б* — анеморумбометр с чашечным анемометром; *в* — анеморумбометр типа М63 с крыльчатым анемометром; *г* — ультразвуковой датчик ветра; *д* — ультразвуковой 3D датчик ветра

тремя или четырьмя равноудаленными друг от друга ультразвуковыми измерительными преобразователями (рис. 1в). Скорость и направление ветра определяются по времени, за которое ультразвук проходит от одного преобразователя до других. Время прохождения сигнала зависит от скорости ветра: при нулевой скорости ветра время прямого и обратного хода сигнала одно и то же, при ветре вдоль траектории звука время прохождения сигнала против ветра больше, а по ветру меньше. Многократное измерение времени прохождения сигнала, обеспечивает точность измерений до 0,01 м/с. Современные ультразвуковые датчики позволяют определять три компоненты скорости ветра (рис. 1г). Единственным недостатком данного типа измерительного оборудования по сравнению с чашечными анемометрами является его более высокая стоимость.

Максимальная высота ветроизмерительных метеомачт варьируется от 50 до 100 м, что позволяет полностью удовлетворить потребности малой ветроэнергетики (мощность ВЭУ до 100 кВт). При проектировании ВЭУ мегаваттного класса с высотой башни более 80 м проведение мачтовых измерений полностью не перекрывает всю ометаемую площадь ротора, а в некоторых случаях не позволяет оценить скорость ветра даже на высоте оси ротора. Поэтому часто полученные данные скорости ветра с метеомачты должны быть пересчитаны при помощи метода экстраполяции на большую высоту, где будет находиться ось ветроколеса (рис. 2).

В связи с этим внимание привлекают метод дистанционного акустического зондирования ветрового потока (Sodar — Sonic Detection and Ranging) и метод дистанционного оптического зондирования (Lidar — Light Detection and Ranging), которые предлагают альтернативный подход к измерениям скоростей ветра. В основе принципа работы Sodar (аналогично работает Lidar, только вместо звукового сигнала используется лазерный луч) лежит эффект Доплера, который описывает изменение частоты звуковой волны от движущегося источника, регистрируемое неподвижным приемником. Sodar посылает в атмосферу высокочастотные звуковые сигналы (около 4,5 кГц) последовательно в трех направлениях: один луч в вертикальном направлении и два ортогональных луча, наклоненных примерно 17° от вертикали. Акустические волны отражаются от подвижных турбулентных воздушных масс в атмосфере, и часть посланного сигнала возвращается в Sodar с некоторой измененной частотой. После этого Sodar измеряет отраженный сигнал и рассчитывается доплеровское изменение частоты для ряда высот (до 200 м) с интервалом в 10 м по каждому направлению луча. После чего скорости ветра по каждому направлению луча усредняются в 10-минутный интервал и рассчитывается средняя векторная скорость ветра и направление ветра.

Следует отметить, что точность измерения скорости ветра при помощи технологии Sodar немного отличается от точности измерений чашечных анемометров. Sodar измеряет ортогональные компоненты скорости ветра и затем осредняет их для определения векторной скорости ветра. Чашечные или крыльчатые анемометры измеряют скалярную скорость ветра. Скалярная скорость обычно на 1...2 % больше векторной [3].

Для проведения ветромониторинга в удаленных и не имеющих централизованного электроснабжения местах могут использоваться автономные передвижные установки Sodar и/или Lidar. В 2011 году ФГБОУ ВПО СПбГПУ закуплена установка Sodar WindExplorer в рамках реализации программы национального исследовательского университета (НИУ). Установка состоит из двуосного прицепа в прочном фанерном корпусе, в который встроены антенный модуль и рефлектор, электронный блок с компьютером, панелью управления и жестким диском, датчики скорости ветра, температуры, влажности, дождя и снега. В условиях холодного климата предусмотрено наличие подо-

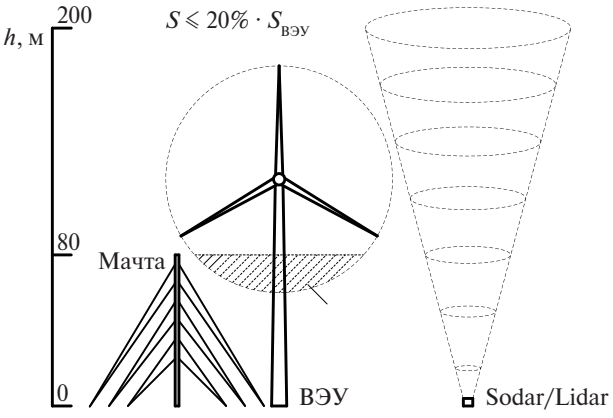
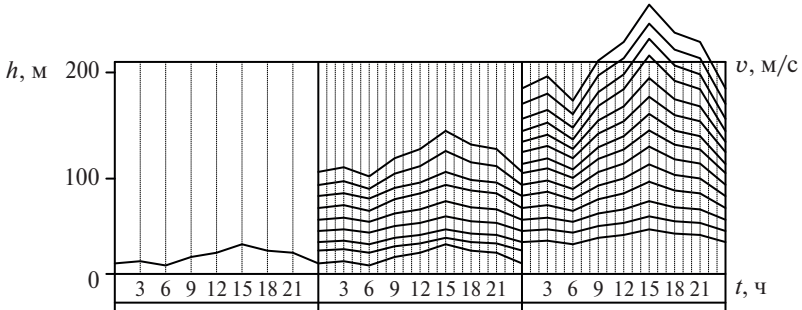


Рис. 2. **Высотное сравнение метеомачты высотой 80 м, установок типа Sodar/Lidar и габаритов ВЭУ мегаваттного класса**



	Мачта ГМС	Мачта высотой 80 м	Sodar/Lidar
Регулярность изм.	3 ч	любая	любая
Высота изм.	10–12 м	от 10 до 100 м	от 30 до 200 м
Интервал осредн.	10 мин	любой	любой
Мобильность	нет	от 1 до 10 дней	1 ч

Рис. 3. **Сравнительная характеристика проведения измерений на ГМС с помощью метеомачт и установок типа Sodar/Lidar**

гревающего элемента на корпусе рефлектора в целях предотвращения накопления снега и удаления льда. Для более длительного и постоянного использования установки Sodar оснащаются небольшим бензиновым генератором, солнечными фотоэлектрическими модулями и иногда ветрогенератором малой мощности, которые автоматически подзаряжают встроенные аккумуляторные батареи, когда это необходимо.

Коммерческие установки Sodar и Lidar используются на практике ветромониторинга с целью уменьшения неточности в измерениях скорости ветра ниже высоты оси ветроколеса, присущей традиционному методу ветромониторинга при помощи метеомачт (рис. 3). Данные установки можно использовать как самостоятельно, так и совместно с метеомачтой.

Системы Sodar и Lidar позволяют проводить ветромониторинг с целью более точного и достоверного прогнозирования среднегодовой выработки электроэнергии и обеспечения прогноза выработки с вероятностью до 90 % и как следствие снижения инвестиционных рисков строительства ВЭС, что является ключевой информацией для банков и инвесторов при принятии решения по финансированию проектов [4].

Несмотря на схожий принцип работы, системы Sodar и Lidar имеют ряд принципиальных отличий. Так, установки Sodar характеризуются относительно низким энергопотреблением, более низкой стоимостью, чем Lidar. К недостаткам Sodar относят помехи в виде эхо, которые образуются в случае отражения звукового сигнала от близко расположенных препятствий (деревьев или строений), шумовые помехи от внешних источников (транспортные магистрали, строительная площадка и т. п.), снижение точности измерений в периоды атмосферных осадков, невозможность расположения установки Sodar в непосредственной близости с метеомачтой. По причине использования не звуковой, а световой волны установки Lidar не имеют недостатков в виде помех из-за эха и позволяют получать достоверные данные в периоды осадков. Эти установки производятся в компактных и легких исполнениях (вес около 45 кг) и могут быть установлены двумя рабочими менее чем за 20 мин [5]. К недостаткам установок Lidar можно отнести их высокую стоимость, более высокое энергопотребление, чем у Sodar, и наличие хрупких компонентных частей, что требует обеспечения дополнительной безопасности при транспортировке.

Таким образом, сравнивая результаты измерений ветрового потока различными способами, можно сделать вывод, что установки Sodar и Lidar позволяют дополнять, а в некоторых случаях заменять ветромониторинг при помощи анемометров, получать более точные и достоверные данные по ветру одновременно на нескольких заданных высотах, снижать затраты на проведение ветромониторинга, снижать технические риски, связанные с реализацией проектов строительства ВЭС.

Список литературы

1. Климатические факторы возобновляемых источников энергии / Под ред. В.В. Елистратова, Н.В. Кобышевой, Г.И. Сидоренко. — СПб.: Наука, 2010. — 236 с.

2. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения; под ред. В.Г. Николаева. — М.: Атмограф, 2008. — 584 с.

3. Long Island, MA: SODAR-Based Wind Resource Assessment. — University of Massachusetts Amherst,RERL, 2006 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.umass.edu/windenergy/publications/resource/Long_Island/Report/Long_Island_Wind_Resource_Assessment_Report.pdf, свободный.

4. Naomi Pierce: What Is Sodar? A Snapshot of Wind Development Applications // SECONDWIND: WindIQ Knowledge Center [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://info.secondwind.com/knowledge-center/bid/59589/What-Is-Sodar-A-Snapshot-of-Wind-Development-Applications, свободный.

5. Technical specs WINDCUBEv2 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.leosphere.com/products2.php?rubrique=36&cat=wl&item=1wc7ts, свободный.

УДК 631.227:628.9

Н.П. Кондратьева, *доктор. техн. наук*
Ижевская государственная сельскохозяйственная академия
С.А. Баранов
ООО «Удмуртская птицефабрика», г. Глазов, Удмуртская Республика
Р.Н. Воробьёв
Е.А. Перевозчиков
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Важную роль при выращивании бройлеров в птичнике играет освещенность, которая позволяет влиять на физиологические процессы развития птицы, создать благоприятные условия содержания и добиться существенного роста продуктивного стада. При этом необходимо обратить внимание на применяемую систему освещения, которая оказывает влияние на сохранность молодняка, снижение затрат кормов и улучшение их усваиваемости, а также позволяет снизить затраты на электроэнергию. Нормированная освещенность птичников составляет не менее 25 лк, для того чтобы птица могла без труда найти корм и воду. Через несколько дней она привыкает к системе поения и кормления и может ориентироваться при меньшей освещенности, поэтому интенсивность светового потока можно плавно снизить вплоть до минимальных 5 лк [1, 2].

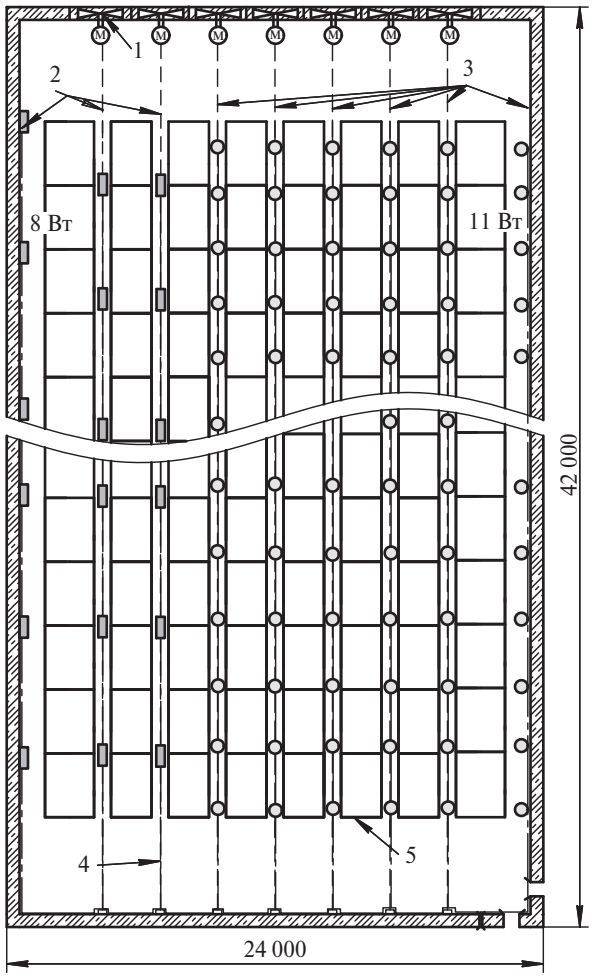
При выборе источника освещения необходимо учитывать ряд показателей, в частности, пульсацию светового потока. Она отличается у ламп разного производства и зависит от длительности ее эксплуатации, а анализ специальной литературы показывает, что лампы с частотой пульсации более 26 000 Гц не оказывают отрицательного влияния на птицу, так как находятся за пределами восприятия птичьего глаза.

Современные светодиодные лампы представляют собой энергосберегающие светотехнические изделия повышенной яркости. Они имеют ряд преимуществ — низкое энергопотребление не более 10 % от потребляемой мощности лампами накаливания; высокий срок службы не менее 100 тыс. часов; высокая ударная и вибрационная устойчивость; частота пульсации более 26 000 Гц [3].

На ОАО «Удмуртская птицефабрика» были проведены сравнительные испытания систем освещения Gasolec и светодиодного освещения. С целью выявления достоинств и недостатков предлагаемой светодиодной системы освещения перед существующей системой Gasolec.

Птица выращивается в пятизальных корпусах. Размеры исследуемого зала: длина 42 м, ширина 24 м, высота 4 м.

Для сравнения в птичнике было установлено 9 рядов светильников, из которых 7 рядов с лампами Gasolec мощностью 11 Вт каждая, расположенных в ряду через каждые 3 м. Также было установлено 3 ряда светодиодных светильников мощностью 8 Вт каждый, расположенных по 8 шт. в ряду на расстоянии друг от друга 5 м.



Расположение систем освещения в птичнике:
1 — вентиляторы; 2 – светодиодное освещение (1–3 батареи); 3 – система освещения Gasolec; 4 – проводка и крепеж светильников осуществляется на троссу; 5 – батареи для содержания бройлеров

Динамика роста бройлеров

Дни	Gasolec, 5 рядов	Светодиоды, 2 ряда	Норма
14	388	370	420
21	728	760	750
28	1150	1222	1200
35	1690	1728	1660
40	1872	1923	2100

На представленном рисунке показан птичник (вид сверху), на котором наглядно изображено расположение систем освещения.

В ходе сравнительных испытаний были выявлены следующие преимущества светодиодного освещения по сравнению с существующей системой освещения Gasolec.

К первому преимуществу относится экономия электроэнергии, так как за исследуемый период светильники на базе лам Gasolec потребили 28,3 кВт, а светодиодные светильники — 9,7 кВт. Таким образом, при сравнении двух систем освещения наблюдается значительное снижение затрат на электроэнергию (в 3 раза).

Ко второму преимуществу относится более быстрое наращивание живой массы, так как светодиодное освещение оказало положительное влияние на динамику роста бройлеров (таблица).

Из таблицы видно, что при светодиодном освещении птица быстрее набирала живую массу, чем при системе Gasolec. Следовательно, светодиодные источники целесообразно использовать для освещения цыплят бройлеров.

Выводы

Использование светодиодного освещения позволяет снизить затраты на электроэнергию в 3 раза.

При использовании светодиодного освещения наблюдается более быстрое накопление живой массы у цыплят.

В ходе исследований светодиодного освещения полученные результаты говорят о целесообразности дальнейшего исследования светодиодов при выращивании птицы.

Список литературы

1. Смирнов Б.В., Смирнов С.Б. Птицеводство от А до Я. — М.: Феникс, 2007. — 256 с.

2. Classen H.L., Riddell C, Robinson F.E. Effects of increasing photoperiod length on performance and health of broiler chickens // Br. Poult. 1991. Sci. 32:21–29.

3. Кочиш И.И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б. Птицеводство. — М.: КолосС, 2004. — 408 с.

УДК 620:9

Е.А. Муравлёва
С.П. Рудобашта, *доктор техн. наук*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.И. Горячкина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО ДОМА

Солнечная энергетика является самым быстро развивающимся направлением в области возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на территории Европы [1]. В России она применяется в относительно небольших масштабах, хотя наблюдается быстрый рост объемов ее применения. Существуют два возможных варианта использования солнечной радиации: улавливание солнечной энергии и преобразование ее с помощью фотоэлементов в электрическую энергию; преобразование ее в теплоту с помощью солнечных коллекторов [2].

Энергетический потенциал Солнца на территории России оценивается в 12,5 млн т условного топлива в год [2]. Плотность потока солнечной энергии, достигающей поверхности Земли, зависит от времени года и широты местности, а суммарное количество солнечной энергии, поступившее на определенную площадь Земли, зависит от продолжительности солнечного излучения. Потенциал солнечной энергии наиболее велик на юго-западе страны, в Южной Сибири и на Дальнем Востоке. Именно в этих районах рекомендуется использование солнечных коллекторов [3].

Для исследования эффективности преобразования энергии солнечного излучения для ГВС фермерского дома было выбрано 11 регионов России, расположенных в районе городов Псков, Санкт-Петербург, Астрахань, Сочи, Красноярск, Чита, Якутск, Салехард, Петропавловск-Камчатский, Владивосток, Екатеринбург. Суммарная годовая интенсивность солнечного излучения $q_{год}$ в выбранных регионах представлена в табл. 1. Наименьшее годовое солнечное излучение $q_{год}$ имеет место в районе Санкт-Петербурга и составляет 846,7 кВт·ч/м^2. Регионы в районе Астрахани, Сочи

Таблица 1

Величина солнечного излучения на единицу горизонтальной поверхности в выбранных регионах

Город	q_{max}, кВт·ч/м^2 (июнь)	q_{min}, кВт·ч/м^2 (декабрь)	$q_{год}$, кВт·ч/м^2
Санкт-Петербург	161,8	2,2	846,7
Салехард	168,3	0,0	903,3
Псков	165,2	5,6	918,4
Красноярск	173,6	9,5	989,0
Якутск	182,3	4,8	1043,3
Екатеринбург	172,2	12,9	1053,1
Петропавловск-Камчатский	157,1	23,5	1079,4
Чита	180,0	24,6	1221,6
Владивосток	130,2	58,2	1299,8
Сочи	200,5	35,0	1375,9
Астрахань	211,7	26,9	1382,4

и Владивостока обладают максимальным годовым солнечным излучением.

Из таблицы видно, что наблюдаются большие сезонные колебания в приходе солнечной энергии. Так, на широте 60° (в Санкт-Петербурге) суточный приход солнечной радиации в декабре составляет $q_{min} = 2{,}2$ кВт·ч/м^2, а в июле — $q_{max} = 161{,}8$ кВт·ч/м^2.

Из-за климатических особенностей солнечные коллекторы нельзя использовать в качестве круглогодичного источника горячего водоснабжения в районах с полярными ночами, в период которых солнечная радиация составляет 0 кВт·ч/м^2. Салехард является одним из таких городов.

Площадь солнечного коллектора A, необходимая для покрытия нужд в горячем водоснабжении для семьи из 5 чел. была рассчитана по формуле (1):

$$A = \frac{G}{\sum_{i=1}^{n} g_i}, \qquad (1)$$

где $G = 500$ кг — суточный расход горячей воды на семью из пяти человек в системе горячего водоснабжения, кг, определенный согласно СНиП 2.04.01–85; g_i — часовая производительность установки, отнесенная к 1 м^2 поверхности солнечного коллектора, кг/м^2; n — количество часов светового дня.

Результаты расчета площади солнечных коллекторов приведены на рис. 1. Результаты расчетов показывают, что, для того чтобы покрыть дневную норму в ГВС семьи из 5 чел. вблизи городов Владивостока и Сочи, необходимо установить СК площадью 0,6 и 0,9 м^2 соответственно. Максимальная площадь солнечной установки (17 м^2) потребуется для ГВС в районе Санкт-Петербурга.

Существует ряд отечественных производителей СК (ОАО «Ковровский механический завод» — СК КМЗ, НПО «Машиностроения» — СК «Сокол», ОАО «Альтэн» — СК «Альтэн-1»), но большинство продукции СК на рынке солнечных установок представлено зарубежными фирмами из Германии, Италии, Австрии и США.

По проведенным авторами подсчетам средняя стоимость отечественных плоских СК составляет 8500 р./м^2, что сегодня существенно ниже зарубежных при практически одинаковом качестве. Средняя стоимость квадратного метра плоского СК у зарубежных производителей составляет в среднем около 12 435 р./м^2, а вакуумированного — 18 856 р./м^2.

Срок окупаемости СК зависит от стоимости оборудования и цен на тепловую энергию в регионе. Стоимость 1 м^2 горячего водоснабжения в различных частях страны отличается в 6...7 раз, так, стоимость ГВС в рассматриваемых областях варьируется от 41,75 р. в Санкт-Петербурге до 269,67 р. в Петропавловске-Камчатском. Проведенные расчеты срока окупаемости показали, что в среднем он составляет 5,5 лет для плоского $CO_{пл}$ и 7 лет для вакуумированного $CO_{вак}$ коллектора (рис. 2). Максимальная величина $CO_{пл} = 34$ года и $CO_{вак} = 49$ лет наблюдается в Санкт-Петербурге, это связано с невысокой освещенностью местности и дешевой стоимостью горячего водоснабжения.

Срок службы солнечных коллекторов составляет 15...30 лет [3], это свидетельствует о том, что использование солнечных коллекторов во всех регионах России является эффективным, так как срок окупаемости установок меньше 15 лет. Красноярск находится на границе указанных величин, т.е оборудование окупится непосредственно перед выходом из эксплуатации.

По проведенным расчетам срок окупаемости установки в Санкт-Петербурге превышает срок ее эксплуатации, это делает более предпочтительным использование других источников тепловой энергии. Салехард находится в зоне полярного круга,

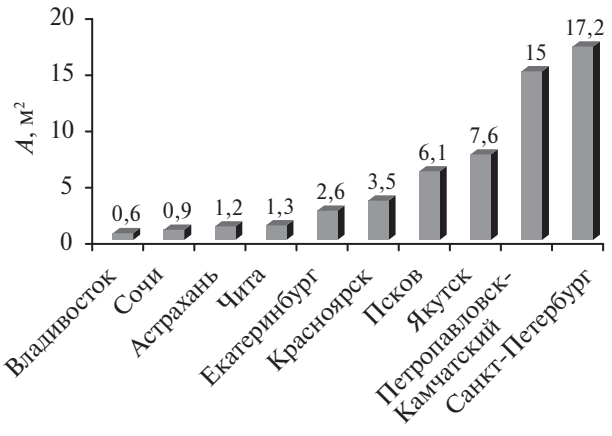


Рис. 1. **Площадь солнечных коллекторов, покрывающая потребность в горячем водоснабжении семьи из 5 чел. в декабре в различных регионах России**

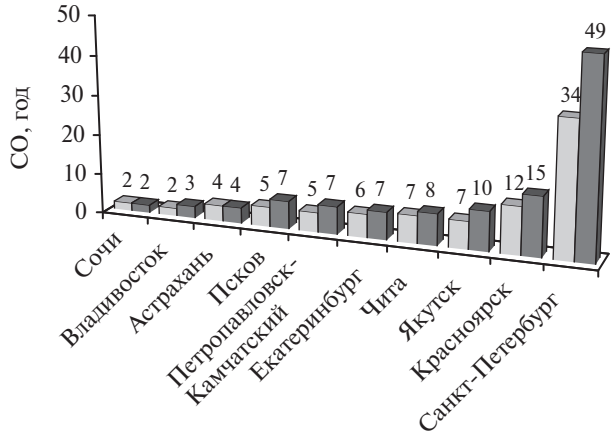


Рис. 2. **Срок окупаемости солнечных коллекторов в различных регионах России**

и интенсивность солнечного излучения в декабре равна нулю. Но использование установки в другие месяцы окупается за 13 лет при плоском коллекторе и за 18 лет при вакуумированном коллекторе. В период нулевой интенсивности солнечного излучения следует прибегать к использованию альтернативных источников горячего водоснабжения, таких как электрический котел или дизель-генератор.

В связи с этим подсчитаны денежные затраты на ГВС с помощью централизованного отопления ($ДЗ_{ГВС\ 15}$, р.), электрического котла ($ДЗ_{ЭК\ 15}$, р.), дизель-генератора ($ДЗ_{ДГ\ 15}$, р.) , плоского и вакуумированного солнечных коллекторов ($ДЗ_{СК.пл\ 15}$, р. и $ДЗ_{СК.ВАК\ 15}$, р.), результаты расчетов представлены в табл. 2.

Срок окупаемости большинства солнечных коллекторов составляет 5...7 лет, что делает возможным сэкономить значительную сумму денежных средств при их использовании в течение периода эксплуатации (15 лет). Так, использование солнечного коллектора в Петропавловске-Камчатском позволяет получить прибыль в размере от 408 386 р. при использовании плоского коллектора до 504 701 р. при использовании вакуумированного.

В городах с плохой солнечной освещенностью срок окупаемости может превышать срок эксплуатации, что делает использование солнечных коллекторов не только не прибыльными, но и даже убыточными. Так, в Санкт-Петербурге плоские установки не окупятся на 146 587 р., а вакуумированные — на 257 029 р. В городах с подобными условиями не следует отказываться от централизованного горячего водоснабжения или следует рассмотреть возможность ГВС с помощью электрического котла или дизель-генератора.

Из перечисленных вариантов ГВС с помощью электрического котла и дизель-генератора наиболее экономически выгодным является первый вариант ($ДЗ_{ЭК\ 15}$ = 84 595 р.). Если к дому не подведено централизованное электроснабжение, то использование электрического котла в данном случае не представляется возможным. В этом случае для ГВС можно использовать дизель-генератор. При сравнении СК и дизель-генератора в климатических условиях Санкт-Петербурга более выгодным является использование первого варианта, хотя он и не окупится за 15 лет, но затраты при этом будут меньше на 71 969 р. при использовании плоского СК и 182 411 р. при использовании вакуумированного СК, чем при применении дизель-генератора.

Использование энергии солнечного излучения для горячего водоснабжения фермерского дома является эффективным практически во всех рассмотренных регионах. Солнечные коллекторы окупаются за 5...7 лет и за оставшийся период эксплуатации позволяют получить прибыль от 55 128 р. до 504 701 р. в зависимости от региона страны.

Список литературы

1. REN21. 2012. Renewables 2012, Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf

2. Рудобашта С.П. Теплотехника. — М.: КолосС, 2010. — 600 с.

3. Попель О.С., Фрид С.Е. Солнечные водонагревательные установки в климатических условиях России // Энергия: экономика, техника, экология. — 2002. — № 12. — С. 26–35.

Таблица 2

Денежные затраты на ГВС индивидуального фермерского дома с помощью различных источников тепловой энергии за 15 лет эксплуатации

Город	Горячее водоснабжение	Электрический котел	Дизель-генератор	Солнечный коллектор	
	$ДЗ_{ГВС\ 15}$, р.	$ДЗ_{ЭК\ 15}$, р.	$ДЗ_{ДГ\ 15}$, р.	$ДЗ_{СК.пл\ 15}$, р.	$ДЗ_{СК.ВАК\ 15}$, р.
Псков	350 370	125 395	327 881	+227 523	+188 355
Санкт-Петербург	114 285	84 595	328 998	146 587	257 029
Астрахань	248 625	118 300	306 381	+186 702	+178 997
Сочи	546 975	125 710	310 011	+488 792	+483 013
Красноярск	114 285	172 705	329 463	+23 772	0
Чита	126 630	92 470	344 728	+63 475	+55 128
Якутск	297 870	136 645	385 494	+156 365	+107 566
Салехард	334 440	187 210	315 037	53 666	67 048
Петропавловск-Камчатский	738 225	164 275	393 592	+504 701	+408 386
Владивосток	338 220	92 545	364 925	+283 761	+279 909
Екатеринбург	210 735	200 770	325 740	+131 406	+114 711

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 621.013; 621.928; 622.74.

Ю.Г. Чурин, *канд. техн. наук*
Костромская государственная сельскохозяйственная академия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НА ДВУХЪЯРУСНЫХ СЕПАРАТОРАХ ВИБРАЦИОННОГО ТИПА

Сепараторы вибрационного типа находят широкое применение при переработке сельскохозяйственной продукции, в производстве строительных материалов, в угольной промышленности и т. п. Важнейшим показателем процесса сепарации является коэффициент эффективности (эффективность грохочения): отношение объема сортируемого материала, прошедшего через рабочий орган сепаратора (разделительную поверхность — сетку, решето и т. п.), к объему нижних классов в исходном материале, подлежащем сортировке.

Во многих производственных процессах широкое применение находят двухъярусные сепараторы, имеющие две разделительные поверхности; при этом готовым продуктом является сортируемая масса, сходящая с нижнего яруса, т. е. верхний продукт нижнего яруса, который по показателям эффективности и засоренности нижними классами должен соответствовать существующим нормативным документам (ГОСТам, техническим условиям и т. п.).

Автору исследования [1] удалось разработать методику определения эффективности на одноярусном сепараторе, исходя из конструктивных и технологических параметров сепаратора (в отличие от предшествующих работ в этом направлении, результатом которых были эмпирические зависимости, не дававшие возможности целенаправленно совершенствовать параметры существующих сепараторов).

Это исследование было использовано для создания методики расчета эффективности на нижнем ярусе двухъярусного сепаратора [2]. Недостатком этой методики является необходимость выполнения большого объема вычислений.

Целью настоящего исследования является устранение этого недостатка.

Как известно, процесс сортировки происходит благодаря последовательным контактам материала с разделительной поверхностью сепаратора.

Процесс сепарации как непрерывный процесс проникновения гранул нижних классов сортируемого материала через разделительные поверхности рассматривают аналогично указанному в работе [3].

Однако описание этого процесса разделения уравнением (1) [3] для двухъярусного сепаратора привело к значительным математическим трудностям и в то же время не позволило избежать отмеченного недостатка.

В связи с этим в качестве исходной была использована гипотеза: «Количество сортируемой

массы, проходящей через разделительную поверхность сепаратора в единицу времени пропорционально количеству нижних классов над разделительной поверхностью в данный момент времени», которая соответствует низкому содержанию нижних классов в сортируемом материале, что и имеет место на практике использования сепараторов вибрационного типа при грамотном планировании подготовительных операций.

В этом случае процесс сепарации будет описываться следующим уравнением:

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha(Q_{\text{Н}} - Q),$$

где Q — количество сортируемой массы, прошедшей за время t через разделительную поверхность; $Q_{\text{Н}}$ — количество сыпучей массы нижних классов в исходом материале; α — коэффициент пропорциональности.

Частное решение этого уравнения при начальном условии — $Q = 0$ при $t = 0$:

$$\frac{Q}{Q_{\text{Н}}} = 1 - \text{e}^{-\alpha t} \qquad (1)$$

определяет эффективность процесса сепарации в момент t.

За период времени t_1 между первым и вторым контактами сыпучей массы с разделительной поверхностью, т. е. в результате первого контакта, эффективность составит (см. формула (1) [3]):

$$E_1 = \frac{\sum^{(1)}}{\gamma_0}, \qquad (2)$$

где γ_0 — относительное содержание нижних классов в исходной сыпучей массе; $\sum^{(1)} = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k=k_1}\left(\sum_{i=1}^{i=m} p_1 \Delta\gamma_{\text{i}}^{(1)}\right)^{\text{k}}$, здесь k_1 — число условных слоев исходной сыпучей массы; pi — вероятность прохода единичной гранулы класса i через разделительную поверхность рабочего органа сепаратора; $\Delta\gamma_{\text{i}}^{(1)}$ — относительное содержание гранул класса i в исходной сыпучей массе; m — число нижних классов.

Очевидно, что можно принять

$$t_1 \cong \frac{T}{n_{\text{Т}}},$$

где T — время цикла сортировки (среднее время пребывания на разделительной поверхности некоторого, достаточно малого объема сортируемого материала); $n_{\text{Т}}$ — число контактов сыпучей массы с разделительной поверхностью за цикл сортировки.

Из уравнения (1) с учетом (2):

$$\alpha = 1n\left(1 - \frac{\sum^{(1)}}{\gamma_0}\right)^{\frac{1}{t_1}}, \qquad (3)$$

тогда эффективность в результате n контактов (т. е. за время цикла сортировки T) определится выражением

$$E = 1 - \left(1 - \frac{\sum^{(1)}}{\gamma_0}\right)^{n_{\text{Т}}}. \qquad (4)$$

Установлено, что результаты вычисления эффективности, проведенные по этой формуле, дают значение ниже, чем ее значения, полученные в результате экспериментов (относительная погрешность — до 7 %); тем не менее она может быть использована, в частности, для исследования процесса сепарации на двухъярусном сепараторе; при этом значения параметров сепаратора (например, длины рабочего органа), полученные в результате ее применения, будут обеспечивать значения эффективности не ниже заданных. Можно отметить, что для случая сортировки двухфракционной смеси без учета выхода нижних классов из слоев сыпучей массы выше первого:

$$\sum^{(1)} \cong \frac{p\gamma_0}{k_1},$$

тогда

$$E \cong 1 - \left(1 - \frac{p}{k_1}\right)^{n_{\text{Т}}}.$$

где p — вероятность прохода через разделительную поверхность гранулы нижнего класса.

Для использования упрощенной гипотезы при исследовании процесса сепарации на двухъярусном сепараторе приняты обозначения, использованные в работе [2]. Кроме этого обозначено: $\gamma_{\text{В}}$, $\gamma_{\text{С}}$, $\gamma_{\text{Н}}$ — относительные содержания в исходной сыпучей массе гранул верхнего, среднего и нижнего классов; Q_1 — количество сыпучей массы, поступившее на верхний ярус за некоторый, достаточно малый промежуток времени.

Количество массы, прошедшей за время t через разделительную поверхность верхнего яруса, в соответствии с уравнением (1) составит:

$$Q = Q_1(\gamma_{\text{С}} + \gamma_{\text{Н}})\left(1 - \text{e}^{-\alpha_{\text{В}} t}\right).$$

Выражение

$$\frac{Q}{Q(\gamma_C + \gamma_{\text{Н}})} = \left(1 - \text{e}^{-\alpha_{\text{В}} t}\right)$$

определяет эффективность сепарации на верхнем ярусе в момент t.

В результате первого взаимодействия (в момент t_1) эффективность на верхнем ярусе (2) такова:

$$E_{1\text{В}} = \frac{\sum_{\text{В}}^{(1)}}{\gamma_{\text{С}} + \gamma_{\text{Н}}},$$

где $\sum_{\text{В}}^{(1)} = \frac{1}{k_{1\text{В}}}\sum_{k=1}^{k=k_{1\text{В}}}\left(\sum_{i=1}^{i=m_{\text{В}}} p_{\text{iВ}} \Delta\gamma_{\text{iВ}}^{(1)}\right)^{\text{k}}$.

Из равенства $E_{1\text{В}} = 1 - e^{-\alpha_{\text{В}} t_1}$ определяется коэффициент $\alpha_{\text{В}}$:

$$\alpha_{\text{В}} = -\frac{1}{t_1}\ln\left(1 - \frac{\sum_{\text{В}}^{(1)}}{\gamma_{\text{С}} + \gamma_{\text{Н}}}\right). \qquad (5)$$

Продолжительность одного взаимодействия (промежуток времени между двумя последовательными контактами сортируемого материала с разделительной поверхностью)

$$t_1 = \nu/n_0,$$

где ν — коэффициент режима сепарации [3]; n_0 — частота колебаний (вибраций) рабочего органа сепаратора.

С учетом этого

$$\alpha_{\text{В}} = -\frac{n_0}{\nu}\ln\left(1 - \frac{\sum_{\text{В}}^{(1)}}{\gamma_{\text{С}} + \gamma_{\text{Н}}}\right).$$

Таким образом, за время цикла сортировки T эффективность сепарации на верхнем ярусе составит

$$E_{\text{В}} = 1 - \left(1 - \frac{\sum_{\text{В}}^{(1)}}{\gamma_{\text{С}} + \gamma_{\text{Н}}}\right)^{n_{\text{Т}}},$$

где $n_{\text{Т}} \cong T/t_1$ — число контактов (взаимодействий) сыпучей массы с рабочим органом сепаратора за цикл сортировки.

Процесс сепарации на нижнем ярусе описывается уравнением

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha_{\text{Н}}\left(Q_{\text{НН}} - Q\right), \qquad (6)$$

где $Q_{\text{НН}}$ — количество нижнего класса (по отношению к нижнему ярусу) в сыпучей массе, поступившей с верхнего яруса за время t; оно определяется выражением (1):

$$Q_{\text{НН}} = Q_{\text{I}}\gamma_{\text{Н}}\left(1 - \text{e}^{-\alpha_{\text{В}}t}\right).$$

Решение уравнения (6)

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha_{\text{Н}}\left[Q_{\text{I}}\gamma_{\text{Н}}\left(1 - \text{e}^{-\alpha_{\text{В}}t}\right) - Q\right]$$

при начальном условии: $t = 0$, $Q = 0$:

$$\frac{Q}{Q_{\text{I}}\gamma_{\text{Н}}} = 1 - \frac{\alpha_{\text{Н}}\text{e}^{-\alpha_{\text{В}}t} - \alpha_{\text{В}}\text{e}^{-\alpha_{\text{Н}}t}}{\alpha_{\text{Н}} - \alpha_{\text{В}}}.$$

Определяя.т эффективность сепарации $E_{\text{Н}}(t)$ на нижнем ярусе в момент t:

$$E_{\text{Н}}(t) = 1 - \frac{\alpha_{\text{Н}}\text{e}^{-\alpha_{\text{В}}t} - \alpha_{\text{В}}\text{e}^{-\alpha_{\text{Н}}t}}{\alpha_{\text{Н}} - \alpha_{\text{В}}}. \qquad (7)$$

Следует иметь в виду, что если $\alpha_{\text{В}} = \alpha_{\text{Н}} = \alpha$, эффективность

$$E_{\text{Н}}(t) = 1 - (1 + \alpha t)\text{e}^{-\alpha t}.$$

Для определения коэффициента $\alpha_{\text{Н}}$ примем во внимание, что в момент $t_1 = T/n_{\text{Т}}$ эффективность сортировки на нижнем ярусе (в предложении, что продолжительность цикла сортировки на верхнем и нижнем ярусе одинакова):

$$E_{1\text{Н}} = \frac{\sum_{\text{Н}}^{(1)}}{\gamma_{\text{Н}}},$$

где $\sum_{\text{Н}}^{(1)} = \frac{1}{k_{1\text{Н}}}\sum_{k=1}^{k=k_{1\text{Н}}}\left(\sum_{i=1}^{i=m_{\text{Н}}} p_{i\text{Н}}\Delta\gamma_{i\text{Н}}^{(1)}\right)^{k}$.

Уравнение (7) принимает вид

$$\frac{\sum_{\text{Н}}^{(1)}}{\gamma_{\text{Н}}} = 1 - \frac{\alpha_{\text{Н}}\text{e}^{-\alpha_{\text{В}}t_1} - \alpha_{\text{В}}\text{e}^{-\alpha_{\text{Н}}t_1}}{\alpha_{\text{Н}} - \alpha_{\text{В}}}. \qquad (8)$$

Из него при известном значении $\alpha_{\text{В}}$ (5) можно определить коэффициент $\alpha_{\text{Н}}$ (используя любой из численных методов); при этом промежуток времени между двумя последовательными контактами сыпучей массы с рабочим органом сепаратора $t_1 = \nu/n_0$.

Таким образом, если известно время цикла сортировки $T = \frac{L}{\bar{\upsilon}}$,

где $\bar{\upsilon}$ — средняя скорость перемещения сортируемого материала вдоль разделительной поверхности, а L — длина ее, то эффективность сепарации за цикл сортировки на нижнем ярусе определится выражением

$$E_{\text{Н}} = 1 - \frac{\alpha_{\text{Н}}\text{e}^{-\alpha_{\text{В}}T} - \alpha_{\text{В}}\text{e}^{-\alpha_{\text{Н}}T}}{\alpha_{\text{Н}} - \alpha_{\text{В}}}. \qquad (9)$$

Если $\alpha_{\text{В}} = \alpha_{\text{Н}} = \alpha$, то $E_{\text{Н}} = 1 - (1 + \alpha T)\text{e}^{-\alpha T}$.

Следует заметить, что, несмотря на необходимость использования численных методов, объем вычислений при определении эффективности сепарации на нижнем ярусе двухъярусного виброгрохота по данной методике на несколько порядков меньше, чем по схеме, изложенной в работе [2].

Список литературы

1. Чурин Ю.Г. Применение теории сепарации при проектировании сепараторов вибрационного типа // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2010. — Вып. 1(40).

2. Чурин Ю.Г. Исследование процесса сепарации сыпучих материалов на двухъярусном сепараторе // Труды Костромской ГСХА. — 2007. — Вып. 66.

3. Чурин Ю.Г. К вопросу исследования процесса сепарации сыпучих смесей // Труды Костромской ГСХА. — 2006. — Вып. 65.

УДК 632.934.1

П.Л. Лекомцев, *доктор техн. наук*
Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОАЭРОЗОЛЯ НА РАСТЕНИЯХ

Мероприятия по защите растений в закрытом грунте в большинстве случаев включают обработку растений препаратами в аэрозольной форме. В отличие от традиционных методов опрыскивания распыление растворов химических препаратов с последующей зарядкой в электрическом поле имеет ряд преимуществ: выравнивается осаждение препаратов на растения, происходит обработка как внешней, так и внутренней стороны листьев, уменьшается время и трудоемкость обработок, сокращается расход препаратов.

Эффективность обработки определяется степенью осаждения капель электроаэрозоля на растения и глубиной проникновения электроаэрозоля в растительный слой.

Закономерности рассеяния электроаэрозолей в растительности очень сложны, так как структура самой растительности влияет на конфигурацию электрического поля. Кроме того, процесс осаждения электроаэрозольных капель зависит от скорости потока и характера ее движения, начальной концентрации электроаэрозоля, микрошероховатости поверхности растений и т. д.

Теоретическое решение данной задачи возможно при введении ряда упрощающих положений: концентрация электроаэрозоля равномерна, движется электроаэрозоль через однородный растительный слой с постоянной скоростью; коэффициент захвата всех листьев одинаков, площадь их проекции на плоскость, перпендикулярную движению электроаэрозоля, постоянна.

При обработке растений в закрытом грунте генераторы электроаэрозоля целесообразно устанавливать над растительным слоем. Это обеспечит более широкий охват растений электроаэрозольным облаком.

При входе в растительный слой концентрация электроаэрозоля в зависимости от глубины проникновения x убывает по закону [1]:

$$\frac{dn}{dx} = -\varepsilon S x, \qquad (1)$$

где ε — коэффициент захвата капель аэрозоля; S — удельная площадь поверхности листьев, $м^2/м^3$; x — глубина проникновения электроаэрозоля в растительный слой, м.

Интегрируя (1) при начальных условиях $h = 0$, $n = n_0$, получим

$$n = n_0 \exp(-\varepsilon S x). \qquad (2)$$

Коэффициент захвата ε при инерционном движении частиц является функцией критерия Стокса [2];

$$\mathrm{Stk} = \frac{2\rho\upsilon r^2}{9\eta_в l}. \qquad (3)$$

Теоретически коэффициент захвата вычислен для ряда простых геометрических тел. Для случая осаждения капель аэрозоля на плоских дисках, моделирующих лист растения, получена эмпирическая формула [3].

Таким образом,

$$\varepsilon = \frac{\mathrm{Stk}^3}{\mathrm{Stk}^3 + 0{,}77\mathrm{Stk}^2 + 0{,}22}. \qquad (4)$$

Коэффициент захвата капель электроаэрозоля существенно зависит от напряжения зарядки на генераторе. При отсутствии зарядки даже на высоких расходах жидкости коэффициент захвата не превышает 0,54. Это приводит к большим потерям препарата при обработке растений. С увеличением напряжения коэффициент захвата повышается до 0,9. Причем на напряжениях 2 и 3 кВ коэффициент захвата слабо зависит от расхода жидкости и составляет около 0,8.

Удельную массу капель электроаэрозоля, осевших на растения, определяют по выражению

$$m_р = n v_к \rho_ж \upsilon \varepsilon t_р, \qquad (5)$$

где $t_р$ — время работы генератора, с.

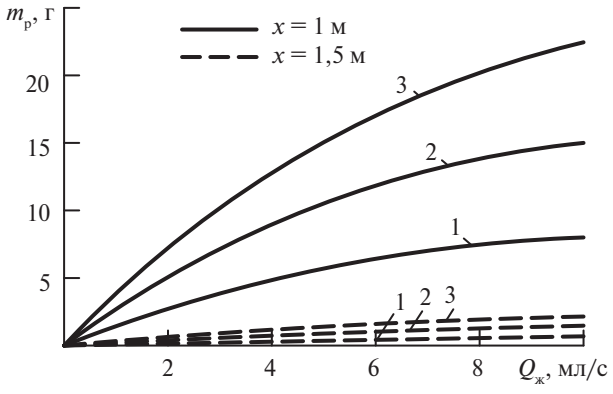


Рис. 1. **Зависимость плотности осаждения электроаэрозоля от расхода жидкости $Q_ж$ при разных напряжениях U и глубине проникновения x:**
1 — U = 1 кВ; 2 — U = 2 кВ; 3 — U = 3 кВ

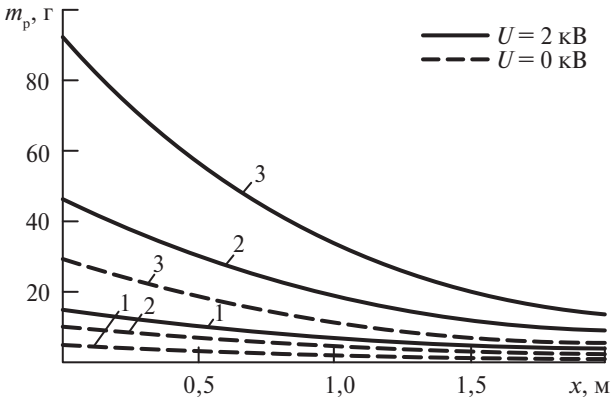


Рис. 2. **Зависимость плотности осаждения электроаэрозоля от глубины проникновения x при разных напряжениях U и расходах жидкости $Q_ж$:**
1 — $Q_ж$ = 1,00 мл/с; 2 — $Q_ж$ = 4,00 мл/с;
3 — $Q_ж$ = 9,00 мл/с

Результаты расчетов для $t_р$ = 180 с представлены на рис. 1 и 2. Наибольшее количество электроаэрозоля осаждается при повышенных расходах и напряжениях зарядки (см. рис. 1). Связано это с высоким коэффициентом захвата электроаэрозоля растениями. При малых напряжениях зарядки электроаэрозоль проходит сквозь растительный слой, практически не осаждаясь.

Для равномерной обработки растений на всю глубину проникновения электроаэрозоля целесообразно использовать напряжение зарядки не более 2 кВ. Более высокие напряжения зарядки приводят к интенсивному осаждению электроаэрозоля на малой глубине проникновения (см. рис. 2), препятствуя ее движению сквозь растительный слой.

Таким образом, можно утверждать, что использование электроаэрозолей позволяет в широких пределах регулировать глубину проникновения электроаэрозоля и плотность его осаждения на растительных элементах, при этом существенно повышается эффективность обработки растений, уменьшаются потери препаратов.

Список литературы

1. Анкилов А.Н. Эффективность захвата аэрозольных частиц растительными элементами. — Новосибирск: ИТПМ СО АН СССР, 1980. — 14 с.

2. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Монодисперсные аэрозоли. — М.: Наука, 1973. — 192 с.

3. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. — М.: Изд-во академии наук СССР, 1955. — 352 с.

УДК 502/504:631.347

А.С. Апатенко, *канд. техн. наук*
Московский государственный университет природообустройства

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Обеспечение продовольственной безопасности связано с технической оснащенностью сельскохозяйственных товаропроизводителей сельскохозяйственными машинами и оборудованием. Именно машинно-технологический комплекс сельского хозяйства как инновационная база аграрного производства является важнейшей производственной системой, которая обеспечивает объемы, качество и экономические характеристики конечной сельскохозяйственной продукции. Однако решение стратегических задач по продовольственной безопасности ограничено наличием в отечественном сельском хозяйстве системной проблемы — низким уровнем машинно-технологического потенциала отрасли. Эта сфера (технологии, техники) более чем на 60 % формирует уровень себестоимости сельскохозяйственной продукции и как следствие ее конкурентоспособность [1].

В настоящее время дефицит продуктов отечественного производства составляет по мясу более 40 %, молоку — свыше 20 %, рису-крупе — 56 %, овощам — 24 %. По экспертным заключениям ведущих ученых и практиков страны решение проблемы обеспечения продовольственной безопасности невозможно без восстановления и развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса и гарантированного производства на мелиорированных землях сельскохозяйственной продукции.

Поэтому мелиорация земель имеет важное значение в развитии сельскохозяйственного производства, повышении его устойчивости и эффективности. Мелиорированные земли — это особо ценная категория преобразованных земель сельскохозяйственного назначения, в которые вложены значительные финансовые средства и материальные ресурсы, требующих постоянной заботы и внимания [2].

В пользовании сельскохозяйственных товаропроизводителей имеется 9,1 млн га мелиорированных земель, в том числе 4,3 млн га орошаемых и 4,8 млн га осушенных с общей балансовой стоимостью систем всех форм собственности более 340 млрд р. (табл. 1).

Таблица 1

Наличие мелиорированных земель, балансовая стоимость мелиоративных систем в Российской Федерации на 01.01.2010

Регионы	Наличие мелиорированных земель, тыс. га			Балансовая стоимость систем, млн р.		
	Всего	В том числе		Всего	В том числе собственных	%
		орошаемых	осушенных			
Российская Федерация	9057,7	4269,9	4787,8	341 140,75	142 842,55	42
Центральный ФО	1922,3	485,5	1436,8	52 119,0	9442,44	9
Северо-Западный ФО	1858,4	18,3	1840,1	83 010,5	4964,0	4
Южный ФО	1050,8	1034,1	16,7	48 255,9	35 311,8	73
Северо-Кавказский ФО	1132,3	1078,5	–	54 026,0	35 644,7	66
Приволжский ФО	1315,9	900,6	415,3	52 885,05	31 130,85	50
Уральский ФО	276,4	125,2	151,2	7578,2	2751,4	27
Сибирский ФО	735,3	505,5	229,8	20 337,6	11 895,4	40
Дальневосточный ФО	766,3	122,2	644,1	17066,5	5840,0	14

Мелиорированные земли занимают 8 % от общей площади пахотных угодий и обеспечивают сегодня более 15 % валового производства продукции, на них производится до 70 % овощей, весь рис, свыше 20 % грубых и сочных кормов в общем объеме их производства [3, 4].

В настоящее время на балансе ФГУ по мелиорации имеется 5110 ед. общестроительной техники, в том числе 1030 экскаваторов, 2320 автомобилей, 1100 тракторов и 460 бульдозеров, около 200 ед. драглайно-скреперной техники. Почти половина этой техники с большим сроком службы и требует обновления. Аналогичные тенденции в обновлении сельскохозяйственной техники представлены в работах [5, 6, 7].

Для производства эксплуатационных мероприятий в ФГУ имеется парк специализированной мелиоративной техники в количестве 1293 ед. (каналоочистители, дреноукладчики, дренопромывочные машины, мелиоративные косилки, кусторезы, корчеватели и др.), из них исправных 930 (72 % к наличию). Из общего наличия этой техники более 700 ед. с истекшим сроком службы (54 %) и требуют обновления и замены (табл. 2) [1].

Специализированную мелиоративную технику выпускают следующие заводы: машиностроительный холдинг «Концерн “Тракторные заводы”» (ОАО «Промтрактор» (г. Чебоксары), Волгоградский тракторный завод и др.), НПО «Сибсельмаш» (г. Новосибирск), экскаваторные заводы в Брянской, Ивановской и Тверской областях и др.

Вопрос: как приобрести необходимую технику, решается в основном хозяйствующими субъектами самостоятельно в зависимости от финансовых возможностей.

Главный финансовый источник обновления технических средств большинства мелиоративных предприятий (убыточных и низкорентабельных) — амортизационные отчисления в настоящее время не используются полностью, а прибыль недостаточна или отсутствует из-за малого объема продукции или неэффективности производства. Поэтому необходима государственная поддержка обновления технической базы из федерального и региональных бюджетов, основными формами, которой являются лизинг техники, субсидирование процентной ставки за банковский кредит, стимулирование разработки и внедрения прогрессивных ресурсосберегающих технологий и техники, совершенствование налоговой и таможенной политики, разработка норм и нормативов [1].

Таким образом, финансовая поддержка развития технического потенциала из федерального и региональных бюджетов путем выделения средств

Таблица 2

Наличие специализированной мелиоративной техники в ФГУ по состоянию на 2010 год

Наименование техники	Наличие	В том числе, исправных	Машины с истекшим сроком службы	Выбыло (списано) в отчетном году
Каналоочистители	111	80	94	2
Дренопромывочные машины	52	42	39	0
Мелиоративные косилки	473	339	254	7
Каналокопатели	98	75	46	2
Дреноукладчики	73	56	20	3
Кусторезы	74	46	31	3
Корчеватели	150	95	110	5
Бороны дисковые	181	137	136	4
Камнеуборочные машины	81	60	58	0

на лизинг техники позволяет сельскохозяйственным предприятиям, не имеющим достаточно финансовых средств, иметь необходимое количество техники, выполнять большой объем работ, расходовать ограниченные финансовые средства на другие капитальные вложения или пополнение оборотных средств.

Список литературы

1. Мониторинг состояния предприятий инженерно-технической инфраструктуры АПК по техническому обслуживанию и ремонту отечественной и импортной сельхозтехники: науч. издание / В.И. Черноиванов [и др.]. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. — 100 с.

2. Апатенко А.С. Повышение эффективности работы культуртехнических агрегатов с учетом надежности базовых и агрегатируемых машин: дис. ... канд. техн. наук. — М.: МГУП, 2005. — 168 с.

3. Гулюк Г.Г., Шуравилин А.В. Эффективное функционирование дренажных систем на минеральных землях Нечерноземной зоны России. — М.: РУДН, 2007. — 376 с.

4. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства: науч. издание / В.И. Черноиванов [и др.]. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. — 284 с.

5. Создание вторичного рынка сельскохозяйственной техники: науч. издание / В.И. Черноиванов, В.С. Герасимов, Д.И. Есаков , А.Н. Русаков, С.А. Буряков, И.Г. Голубев. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. — 78 с.

6. Формирование инфраструктуры инженерно-технологических услуг сельским товаропроизводителям / В.И. Черноиванов, С.А. Горячев, Е.В. Щеглов, Н.В. Краснощеков, В.П. Лялякин, И.Г. Голубев. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. — 192 с.

7. Технический сервис-опыт и перспективы развития / Ю.А. Конкин, И.Г. Голубев, М.Ю. Конкин, В.Н. Кузьмин. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. — 336 с.

УДК 621.31.631.3 (075.8)

Е.М. Заяц, *доктор техн. наук*
Д.И. Кривовязенко
Белорусский государственный аграрный технический университет
А.Д. Чорный
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

Органическими дисперсными гидросистемами могут быть названы, с определенной долей допущения, различные кормовые материалы (измельченная и увлажненная солома, фуражное зерно), растительные соки, молочная сыворотка, питательные среды для выращивания микроорганизмов и др.

С целью изменения свойств, повышения усвояемости и питательности, извлечения белков эти гидросистемы обрабатывают электрическим током определенных параметров [1]. Эффективность и надежность обработки зависит от равномерности электрического и температурного поля в обрабатываемом материале.

Неравномерность температуры может быть обусловлена различием в электрических и теплофизических параметрах по объему обрабатываемого материала, условиями его перемещения и контактирования с токоподводящими электродами и другими факторами.

Обрабатываемый материал перемещают между электродами и мембраной в одном или во встречных направлениях. Проводимость мембраны и материала заметно отличаются по величине, и это влияет на равномерность нагрева (рис. 1).

Равномерность температуры в материале между электродами принята критерием при определении характера и направления его движения, допустимой удельной проводимости материала мембраны и напряженности электрического поля.

Цель работы состоит в разработке математической модели, описывающей электрическое и температурное поле в материале, движущемся в анодной

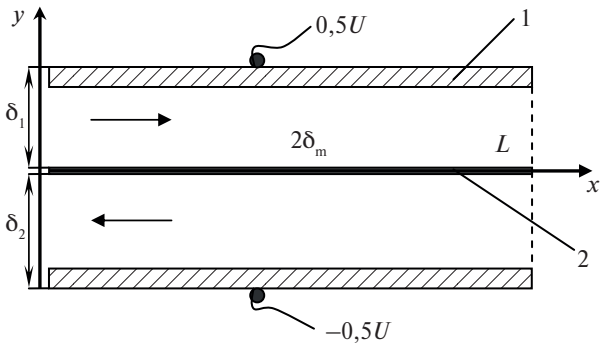


Рис. 1. **Плоскопараллельный канал с разделительной мембраной:**
1 — токоподводящие электроды; *2* —мембрана;
→ — направление движения жидкости;
U — подаваемое напряжение

и катодной областях пространства, ограниченного токоподводящими электродами, разделенными мембраной.

Математическая модель рассматриваемого процесса строилась в предположении установившегося движения электропроводящей несжимаемой среды в отсутствие массовых сил на основе уравнений электрогидродинамики с учетом малости плотности электрических зарядов в межэлектродном пространстве [2, 3]. Она включала в себя закон Гаусса для напряженности электрического поля, уравнения неразрывности и переноса импульса, а также нестационарное уравнение теплопереноса, поскольку изучался за конечный промежуток времени нагрев жидкости, движущейся в канале. Изменение температуры жидкости по длине канала не влияет на изменение скорости из-за введенного предположения о постоянстве теплофизических характеристик. В уравнении теплопереноса в мембране конвективные составляющие отсутствуют, поскольку теплота в мембране переносится исключительно теплопроводностью с учетом наличия источников, зависящих от электро- и теплопроводности материала мембраны.

В рассматриваемой постановке задачи и в силу малости толщины канала напряженность электрического поля

$$\left|\vec{E}\right|(y) = E_y = \frac{U}{\varepsilon(y)\left[\delta_1 / \varepsilon_1 + 2\delta_m / \varepsilon_m + \delta_2 / \varepsilon_2\right]}.$$

Здесь диэлектрическая проницаемость ε является функцией от y и изменяется в зависимости от проницаемости жидкостей, движущихся над мембраной и под ней, а также проницаемости самой мембраны (ε_1, ε_2, ε_m соответственно). Последняя формула задает количество теплоты, выделяемое единицей объема:

$$Q(y) = \sigma(y)E_y^2,$$

где σ — электрическая проводимость.

Скорость жидкости для ламинарного движения задавалась параболическим законом на основе теории слоистых течений в плоских каналах, а для турбулентного движения — законом «1/7», справедливым для чисел Рейнольдса в диапазоне 5000...30 000 [3–5].

Нестационарное уравнение теплопереноса решалось в двумерной постановке с учетом формулы для теплового потока $Q(y)$ и определения эффективного коэффициента температуропроводности a в зависимости от режима движения. Для турбулентного режима он определялся как сумма молекулярного (ламинарного) a_l и турбулентного a_t коэффициентов. Турбулентный коэффициент температуропроводности выражался через соответствующий коэффициент вязкости и турбулентное число Прандтля: $a_t = \nu_t / Pr_t$. Турбулентное число Прандтля Pr_t принималось равным 0,7. Для турбулентного коэффициента вязкости ν_t использовалась модель пути смешения Прандтля для установившихся пристеночных течений с константой Кармана, равной 0,45 [4, 5].

Граничные условия на входе в канал $T = T_0$, тогда как на выходе из канала «мягкое» граничное условие. Для случая противотока учитывалось, что эти границы для анодной и катодной частей противоположно расположены относительно друг друга. На стенках канала ставилось условие Ньютона для теплового потока относительно температуры окружающей среды. Коэффициенты теплоотдачи α_i от нагреваемой жидкости к окружающей среде в катодной и анодной зонах определялись через числа Нуссельта как $\alpha_i = Nu_i\lambda_i/\delta_i$ [4, 5]. В рассматриваемом типе каналов для ламинарного режима движения жидкости $Nu_i = 7{,}54$, а для турбулентного режима использовалась формула $Nu_i = 0{,}0155 Pr_i^{0,5} Re_i^{0,83}$, справедливая для жидкостей с числом Прандтля $1 < Pr_i < 25$ [5]. Для случая молочной сыворотки $Pr \cong 5$.

По постановке задачи толщина мембраны $2\delta_m$ значительно меньше других линейных размеров (L, δ_1, δ_2) как самого канала, так и анодной и катодной областей. К тому же теплопроводность мембраны λ_m довольно велика. Поэтому предполагалось, что температура по толщине мембраны близка к постоянной, а теплопередача за счет теплопроводности вдоль поверхности мембраны несущественна. В этой связи, во-первых, условия сопряжения нестационарных температурных полей в контактирующих поверхностях мембраны и жидкости можно представить условием Ньютона для теплового потока:

$$\lambda_1 \left.\frac{\partial T}{\partial y}\right|_{y=\delta_m} = -\alpha_{1m}\left(T_m - T\big|_{y=\delta_m}\right),$$

$$\lambda_2 \left.\frac{\partial T}{\partial y}\right|_{y=-\delta_m} = \alpha_{2m}\left(T_m - T\big|_{y=-\delta_m}\right).$$

Здесь функция $T_m = T_m(x, t)$ — средняя по сечению мембраны температура (тем самым неким образом учитывается реальная неоднородность температуры по сечению мембраны). Во-вторых, уравнение теплопереноса для мембраны будет справедливо в виде

$$\rho_m C_{pm} \frac{\partial T_m}{\partial t} = -\frac{\alpha_{1m}}{2\delta_m}\left(T_m - T\big|_{y=\delta_m}\right) - \frac{\alpha_{2m}}{2\delta_m}\left(T_m - T\big|_{y=-\delta_m}\right) + Q_m,$$

где Q_m — количество теплоты, выделяемое единицей объема мембраны и рассчитываемое по приведенной формуле.

Коэффициенты теплоотдачи α_{im} от нагреваемой жидкости к мембране со стороны катодной и анодной зон определялись из граничного условия четвертого рода на поверхности соприкосновения мембраны и жидкости. Учитывая данный факт, малость толщины мембраны и введенное осреднение температуры, для коэффициента теплоотдачи можно применить оценку $\alpha_{im} = 1/(1/\alpha_i + \delta_m/\lambda_m)$.

Поставленная задача теплопереноса решена методом конечных разностей. Для численного решения уравнения теплопереноса применили конечно-разностную схему, построенную по методу переменных направлений. Полученная система трехточечных линейных уравнений решена методом прогонки [6]. В качестве дисперстной гидросистемы принята молочная сыворотка в условиях электрокоагуляции белков.

Результаты моделирования показали, что профиль скорости для ламинарного движения имеет классический параболический вид с максимумом в центре соответствующих частей канала. Профиль для турбулентного движения более сглажен, с тонким пограничным слоем у стенок катодной и анодной областей. Ширина профилей и максимальные значения скорости зависят от геометрических и расходных характеристик рассматриваемых областей канала, что при одинаковых расходах дает различные среднерасходные и максимальные скорости и максимальные скорости в профилях.

Расчет теплопереноса в канале проведен для трех значений электрической проводимости мембраны σ_m. При варьировании электрической проводимости мембраны от 0,0105 до 0,0420 См·м$^{-1}$ время достижения установившейся температуры одинаковое. Как для случая прямотока, так и противотока оно составляло не более 680 с для ламинарного и не более 13 с для турбулентного режима движения. В случае прямотока мембрана прогревается вместе с движущейся жидкостью постепенно от входной границы канала к его концу, при противотоке вся поверхность мембраны прогревается с небольшой дисперсией относительно максимума температуры в центре канала. При этом температура зависит от электрической проводимости мембраны. Однако для турбулентного режима изменение температуры не столь значительное. Это объясняется меньшим временем присутствия жидкости в зоне прогрева по сравнению с ламинарным движением. Ламинарное движение жидкости создает неравномерное распределение температуры с ее уменьшением в ядре канала и увеличением по краям. Вследствие различий в профилях скорости под мембраной и над ней получается несимметричный профиль температуры, значение которой около мембраны выше, чем у стенок канала. При турбулентном режиме температура в ядре потока почти не изменяется, а на стенках канала, в тонком вязком подслое, уменьшается до температуры окружающей среды. Полученные результаты показали, что изменение удельной электропроводимости материала мембраны σ_m существенно влияет на нагрев движущейся в канале среды. С точки зрения решения задачи электрокоагуляции белков молочной сыворотки нахождение допустимого значения этого параметра является важным для определения превышения температуры мембраны над температурой среды. Такое значение можно определить по параметрам катодной или анодной части канала так: $\sigma_m = 2\delta_m\sigma_i/\left(b_i - b_i^{min}\right)$, $i = 1, 2$, где межэлектродное расстояние $b_i = U/E_y$, его минимальное значение $b_i^{min} = \sigma_i\left(\delta_1/\sigma_1 + \delta_2/\sigma_2\right)$, учитывая, что $b_i > b_i^{min}$. Параметр σ_m задавался во взаимосвязи с U и максимально возможной при заданных условиях напряженности электрического поля среды $E_{max} = U/b_i^{min}$. Как показано на рис. 2, увеличение U приводит к повышению E_{max} в катодной и анодной частях канала, а значит, и объемного теплового потока, что влечет за собой требование уменьшения σ_m. Для рассматриваемых условий и достижения напряженности электрического поля 800 В/м допустимое значение σ_m должно быть не более 0,001 См·м$^{-1}$. При этом реализуется достаточно большое значение U (не менее 110 В).

Дополнительно проведенные расчеты при выборе параметров, согласно приведенному анализу, показали, что можно добиться работы электрокоагулятора с требуемым диапазоном перепада температур между поверхностью мембраны и переносимой средой. Однако и в этом случае тенденция для турбулентного режима остается прежней — перепад температур незначительный из-за малого времени присутствия среды в зоне обработки. Выбор оптимальных параметров обеспечивает температуру мембраны близкую к допустимой, в то же время темпера-

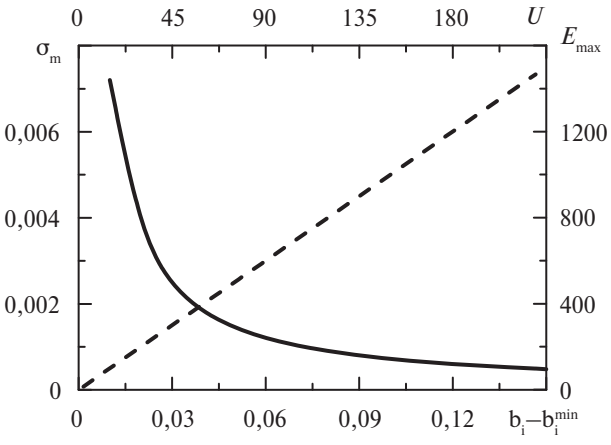


Рис. 2. **Максимальная напряженность электрического поля E_{max} в зависимости от разности потенциалов (штриховая линия); допустимая удельная электрическая проводимость мембраны σ_m в зависимости от межэлектродного расстояния b_i (сплошная линия)**

тура зависит от способа перемещения среды: в противотоке разница температур снижается (на –10 %) по сравнению с прямотоком, однако в противотоке этот прогрев более равномерный, что является важным с точки зрения получения однородного распределения температур по всей длине канала.

Таким образом, построенная математическая модель теплопереноса в электропроводящей жидкости, движущейся в плоском канале с установленной в нем разделительной мембраной, включает в себя алгебраические зависимости теплового потока от диэлектрической проницаемости мембраны и движущейся жидкости, зависимости скорости от поперечной координаты в виде параболического профиля для ламинарного движения и степенного закона «1/7» для турбулентного движения, а также нестационарного уравнения теплопроводности. Последнее было решено с помощью теории конечно-разностных схем. Модель позволяет рассчитать допустимые значения удельной проводимости мембраны, допустимое значение напряженности электрического поля в обрабатываемой среде, а также изменение других теплофизических и динамических параметров от времени обработки среды. Критерием оптимизации может быть допустимая температура мембраны или ее превышение над средней температурой среды.

Список литературы

1. Заяц Е.М. Основы электротермохимических методов обработки влажных кормов. — Минск: Ураджай, 1997.

2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1977.

3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. — М.: Наука, 1991.

4. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. — М.: Энергоатомиздат, 1990.

5. Кэйс В.М. Конвективный тепло- и массообмен. — М.: Энергия, 1972.

6. Самарский А.А. Теория разностных схем. — М.: Наука, 1989.

УДК 631.356

Г.К. Рембалович, *канд. техн. наук*
Р.В. Безносюк
И.А. Успенский, *доктор техн. наук*
Рязанский государственный агроинженерный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С ЛОПАСТНЫМ ОТБОЙНЫМ ВАЛИКОМ СЕПАРИРУЮЩЕЙ ГОРКИ

Одним из актуальных направлений эффективности функционирования картофелеуборочной техники является совершенствование органов вторичной сепарации.

На данном уровне развития технологических схем машин для уборки картофеля наибольшее распространение среди рабочих органов вторичной сепарации получили механические отделители [1]. Это связано в первую очередь с тем, что они проще в конструктивном исполнении и надежнее при выполнении технологического процесса.

В связи с этим необходимо совершенствование и обоснование их параметров с целью повышения эффективности их функционирования и технологической надежности.

Авторами статьи предложена конструкция устройства органа вторичной сепарации — сепарирующая горка с лопастным отбойным валиком, направленная на повышение эффективности отделения корнеклубнеплодов от стеблей ботвы и растительных остатков, снижение количества повреждений клубней [2].

Разработанное устройство (рис. 1) содержит разделительную горку *5*, выполненную в виде наклонного конвейера, бесконечная лента которого выполнена в виде пальчатого полотна. От базового

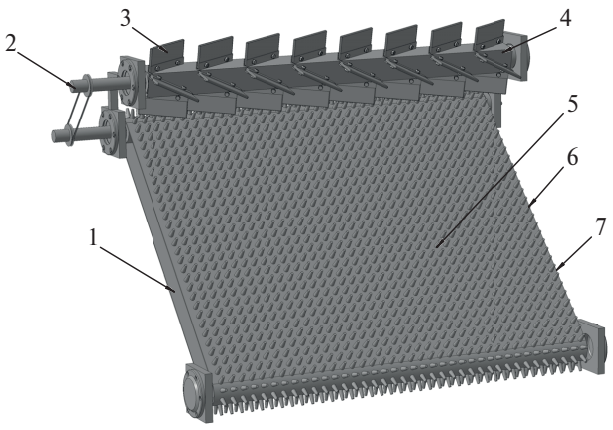


Рис. 1. **Орган вторичной сепарации:**
1 — обратная поверхность транспортерной ленты; 2 — приводной вал; 3 — лопасти; 4 — отбойный валик; 5 — разделительная горка; 6 — упругие пальцы; 7 — рабочая поверхность транспортерной ленты

устройство отличается тем, что в верхней части наклонного конвейера горки расположен отбойный валик *4*, который содержит приводной вал, снабженный лопатками *3*, размещенными продольными рядами по всей рабочей поверхности валика *4* на равном расстоянии друг от друга и имеющими форму прямоугольного параллелепипеда, одна из граней которого расположена в одной плоскости с касательной поверхностью отбойного валика, а большие грани расположены под острым углом к плоскости, перпендикулярной оси валика *4*, причем у выступов *3* каждого четного и нечетного продольного ряда соответственно эти углы равны по модулю, но зеркально отображены относительно плоскости перпендикулярной оси валика *4*, при этом вал выполнен полым в виде трубы и кинематически связан с приводом его вращения *2* (через звездочку).

С целью определения эффективности функционирования разработанного органа выносной сепарации — продольной прямоточной горки с лопастным отбойным валиком — были проведены сравнительные полевые испытания двухрядных картофелеуборочных комбайнов КПК-2-01 при использовании серийного и разработанного сепарирующих устройств (рис. 2).

Место проведения исследований — картофелеводческие хозяйства Рязанской области. Срок проведения — период массовой уборки картофеля 2011 г. Условия испытаний выбирались согласно ГОСТ 20915–75 [3]. Программа полевых исследований включала в себя: хозяйственные испытания серийного и усовершенствованного комбайнов, оснащенных серийным и разработанным рабочим органом выносной сепарации соответственно.

Для определения полноты удаления растительных, а также почвенных примесей и потерь клубней при использовании серийного и разработанного сепарирующих устройств была использована следующая методика. Картофелеуборочный комбайн убирал учетную делянку. После уборки собирались клубни, оставленные на почве, и клубни с примесями, собранными в бункере. Далее проводился подкоп учетной делянки и собирались клубни, оставленные в почве. Проводился анализ. Результаты исследований представлены в таблице.

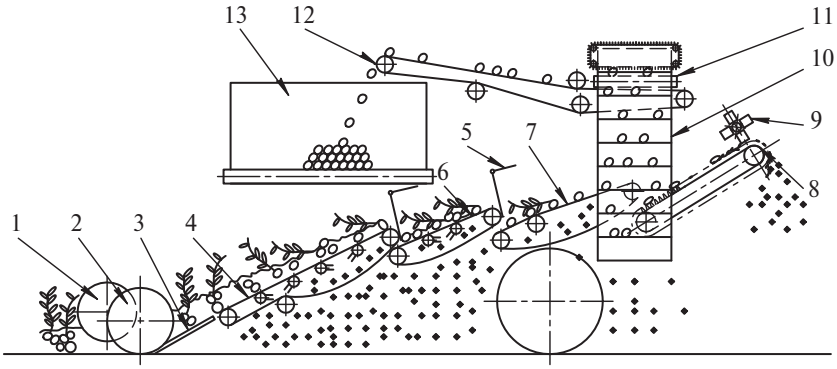


Рис. 2. **Технологическая схема картофелеуборочного комбайна КПК-2-01:**
1 — комкоразрушающие катки; 2 — дисковые ножи; 3 — лемех; 4 — продольные шнеки; 5 — основной конвейер; 6 — поперечные шнеки; 7 — дополнительный конвейер; 8 — продольная горка; 9 — лопастной отбойный валик; 10 — ковшовый конвейер; 11 — переборочный стол; 12 — бункер

Результаты полевых исследований серийного и усовершенствованного картофелеуборочного комбайнов КПК-2-01

Показатели работы	Агротехнические требования	Картофелеуборочные машины КПК-2-01	
		Серийная	Усовершенствованная
Рабочая скорость агрегата, км/ч	2...6	2,8	3,0
Глубина хода лемеха, см	До 25	20	20
Качество выполнения технологического процесса, %:			
собрано в тару	До 3	89,4	90,9
потери		10,6	9,1
оставлено на поверхности		8,5	7,0
оставлено в почве		2,1	2,1
Повреждения клубней по массе, %	До 5	12,1	10,6
Из них:			
с содранной кожурой от *j* до *S* поверхности		1,0	0,7
с содранной кожурой от *S* и более поверхности		0,8	0,7
с вырыванием мякоти более 5 мм		1,7	1,4
с трещинами длиной более 20 мм		3,3	3,1
резаные клубни		0,6	0,4
раздавленные клубни		3,7	3,7
с потемнением мякоти более 5 мм		1,0	0,6
Состав вороха (по массе), %:	>80		
клубни		84,5	88,7
почва		13,4	9,5
камни		0,2	0,2
растительные примеси		1,9	1,6

Определено, что у картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 при использовании пальчатой горки с лопастным отбойным валиком в связи с увеличением интенсивности процесса выносной сепарации появляется возможность повышения рабочей скорости движения агрегатов при уборке с 2,8 до 3,0 км/ч, что позволяет увеличить производительность его работы. Также видно, что потери клубней уменьшаются на 1,5 %, а чистота клубней в таре увеличивается на 4,2 %, при этом повреждения клубней уменьшаются на 1,5 %.

Анализ результатов исследования показывает, что использование лопастного отбойного валика позволит значительно уменьшить потери клубней и содержание примесей в массе вороха и тем самым повысить эффективность использования картофелеуборочных машин.

Список литературы

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1984. — 320 с.

2. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей: пат. на полезную модель № 95960, RU, М.кл.[2] A 01 D 33/08 / Безносюк Р.В. — № 2010106584; заявл. 24.02.2010; опубл. 20.07.2010, Бюл. № 20.

3. ГОСТ 20915–75. Техника сельскохозяйственная. Методы определения условий испытаний. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 86 с.

УДК 631.311.5

Х.А. Абдулмажидов

Московский государственный университет природообустройства

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОВШЕЙ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЯ

Известно, что машина РР-303 относится к каналоочистителям с продольным движением ковша по жестким направляющим. Имеются ограничения по ширине ковша. Это связано с наименьшей шириной по дну большинства осушительных каналов. Для каналов проводящей сети эта величина может быть принята равной 400 мм. Каналы с большей шириной могут быть очищены за два или более проходов. Однако практика показала, что имеет смысл снабдить каналоочиститель сменным ковшом увеличенной ширины, например 600 мм. Таким образом, один параметр ковша оказывается заданным.

Проведенные исследования в лабораторных условиях показали, что остальные геометрические размеры ковша — его длина и высота должны быть увязаны с ходом ковша и толщиной стружки, которая, в свою очередь, зависит от энергетических возможностей гидросистемы и устойчивости базового трактора. Технологическими исследованиями установлено, что при вместимостиковша 0,30...0,35 м^3 ход ковша должен быть в пределах 5...6 м. При толщине стружки 200 мм такой ход может быть оценен как оптимальный. Тогда соотношение длины ковша к его высоте рекомендуется принимать 2,5:1,0. При ширине ковша 600 мм длина хода сокращается до 4,0...4,5 м при вместимости ковша 0,4 м^3. Теоретическая производительность каналоочистителя при одном проходе составит при ширине ковша 400 мм — 0,38 км очищенного канала в час, а при ширине ковша 600 мм — 0,27 км за один час. Как в первом, так и во втором случае это соответствует 20...22 м^3/ч.

Главным параметром ковша является его вместимость, выраженная в кубических метрах. Поскольку каналоочиститель рассматриваемого типа снабжен консольной навеской рабочего органа, работающего на больших вылетах, то вопрос о вместимости ковша практически полностью зависит от устойчивости базовой машины. В качестве базовой машины выбран гусеничный трактор ДТ-75Б. Каналоочиститель РР-303 представлен на рис. 1.

Относительно низкая производительность, как и у всякой машины циклического действия, ком-

Рис. 1. **Каналоочиститель РР-303 на базе трактора ДТ-75**

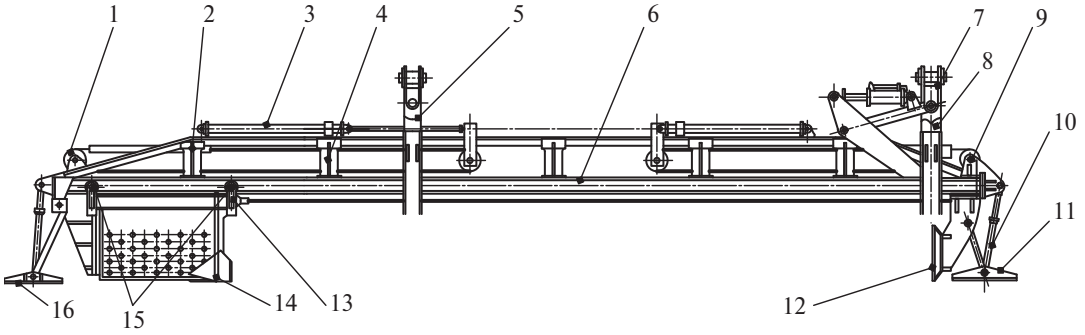


Рис. 2. **Рабочее оборудование с продольным движением ковша:**
1, 2, 9 — концевые блоки; 3, 7 — гидроцилиндры передвижения ковша; 4 — рама рабочего оборудования; 5, 8 — передний и задний телескопы стрелы; 6 — направляющие балки; 10 — винтовая штанга; 11 — передняя подвижная опора; 12 — упорный щит; 13 — траверса; 14 — рабочий орган (ковш); 15 — роликовые опоры траверсы; 16 — задняя подвижная опора

пенсируется высоким качеством очистки, которое заключается в строго прямолинейном движении ковша с регулируемой толщиной стружки и возможностью использования сменных, различных по ширине ковшей, а также способностью каналоочистителя черпать грунт из-под воды. Каналоочиститель РР-303 может работать в любых условиях, в том числе на каналах, засоренных камнями, погребенной древесиной и даже железными предметами. Добавим к этому, что по показателям устойчивости каналоочиститель, агрегатированный с гусеничным трактором тягового класса 3,0 в болотном исполнении, способен очищать каналы глубиной до 3,5 м при коэффициенте заложения откосов, равным 1,5. Заслуживает внимания и вариант рабочего оборудования с продольным движением ковша, навешенный на оборудование одноковшового экскаватора. В эксплуатационных организациях, где имеется парк экскаваторов, подобное решение может оказаться весьма выигрышным во всех отношениях, особенно при малых объемах работ, когда приобретение специальной машины приведет к дополнительным затратам. На рис. 2 представлено рабочее оборудование с продольным движением ковша, которое может быть установлено как сменное оборудование и на гидравлический одноковшовый экскаватор.

Расчеты по устойчивости выполнены исходя из принятого коэффициента запаса устойчивости, равного 1,4. Такой коэффициент соответствует правилам Ростехнадзора РФ. В расчетах учтены влияние массы ковша с грунтом, сил тяжести навесного оборудования и установки противовеса.

Определены внешние силы, действующие на рабочий орган и мелиоративную машину при переходе из рабочего в транспортное положение.

Расчет на устойчивость в данном случае очень важен, так как каналоочиститель работает на слабом грунте непосредственно рядом с откосом канала и при подъеме заполненного ковша может опрокинутся или съехать вниз.

Анализ графических зависимостей вместимости ковша от его вылета (рис. 3) показывает, что для данного базового шасси при достаточно больших вылетах порядка 5,0...6,0 м можно ориентироваться на ковш вместимостью 0,25...0,3 м^3, а при вылетах до 3 м вместимость ковша может быть увеличена до 0,4...0,5 м^3. Такие цифры должны удовлетворить производственников, так как при этом обеспечивается достаточно высокая производительность.

Второй главный параметр ковша — его ширина. Эта величина зависит, главным образом, от внешних факторов, а именно от принятых в зоне осушения размеров сечений каналов. Здесь, прежде всего, следует определить нижнюю границу. Автор считает, что минимальный размер ковша по ширине должен соответствовать 400 мм [1]. Такой параметр обеспечивает очистку дна каналов за один или несколько проходов практически всей сети. Тем не менее следует предусмотреть возможность применения сменных ковшей с увеличенной шириной, например 500 мм и 600 мм. Это решение также будет способствовать повышению производительности, когда имеются для этого соответствующие

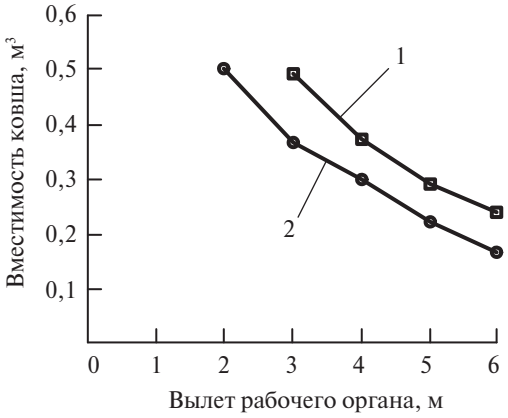


Рис. 3. **Зависимость вместимости ковша от вылета рабочего органа по условиям устойчивости для каналоочистителя РР-303:**
1 — с противовесом; 2 — без противовеса

условия. Процесс очистки дна каналов напрямую связан с реальными объемами наносов, что предопределяет работу ковша со стружками различной толщины. В связи с этим возникает весьма важный вопрос о выборе длины хода ковша, обеспечивающего его полное заполнение. Результаты расчетов, проведенных на основе лабораторных исследований по определению необходимого хода ковша в зависимости от его вместимости при различных толщинах снимаемой стружки наносов, приведены в таблице.

Если ориентироваться на большие вылеты рабочего органа, что для проведения очистных работ в мелиорации крайне важно, то выбор параметров ковша по вместимости окажется достаточно ограниченным. В представленной таблице фигурируют три типоразмера ковша, вместимость которых соответственно равна 0,25; 0,3 и 0,4 м^3.

Расчетная величина хода ковша в этих случаях имеет довольно большой разброс от 1,6 до 10,0 м. Однако можно отметить, что при толщине стружки 0,15 м и более длина хода ковшей с различными параметрами не превышает 5...6 м.

Требуемый ход ковшей в зависимости от их вместимости

Вместимость ковша, м^3	Ширина ковша, м	Толщина снимаемой стружки грунта, м	Требуемый ход ковша для его заполнения, м
0,25	0,4	0,10	6,25
		0,20	3,12
		0,30	2,0
	0,5	0,10	5,0
		0,20	2,5
		0,30	1,6
	0,6	0,10	4,2
		0,20	2,1
		0,30	1,4
0,30	0,4	0,10	7,5
		0,20	3,75
		0,30	2,5
	0,5	0,10	6,0
		0,20	3,0
		0,30	2,0
	0,6	0,10	5,0
		0,20	2,5
		0,30	1,6
0,40	0,4	0,10	10,0
		0,20	5,5
		0,30	3,3
	0,5	0,10	8,0
		0,20	4,0
		0,30	2,6
	0,6	0,10	6,6
		0,20	3,3
		0,30	2,2

Сопоставив эти цифры с габаритными размерами базовой машины — трактора ДТ-75Б (длина трактора 4600 мм), отмечаем, что в конструктивном отношении ход ковша, равный 5,0...5,5 м может быть легко реализован.

В зависимости от ширины канала по дну каналоочиститель может очищать дно каналов несколькими способами. Известно, что при работе данного каналоочистителя толщина стружки не меняется кроме тех случаев, когда по всей длине хода ковша толщина наносов различная или когда ковш движется под уклоном.

Более сложно обстоит вопрос выбора и обоснования таких геометрических параметров ковша, как длина ковша и высота его стенок. Соотношения, принятые на практике экскаваторного оборудования, в том числе ковшей драглайна, здесь мало подходят из-за ограничений размеров по ширине. Попытка реализовать требуемый объем ковша за счет увеличения высоты его стенок может оказаться неудачной, так как на определенной стадии процесс заполнения ковша грунтом может быть нарушен образованием чрезмерно увеличенной призмой волочения. Причем в различных грунтовых условиях это может по-разному проявляться.

В исследованиях выбран экспериментальный метод определения критических точек по высоте заполнения ковшей различной вместимости и размеров по ширине. Эксперименты проводились в лабораторных условиях в грунтовом канале как на моделях, так и с ковшами в натуральную величину.

Вместимость ковшей можно определить по приближенным корреляционным зависимостям, полученным на основании исследований и испытаний этих рабочих органов. Эти зависимости связывают между собой рабочие усилия, действующие в процессе копания, и вместимость ковша.

В ходе экспериментов с физической моделью ковша каналоочистителя получены зависимости наполняемости и объема призмы волочения от хода (т. е. длины пути), при постоянной толщине стружки и плотности (рис. 4). Толщина стружки при опытах задавалась от 2 до 8 см с интервалом 2 см, а плотность равнялась трем ударам ударника ДорНИИ. Наполняемость измерялась в процентах.

Как видно из зависимостей, наполняемость может быть 100 % и больше на более коротком пути при больших толщинах стружки. Чем больше толщина стружки, тем больше объем призмы волочения [2].

Исходя из полученных зависимостей, можно выбрать и обосновать режимы работы каналоочистителя. К примеру, по зависимости при толщине стружки 8 см и длине набора грунта 3 м наполняемость ковша равна 120 %, а объем призмы волочения при той же длине составляет 40 %.

На основе проведенных экспериментальных исследований предложено новое техническое решение ковша каналоочистителя. Предполагаемое изобретение относится к устройствам для копания грунта и может быть использовано в строительстве и мелиорации. Это устройство также можно использовать для очистки каналов от наносов, заиления и растительности. Целью предполагаемого изобретения является повышение производительности за счет уменьшения тяговых сопротивлений. Указанная цель достигается тем, что ковш каналоочистителя выполняется с боковыми стенками, толщина которых уменьшается по длине. Такое конструктивное решение ковша каналоочистителя позволяет повысить производительность за счет уменьшения тяговых сопротивлений посредством снижения трения о боковые стенки. Сужением боковых стенок достигается свободное резание, но не по всей длине боковых стенок, а с момента начала сужения, причем чем больше угол, образующийся между боковыми стенками ковша и русла, тем меньше величина трения металла о грунт. Предполагаемое изобретение можно использовать на ковшах экскаваторов различных типов.

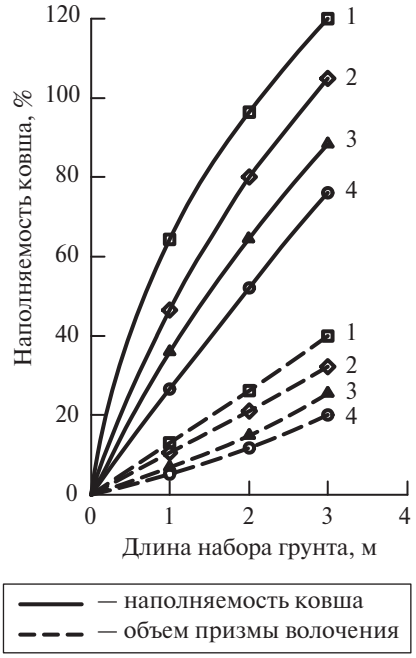


Рис. 4. **Зависимость наполняемости ковша и объема призмы волочения от длины набора грунта:**
1 — толщина стружки $t_{стр}$ = 8 см; 2 — $t_{стр}$ = 6 см; 3 — $t_{стр}$ = 6 см; 4 — $t_{стр}$ = 6 см

Выводы

1. В процессе лабораторных исследований подтверждено главное достоинство каналоочистителя РР-303 — высокое качество работ. Речь идет не только о проведении каких-либо доделочных операций, но и о значительном продлении сроков службы каналов до капитального ремонта.

2. Испытания выявили и пути повышения производительности каналоочистителя за счет более совершенной конструкции ковша и уточнения его параметров.

3. В процессе проектирования базового ковша выбор его основных параметров — длины, рабочего хода и высоты стенок при заданных величинах вместимости ковша и его ширины, не был достаточно обоснован.

4. Назрела необходимость в проведении дальнейших исследований, позволяющих оптимизировать параметры ковша, обосновать внедрение новых конструкций сменных ковшей различной ширины.

5. Предложены конструкции ковшей различной вместимости, обеспечивающие набор грунта по всей длине хода.

Список литературы

1. Строительные машины для механизации мелиоративных работ / В.В. Суриков, В.Б. Гантман [и др.]. — М.: Агропромиздат, 1991. — 464 с.

2. Абдулмажидов Х.А. Обоснование основных параметров и режимов работы ковшовых каналоочистительных машин для зоны осушения: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2000. — 150 с.

УДК 621.1.001.57

Р.Д. Адакин
О.Г. Несиоловский, *канд. техн. наук*
Ярославская государственная сельскохозяйственная академия

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Современные технологические устройства, широко представленные в современном сельскохозяйственном производстве (печи, сушилки, калориферы), основная функция которых связана с генерацией тепла часто проектируют из расчета на возможность использования различных источников энергии. Нередки случаи, когда одно и то же устройство может работать и на электри-

честве, газовом, жидком, а то и твердом топливе. К подобным агрегатам можно отнести и хлебопекарно-кондитерские печи малой мощности, которые производители часто адаптируют под различные энергоносители для повышения их конкурентных возможностей. Чаще всего для работы на газообразном и жидком топливе в печах используют теплогенераторы, совмещающие в себе камеру сгорания и теплообменное устройство. Использование этих устройств позволяет:

1) переводить печи с минимальными конструктивными изменениями с электричества на газообразное и жидкое топливо;

2) изолировать продукты сгорания от воздушной среды в печи.

Создание подобного теплогенератора является достаточно сложной технической задачей, так как расчетов и рекомендации по конструированию подобных агрегатов как в отечественных, так и зарубежных источниках не встречается. Можно найти только разрозненные описания подобных конструкций. Для создания высокоэффективного, компактного теплогенератора требуется, в первую очередь, выбрать наиболее подходящую конструктивную схему теплообменной части.

В данном случае теплообменники обеспечивают передачу теплоты между двумя потоками теплоносителей, проходящих через аппарат: горячими продуктами сгорания и циркулирующим в печи нагреваемым воздухом разделенными стенками этого теплообменника.

Теплообменники обеспечивают передачу теплоты между двумя потоками теплоносителей, проходящих через аппарат: горячими продуктами сгорания и циркулирующим в печи нагреваемым воздухом разделенными стенками этого теплообменника. Основной характеристикой конструкции теплообменника является тип относительного движения потоков теплоносителей, взаимная геометрия этих течений. В литературных источниках достаточно подробно описаны различные типы рекуперативных теплообменников в зависимости от взаиморасположения потоков теплоносителей (параллельный ток, противоток, перекресный ток) [1]. Следует подчеркнуть, что описанные конфигурации представляют собой некоторую идеализацию реальных ситуаций. На практике никогда нельзя достигнуть течения теплоносителя, совпадающего с идеальным вариантом.

На хлебопекарно-кондитерских печах в качестве источника тепла используются теплогенерирующие устройства, представляющие собой комбинацию камеры сгорания с трубчатым теплообменником.

На практике с лучшей стороны себя зарекомендовали теплогерераторы, в которых камера сгорания представляет часть теплообменника (один из ходов теплообменного устройства).

Как показывает опыт конструирования теплогенераторов, по сумме качеств наиболее подходят для подобных устройств теплообменники со смешанным течением теплоносителей (перекрестный ток с противотоком, рис. 1, где $T_{1,\,in}$, $T_{2,\,out}$ — горячий теплоноситель на входе и на выходе из теплообменника, $t_{2,\,in}$, $t_{2,\,out}$ — холодный теплоноситель на входе и на выходе из теплообменника). Они являются компромиссным вариантом между требованием высокой эффективности аппарата и простотой конструкции, важен также рекуперативный характер устройства, т. е. отсутствие прямого контакта продуктов сгорания и циркулирующего в печи воздуха, что обеспечивает соответствие санитарным нормам. Большинство серийно выпускаемых теплогенераторов имеют теплообменную часть, построенную именно по этой схеме.

В отличие от обычного теплообменника теплогенератор служит не только для теплообмена, но и для генерации тепла, для чего на нем устанавливается камера сгорания, в которой происходит сгорание жидкого или газообразного топлива, подаваемого горелкой. Сама камера сгорания чаще всего выполняется в форме трубы достаточно большого диаметра. Форма и размеры камеры определяются исходя из условий работы горелки (требования к геометрии факела), а также общих требований, предъявляемых к габаритам и условиям работы теплогенератора в целом. Конструкционно камера сгорания выполняется как дополнительный ход к одно-, двух- или трехходовому теплообменнику.

Расчет подобного устройства сопряжен с определенными трудностями связанными с особенностями функционирования и конструкционными особенностями. Наиболее близок для получения конструкционного расчета теплогенератора расчет теплообменника со смешанным течением теплоносителей (перекрестный ток с противотоком), который является основной теплообменной частью устройства в целом. Расчетные методики таких теплообменников достаточно подробно описаны в литературе [1, 2]. Прямое использование этих мето-

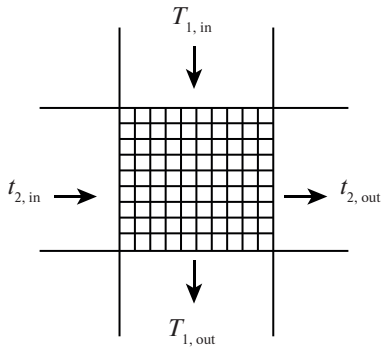


Рис. 1. **Перекрестный ток с противотоком**

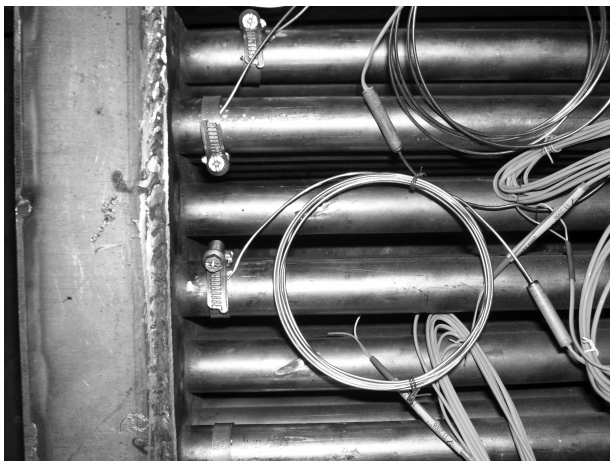


Рис. 2. **Теплогенератор с установленными на нем термопарами**

дик, как можно предполагать, даст слишком большую расчетную ошибку, так как геометрические параметры камеры сгорания и остальной части теплогенератора слишком отличны друг от друга. Значительными будут и отличия в условиях обтекания воздухом пучка труб теплообменной части и трубы большого диаметра камеры сгорания.

В ЯГСХА совместно с предприятием ОАО «Ярторгтехника» был разработан, изготовлен и испытан теплогенератор тепловой мощностью 50 кВт, способный работать как на жидком, так и на газообразном топливе. Основные характеристики теплогенератора представлены в таблице.

Для экспериментов использовалась печь КЭП-600, произведенная на предприятии ОАО «Ярторгтехника». Переоборудовав данную печь, в нее установили изготовленный теплогенератор, работающий на дизельном топливе.

Для измерения температур на корпусе теплогенератора произведены пропилы, в них вставлены термопары типа хромель-копель и закреплены посредством металлических хомутов (рис. 2).

Для регистрации температуры применен метод цифрового измерения температуры. Данный метод заключается в преобразовании выходного сигнала термопары (величина электрического напряжения, которая напрямую зависит от температуры) по средствам непрерывного квантования в цифровую выходную информацию, которая может быть идентифицирована при помощи специального устройства. Для этого был собран специальный блок измерений, подключаемый к ПК. После обработки данные представляются в таблице MS Excel и в виде графиков изменения температуры в зависимости от времени.

Некоторые технические характеристики опытного теплогенератора

Параметр	Значение
Тепловая мощность, кВт	50
Габариты, Д×В×Ш, мм	700×400×170
Вес, кг	45
Тип теплообменной части	Рекуперативный трубчатый двухзаходный теплообменник
Камера сгорания	Шестигранная труба

Во время проведения испытаний каждый опыт занимал 40...60 мин (в зависимости от режима горелки и задач опыта), в это время замерялась температура всех подключенных точек и расход топлива.

Анализ полученных данных показывает, что наиболее высокие температуры в районе камеры сгорания и у первых трубок первого противохода (720 °С), так как здесь находится наиболее нагретая часть факела, происходит догорание топлива, а также идет изменение направления потока теплоносителя. На трубках второго захода температура значительно ниже (390...400 °С), здесь поток газов уже выходит из теплогенератора.

Исходя из анализа полученных данных делают вывод, что теплогенератор можно изготовить из двух, трех типов сталей. Наиболее жаропрочные стали нужно использовать для камеры сгорания, и на трубках первого противохода, где наблюдаются наиболее высокие температуры, для остальных частей теплообменного устройства можно использовать менее жаропрочные (и менее дорогие) стали, что существенно удешевляет теплогенератор при серийном производстве.

Список литературы

1. Справочник по теплообменникам: в 2 т. — Т. 1, 2; пер. с англ.; под ред. О.Г. Мартыненко. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 468 и 352 с.

2. Шатров В.Н., Шатров М.Г. Теплотехника: учебник; под ред. В.Н. Луканина. — М.: Высшая школа, 1999. — 672 с.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 006.91

О.А. Леонов, *доктор техн. наук*
Г.Н. Бондарева, *доктор техн. наук*
Н.Ж. Шкаруба, *канд. техн. наук*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Среди факторов, определяющих конкурентоспособность, ключевыми в современных условиях являются гарантии высокого качества выпускаемой продукции. Между качеством продукции и качеством измерений существует непосредственная связь. На предприятиях, где измерительное дело налажено, как это требуется, качество продукции, как правило, оказывается выше. И, наоборот, там, где качество измерений не отвечает требованиям технологического процесса, нельзя ожидать высокого качества продукции.

Под качеством измерений следует понимать совокупность свойств состояния измерений, обусловливающих получение результатов измерений с требуемыми точностными характеристиками, в необходимом виде и в установленный срок [1]. Из этого определения следует, что главным показателем, определяющим качество измерений является их точность.

Терминология и требования к точности методов и результатов измерений регламентированы в комплексе из шести государственных стандартов РФ — ГОСТ Р ИСО 5725 под общим заголовком «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений», введенных в действие в 2002 г. Стандарты ГОСТ Р ИСО являются переводом с английского языка международных стандартов ИСО 5725:1994.

Появление Стандарта 5725 вызвано возрастанием роли рыночных стимулов к качественному выполнению измерений и является ответом на такие острые вопросы, как: что такое качество измерений и как его измерять; можно ли определить, насколько при измерении той или иной величины один метод (методика) совершеннее другого или одна испытательная организация лучше другой; в какой степени следует доверять измеренным и зафиксированным значениям? и т. п.

В стандарте ИСО 5725 для описания точности метода измерений используют два термина: «правильность» и «прецизионность». Эти термины в отечественных нормативных документах по метрологии до настоящего времени не использовались. При этом «правильность» — степень близости результата измерений к истинному или условно истинному (действительному) значению измеряемой величины или в случае отсутствия эталона измеряемой величины — степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений (или результатов испытаний) к принятому опорному значению. Показателем правильности обыч-

но является значение систематической погрешности (ГОСТ Р ИСО 5725–1 [1]).

В свою очередь «прецизионность» — степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных установленных условиях. Эта характеристика зависит только от случайных факторов и не связана с истинным или условно истинным значением измеряемой величины (ГОСТ Р ИСО 5725–1). Мера прецизионности обычно вычисляется как стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений, выполненных в определенных условиях. Количественные значения мер прецизионности существенно зависят от заданных условий. Экстремальные показатели прецизионности — повторяемость, сходимость и воспроизводимость регламентируют и в отечественных нормативных документах, в том числе в большинстве государственных стандартов на методы контроля (испытаний, измерений, анализа) (ГОСТ Р ИСО 5725–1).

ГОСТ Р ИСО 5725 регламентирует основной способ экспериментальной оценки повторяемости (сходимости) и воспроизводимости методов и результатов измерений (ГОСТ Р ИСО 5725–2 [2]), а также основные способы определения правильности методов и результатов измерений (ГОСТ Р ИСО 5725–4 [3]).

В международной практике для оценки качества измерительных процессов используют руководство MSA (Measurement System Analysis). Для производителей автокомпонентов данное руководство является основой для соответствия и сертификации по ISO/TS 16949. В нашей стране принят ГОСТ Р 51814.5–2005 [4]. В стандарте [4] приведены рекомендации по применению статистических методов для анализа измерительных и контрольных процессов. Предложенные методы используют для анализа приемлемости измерительных и контрольных процессов. Для большинства предприятий-производителей автокомпонентов сертификация на соответствие требований данного стандарта является необходимым условием при сотрудничестве с заводами автопроизводителями.

Сертификация услуг по техническому обслуживанию и ремонту в нашей стране является добровольной [3]. Хотя требования к качеству работы двигателя, а главное к гарантии его безопасности после прохождения капитального ремонта такие же, как и к новому. Поэтому достоверность и адекватность данных, получаемых при измерениях очень важны для обеспечения качества и гарантий безопасности, а также выработки управленческих решений на ремонтных предприятиях. Несмотря на это для предприятий, занимающихся капитальным ремонтом двигателей, нет специально разработанных нормативных документов, касающихся оценки качества измерительных процессов.

Оценку качества измерений с экономической точки зрения можно проводить путем технико-экономического анализа целесообразности назначения допускаемой погрешности измерений $\Delta\lim$ и оптимизации выбора средств измерений. При завышении допускаемых погрешностей измерений $\Delta\lim$ уменьшается стоимость средств измерений, но увеличиваются вероятности ошибок при измерениях, что в конечном итоге приводит к росту экономических потерь $П$. При занижении допускаемых погрешностей $\Delta\lim$ стоимость средств измерений возрастает, вероятность ошибок измерений уменьшается, но это может привести к росту затрат $З$ и соответственно себестоимости выпускаемой продукции.

Экономически оптимальная точность измерений технологического параметра соответствует минимуму суммы потерь из-за погрешности измерений и затрат на измерения, включая затраты на метрологическое обслуживание средств измерений.

Значение характеристики оптимальной погрешности измерений соответствует минимуму зависимости суммы потерь из-за погрешности измерений и затрат на измерения от данной характеристики погрешности измерений. Рассмотрим функции потерь и затрат от погрешности измерений [5]:

$$П = \varphi(\Delta); \quad (1)$$

$$З = \psi(\Delta). \quad (2)$$

Приравнивая производную этих функций к нулю, можно получить значение оптимальной погрешности измерений:

$$\frac{d\left[\varphi(\Delta) + \psi(\Delta)\right]}{d\Delta} = 0; \text{ откуда } \Delta \to \text{opt}. \quad (3)$$

Обычно функция $З = \psi(\Delta)$ может быть выражена в следующем виде [5]:

$$З = k_З \Delta^{-m}, \quad (4)$$

а функция $П = \varphi(\Delta)$ — в таком виде:

$$П = k_П \Delta^{n}, \quad (5)$$

где $k_З$ и $k_П$ — некоторые постоянные коэффициенты; m и n — положительные числа.

Оптимальное значение погрешности измерений $\Delta\lim_{opt}$ можно определить, подставив в выражение (3) зависимости (4) и (5) [5]:

$$\Delta\lim_{opt} = \left(\frac{mk_З}{nk_П}\right)^{\frac{1}{m+n}}. \quad (6)$$

На практике реализовать данный подход трудно по следующим причинам.

1. Погрешность измерения дискретна, т. е. не является непрерывной функцией, зависящей от потерь или затрат на измерение.

2. Если располагать средства измерений по принципу увеличения погрешности, то их стоимость не будет изменяться плавно, а будет носить скачкообразный характер, имеющий тенденцию к снижению.

3. Иногда встречаются средства измерений, у которых величины погрешности и стоимости меньше или равны аналогичным величинам для базового средства измерений (особенно это справедливо при использовании различных физических принципов измерений).

В ремонтном производстве с точки зрения измерений существует ряд отличий от измерений в машиностроении и автомобилестроении. Одна и та же методика и одни и те же средства измерения применяются как для контроля изношенных, так и для контроля новых и отремонтированных деталей. Методика оценки качества измерений позволит определить приемлемость рекомендуемых в нормативной документации методов и средств измерений на различных этапах технологического процесса капитального ремонта двигателей.

С позиции применяемых средств измерений в машиностроении и при ремонте машин наблюдается значительное расхождение из-за различной программы производства и серийности. Машиностроительное производство в подавляющем большинстве случаев — это крупносерийное и массовое производство, где применяются контрольные автоматы, измерительные машины и комплексы. Ремонтное производство — это единичное или мелкосерийное производство, где применяются универсальные или специальные средства измерений.

Актуальность указанных проблем указывает на необходимость разработки специальной методики оценки качества измерительных процессов применительно к ремонтному производству.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 32 с.

2. ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 52 с.

3. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / О.А. Леонов, В.В. Карпузов, Н.Ж. Шкаруба, Н.Е. Кисенков — М.: КолосС, 2009. — 568 с.

4. ГОСТ Р 51814.5–2005. Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов. — М.: Стандартинформ, 2005. — 54 с.

5. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. — 2012. — Вып. 2 (53). — С. 89–91.

УДК 621.629.3; 669.54.793

С.К. Тойгамбаев, *канд. техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

П.В. Голиницкий

Московский государственный университет природообустройства

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ ОБЖАТИИ

Бронзовые подшипниковые втулки находят широкое применение в сельскохозяйственных и мелиоративных машинах. Благодаря специфическим свойствам, бронзовые подшипниковые втулки наилучшим образом зарекомендовали себя в узлах, работающих при значительных нагрузках, переменных по величине и направлению, а также при работе в особых условиях — в воде, агрессивных средах, в узлах, которые работают при высоких скоростях скольжения. В конструктивном исполнении бронзовые подшипниковые втулки имеют самые различные формы. Наиболее часто — это цилиндрические втулки с гладкими наружными и внутренними поверхностями. Диаметры бронзовых втулок колеблются от 20 до 250 мм, а их масса от 70 г до 8,2 кг [1–4].

Для проведения размерного анализа были выбраны подшипники, изготовленные из бронзы Бр05Ц5С5 ГОСТ 613–79 с толщиной стенки 4 мм. Форма и размеры, которых представлены на рис. 1.

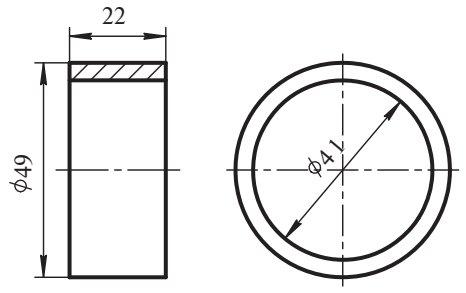


Рис. 1. **Схема образца**

При эксплуатации сельскохозяйственных и мелиоративных машин происходит износ рабочей поверхности бронзовых втулок, который рекомендуют подразделять на 3 категории исходя из его величины на диаметр:

1 — втулки, работоспособность которых прекращается при износе до 0,1 мм;

2 — втулки, теряющие работоспособность при износе до 2,0 мм;

3 — втулки с износом более 2,0 мм.

Для проведения размерного анализа были выбраны бронзовые втулки, относящиеся ко второй и третьей категории с величинами износа: 1, 2, 3, 4 мм на диаметр. Восстановление внутренних диаметров втулок производилось путем продавливания через матрицы (рис. 2) с меньшими внутренними диаметрами $D_{пласт}$, соответствующих износам, на установке, схема которой представлена на рис. 3. При проведении обжатия снимались показания давления на прессе, а также проводились измерения внутренних и наружных диаметров до и после обработки, соотношения этих показателей представлено в таблице.

По данным приведенным в таблице, были построены графики, показанные на рис. 4а, б, отображающие зависимости размеров диаметров от суммарного давления при обработке. Графики можно разделить на 2 зоны: 1 — зона изменения диаметров под воздействием давления с протеканием упругопластических деформаций; 2 — зона изменения диаметров под воздействием давления с протеканием пластических деформаций. При этом изменения внутреннего и наружного диаметров при одинаковом суммарном давлении обжатия происходит на разную величину (рис. 5).

Проанализировав графики изменения диаметров, показанных на рис. 6, можно сделать вывод, что при увеличении суммарного давления изменения диаметров возрастают по экспоненте. Также стоит отметить, что при суммарном давлении, равным 4,5 МПа, наружный диаметр уменьшился на большую величину, чем внутренний, что свидетельствует об упругопластической деформации.

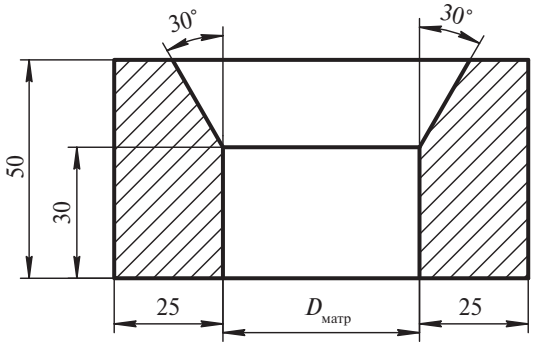


Рис. 2. **Схема матрицы**

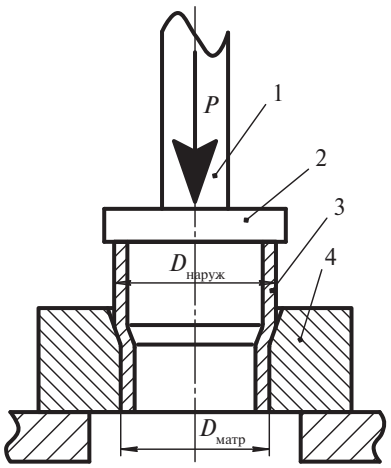
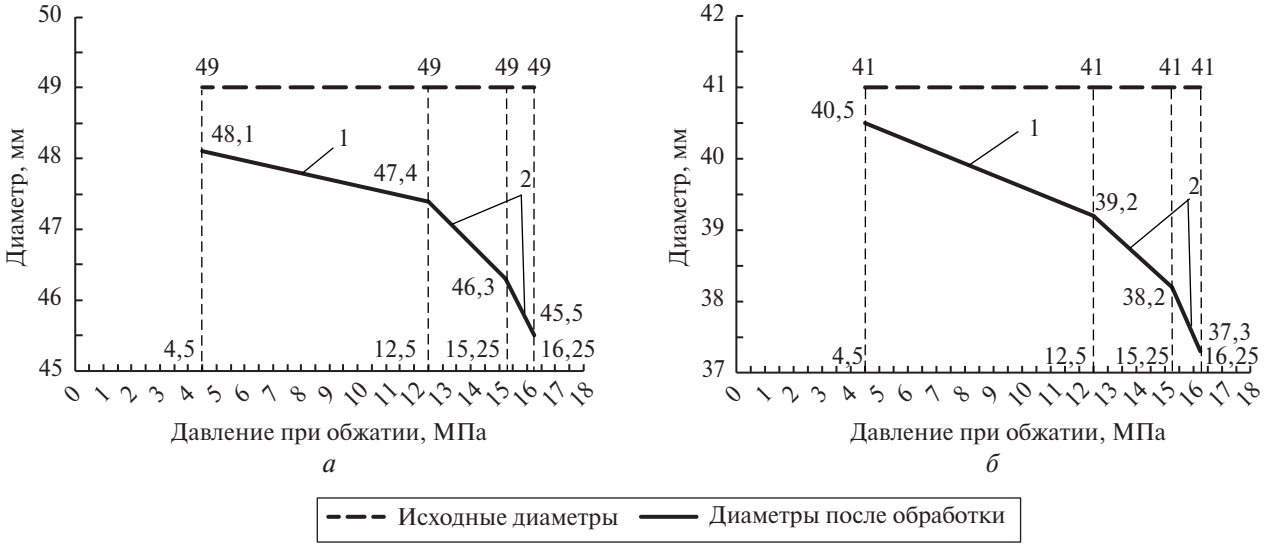


Рис. 3. **Схема установки объемного обжатия:**
1 — шток пресса; 2 — оправка; 3 — втулка; 4 — матрица



а *б*

Рис. 4. **Наружные (*а*) и внутренние (*б*) диаметры до и после обжатия**

Изменения внутренних диаметров до и после обработки

Суммарное давление при обжатии, МПа	16,25		15,25		12,5		4,5	
Диаметр матрицы	45		46		47		48	
Диаметр втулок	Наружный	Внутренний	Наружный	Внутренний	Наружный	Внутренний	Наружный	Внутренний
Исходный диаметр	49	41	49	41	49	41	49	41
После обработки	45,5	37,3	46,3	38,2	47,4	39,2	48,1	40,5
Изменение размера	3,5	3,7	2,7	2,8	1,6	1,8	0,9	0,5
Изменение размера, %	7,1	9,0	5,5	6,8	3,3	4,4	1,8	1,2
Величина возврата наружного диаметра втулки, мм	0,5		0,3		0,4		0,1	

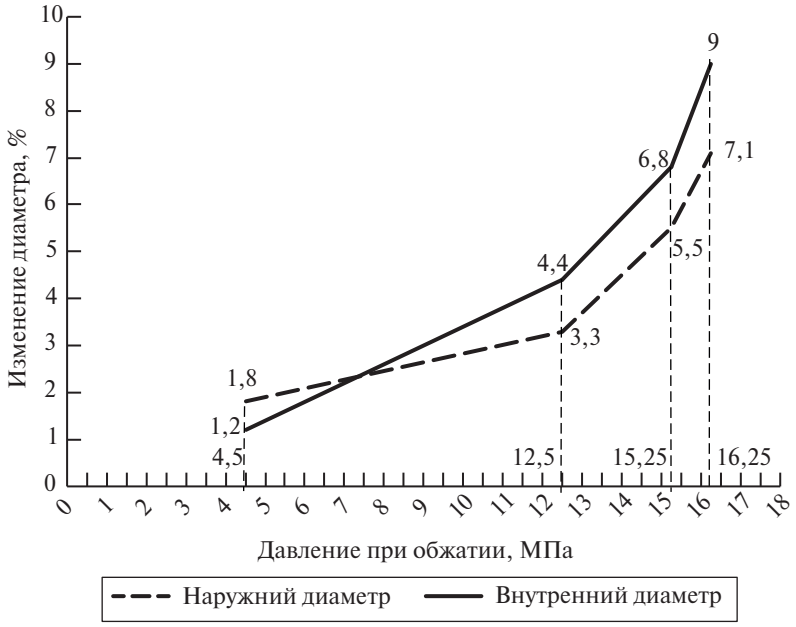


Рис. 5. **Зависимость изменения диаметра, %, от давления при обжатии**

Выводы

В результате эксперимента можно заметить, что наибольшая эффективность при восстановлении бронзовых втулок подшипников скольжения достигается при пластической деформации.

Также необходимо помнить об структурных изменениях, возникающих при сильных пластических деформациях, поэтому наиболее оптимальным для восстановления втулок с данными размерами является интервал от 12,5 до 15,25 МПа, что соответствует диаметрам матриц 46 и 47 мм (см. рис. 5).

Список литературы

1. Аверкин Ю.А. Исследования обжима полых цилиндрических заготовок // Инженерные методы расчета процессов обработки металлов давлением: сб. науч. трудов. — М.: Машгиз, 1957. — С. 167–190.

2. Полухин П.И. Технология процессов обработки металлов давлением. — М.: Металлургия, 1988. — 408 с.

3. Аверкиев Ю.А. Об определении наибольшей степени деформации при обжиме пустотелых цилиндрических заготовок в конической матрице // Кузнечно-штамповочное производство. — 1966. — № 11. — С. 19–22.

4. Интенсификация процесса обжима полых цилиндрических заготовок / А.Г. Пашкевич, В.И., Глазков В.И. Ершов, М.Ф. Каширин // Кузнечно-штамповочное производство. — 1976. — № 3. — С. 36–39.

УДК 621.8

О.Г. Кокорева, *канд. техн. наук*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

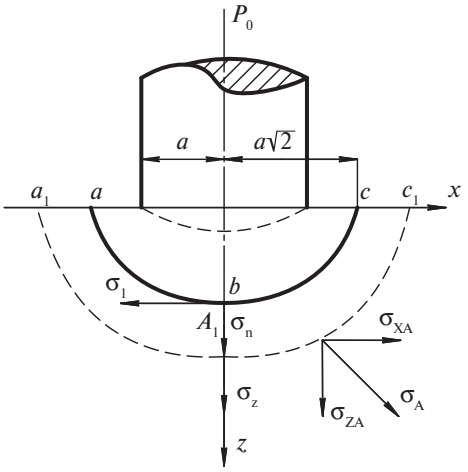
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ УПРОЧНЕНИИ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Решение задачи определения контактных напряжений и деформаций необходимо для исследования прочности деталей в местах их взаимодействия (контакта) при передаче усилий от одного элемента конструкции другому. Рассмотрим постановку контактной задачи. Два тела из од-

нородных и изотропных материалов, ограниченные некоторыми криволинейными поверхностями, соприкасаются до деформации в одной точке. Оба тела сдавливаются силами, направленными по прямой, соединяющей центры кривизны поверхностей тел в точке касания. При этом тела деформируются, а первоначальное точечное касание переходит в соприкасание по некоторой поверхности (поверхность контакта деформирующих тел) [1]. Величины сжимающих сил, приложенных к телам, предполагаются такими, чтобы в зоне контакта тел имели место только упругие деформации. Будем считать, что поверхность контакта весьма мала по сравнению с общей поверхностью каждого из соприкасающихся тел, тогда в общем случае соприкасающихся тел контур поверхности контакта для ролика представляет собой эллиптический параболоид с шириной и длиной отпечатка вдоль осей эллипса ($2a$, $2b$) и глубиной отпечатка h (рисунок).

Считая поверхности соприкасающихся тел совершенно гладкими, заключаем, что силы давления, передаваемые от одного тела на другое и расположенные по поверхности контакта, нормальны к этой поверхности. Для оценки прочности деталей в местах контакта недостаточно знаний величины наибольшего давления. Полная характеристика напряженного состояния детали дается значениями величин двух главных напряжений в каждой точке детали или, по крайней мере, в наиболее напряженных ее точках.

Одно из основных положений классической теории деформации тел в местах контакта состоит в том, что силы давления, передаваемые от одного тела на другое и распределенные по поверхности контакта, нормальны к этой поверхности. Вместе с тем в ряде случаев инженерной практики приходится сталкиваться с наличием помимо нормальной также и касательной нагрузки и с необходимостью учета ее влияния на напряженное состояние соприкасающихся тел. Так, индентор в процессе внедрения помимо нормальной нагрузки воспринимает и касательную, связанную с относительным скольжением. Значительные сложности точечного решения при наличии одновременного действия нормальных и касательных сил заставляют почти всех исследователей этой проблемы ограничиться приближенным решением. Основное допущение приближенного решения заключается в предположении, что для нормальных сил сохраняется эллипсоидальный закон распределения по площадке контакта, их касательные силы пропорциональны силам нормальным. Поэтому представляет интерес комплексное решение контактной задачи, учитывая при этом способ упрочнения, напряженно-деформационное состояние и микроструктурные изменения в металле. В данной работе эта задача решается аналитически на основе контактной задачи теории упругости [2–5].



Площадка контакта индентора с деталью

Рассмотрим особенности механического нагружения поверхности образца индентором. Пусть имеем полупространство с приложенной к нему нагрузкой, под действием которой свободная поверхность образца прогнется, и прямолинейный контур abc превратится в криволинейный $a_1b_1c_1$. Все остальные лежащие в глубине контуры, также прогнутся, но их прогибы будут меньше и на бесконечности от поверхности они станут равными нулю. На контур действуют напряжения, направленные по касательной и нормали к контуру, обозначим их соответственно σ_τ, σ_n. Определим удлинение в результате прогиба контура от прямолинейного до криволинейного ab_1c. Для этого найдем длину кривой, заключенной между точками a и c.

В случае контакта инструмента, имеющего определенный радиус скругления с плоскостью, применим задачу об эллипсоидальном распределении давлений для точек поверхности полупространства, лежащих внутри нагруженной области. При этом нагрузка P распределена по площади эллипса, $F = \pi ab$, где a и b — соответственно большая и малая его полуоси. Давление p в произвольной точке x_1, y_1 этого эллипса пропорционально ординате ξ эллипсоида:

$$\left(\frac{x_1}{a}\right)^2 + \left(\frac{y_1}{b}\right) + \left(\frac{\xi}{c}\right)^2 = 1, \qquad (1)$$

т. е. может быть выражено следующим образом:

$$p = p_0\frac{\xi}{c} = p_0\sqrt{1 - \left(\frac{x_1}{a}\right)^2 + \left(\frac{y_1}{b}\right)^2}, \qquad (2)$$

где p_0 — давление в центре эллипса (см. рисунок); a, b, c — полуоси эллипсоида.

Из выражения (2) следует, что рассматриваемое распределение давления p по площади эллипса $F = \pi ab$, определяется заданием двух плоскостей

a и b и не зависит от третьей полуоси c. Выбор параметра с определяет собой не только форму эллипсоида давлений, но и влияет на величину отношения:

$$\frac{\xi}{c} p_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x_1}{a}\right)^2 + \left(\frac{y_1}{b}\right)^2}. \quad (3)$$

Нагрузка P связана с величиной наибольшего давления p_0:

$$p = \int_F p\, dF = \frac{p_0}{c} = \int_F \xi\, dF, \quad (4)$$

где $\int_F \xi\, dF = \frac{2}{3}\pi abc$ — объем полуэллипсоида.

Следовательно,

$$p_0 = \frac{2}{3}\frac{p}{\pi ab}. \quad (5)$$

Установлено, что при распределении давления по эллипсоидному закону наибольшее давление в 1,5 раза превышает среднее.

Определим перемещение W некоторой точки $A_1(x_1, y_1)$ поверхности полупространства, расположенной внутри эллипса с полуосями a и b, по которому распределена нагрузка P (см. рисунок). Согласно принципу независимости и сложению действия сил, представим перемещение W некоторой точки поверхности полупространства от нормального давления P, распределенного по площадке этой поверхности, как сумму элементарных перемещений, возникающих в результате воздействия давления на элементы этой площадки, т. е.

$$W_{\text{п}} = \frac{(1 - V)}{2\pi\sigma_{\partial}} \int P d\rho/\rho', \quad (6)$$

где ρ' — расстояние от точки, в которой определяется перемещение до точки приложения силы.

Перемещение произвольной точки определяется из выражения

$$W = P_0\pi\left(1 - V^2\right)/\left(2a^2 - x^2 - y^2\right)/(4aE), \quad (7)$$

где P_0 — максимальное давление в центре площадки; V — коэффициент Пуассона; a — радиус контактируемой площадки; x, y — координаты произвольной точки; E — модуль упругости первого рода.

В точке наибольшего прогиба контура, где действует максимальное давление, перемещение также имеет максимальное значение:

$$W_0 = p_0\pi\left(1 - \nu^2\right)a/(2E), \quad (8)$$

Давление p_0 определим, используя граничное условие рассматриваемой упругой задачи, согласно которому максимальное упрочнение происходит в точке наибольшего прогиба. Для этого запишем уравнение контура в следующем виде:

$$W = M(2a - x^2/a), \quad (9)$$

где $M = p_0\pi(1 - \nu^2)a/(4E)$.

При $W_z = 0$ начальная длина контура $L_0 = 2a\sqrt{2}$,

Длина прогнувшегося контура

$$L = 2\int_0^{a\sqrt{2}} \sqrt{1 + \left(W_z^2\right)}\, dx = a\sqrt{2}\left\{\sqrt{1 + \left(2\sqrt{2}M\right)^2} + \right.$$
$$\left. + \left(1 / 2\sqrt{2}M\right)\ln\left[2\sqrt{2}M + M + \sqrt{1 + \left(2\sqrt{2}M\right)^2}\right]\right\}. \quad (10)$$

Зная длину прогнувшегося контура и начальную его длину, определим среднее его удлинение:

$$\xi_{\text{п}} = \frac{\left(L - L_{\text{i}}\right)}{L_{\text{i}}} = \frac{1}{2}\left\{\sqrt{1 + \left(2\sqrt{2}M\right)^2} + \right.$$
$$\left. + \frac{\ln\left[2\sqrt{2}M + M + \sqrt{1 + \left(2\sqrt{2}M\right)^2}\right]}{2\sqrt{2}M}\right\} - 1. \quad (11)$$

Разложим выражение в фигурных скобках в ряд и, обрывая ряды на втором члене, так как $2\sqrt{2}M << 1$, получаем

$$\xi_{\text{п}} = \frac{1}{2}\left\{1 + \frac{\left(2\sqrt{2}M\right)^2}{2} + \right.$$
$$\left. + \frac{1}{\left(2\sqrt{2}M\right)}\left[2\sqrt{2}M - \frac{\left(2\sqrt{2}M\right)^3}{6}\right]\right\}. \quad (12)$$

Максимальное относительное удлинение контура найдем из предположения, что отношение максимальных значений относительных удлинений контура к средним пропорционально отношению максимальных значений его прогиба к средним $\xi_{\max} = \xi_{\text{п}} W_0 / W_{\text{п}}$:

$$W_{\text{п}} = 2\int_0^{a\sqrt{2}} \left[M\left(2a - x^2/a\right)dx\right] / 2a\sqrt{2} = 4Ma/3. \quad (13)$$

Максимальное относительное удлинение с учетом значений $W_{\text{ср}}$, W_0 принимает такой вид:

$$\xi_{\max} = 4/3M^2\left(2Ma^3\right)/4Ma = 2M^2. \quad (14)$$

Подставив значение M, имеем

$$\xi_{\max} = \sigma_{\text{р}}/E = \left(1 - \nu^2\right)^2 \pi^2 p_0^2 / \left(8E^2\right). \quad (15)$$

Из полученного уравнения найдем максимальное значение давления P_0:

$$P_0 = 2\sqrt{2\sigma_{\text{р}}E} / \left[\pi\left(1 - \nu^2\right)\right]. \quad (16)$$

Среднее давление на поверхности материала

$$P_{\text{п}\partial} = p_0 \int_0^a \left[\frac{\sqrt{a^2 - x^2}}{a^2}\right] dx = \frac{\sqrt{2\sigma_{\text{р}}E}}{\left[2\pi\left(1 - \nu^2\right)\right]}. \quad (17)$$

По выражению (17) подсчитываем усилие упрочнения, умножая на площадь контакта S инструмента с металлом.

Упругопластическим металлам предельного упругого состояния соответствует граничное условие наступления его пластической деформации. Для прогнувшейся поверхности деформация в произвольной точке *A* складывается из упругой и пластической составляющих. Причем упругие свойства среды не зависят от пластической деформации, другие деформации в пластической области связаны с напряжениями теми же зависимостями, что и упругие в упругой области.

Согласно третьей теории прочности к моменту наступления предельного состояния в точке тела наибольшие касательные напряжения достигают значения, соответствующего предельному упругому состоянию при растяжении. Для плоского напряженного состояния, пользуясь компонентами напряжений, имеем

$$\sqrt{\left(\sigma'_z - \sigma'_x\right)^2 + L_1 + \tau_{zx}^2} = \sigma_t, \qquad (18)$$

где σ'_z, σ'_x — нормальные напряжения по площади с рассматриваемой точкой; τ_{zx} — касательное напряжение вдоль *OZ*.

Рассмотрим связь напряжений σ'_z, σ'_x и τ_{zx} с прогибом поверхности под воздействием гибкой распределенной нагрузки по контакту инструмента с металлом.

Проектируя σ'_z и σ'_x в произвольной точке *A* на оси *OX* и *OY*, получаем

$$\sigma_z^2(1 - \sin 2\alpha') + \sigma_{xa}^2(1 - \sin 2\alpha') = \sigma_t^2. \qquad (19)$$

Определим максимальные касательные напряжения, равные напряжению текучести, через главные оси:

$$\sigma_z = 2\sigma_t + \sigma'_z. \qquad (20)$$

Выполнив преобразования в выражении (19) с учетом $\sigma = E/2(1 - V)$ и (20), а также пренебрегая членами малого порядка, получим

$$p_0 = 2\sqrt{\sigma_t E}\Big/\left[\pi\left(1 - \nu^2\right)\right]. \qquad (21)$$

Выражение (21) определяет давление в центре контактной площадки и является начальным условием процесса статико-импульсной обработки. Зная величину среднего давления и площадь контакта, можно определить энергию удара на инструменте.

Таким образом, установлено, что увеличение кратности приложения усилия при СИО способствует увеличению глубины сжатого слоя, увеличивая тем самым глубину упрочнения.

Список литературы

1. Лазуткин А.Г., Соловьёв Д.Л., Кокорева О.Г. Математический аналог контактной площадки // Научные достижения муромских ученых. — Владимир: ВлГУ, 1997. — С. 49–53.

2. Марконев В.М., Житенев В.В., Воробьёв А.М. Расчетно-экспериментальное получение диаграммы нагрузка-деформация при ударных испытаниях // Заводская лаборатория. Т. 45. — 1979. — № 10. — С. 44–49.

3. Михалев М.С.; Балдина В.П. Влияние исходных свойств стали 11ОГ13Л на ее упрочнение наклепом // Литейное производство. — 1974. — № 6. — С. 33–34.

4. Олейник Н.В. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин. — М.: Машиностроение, 1984. — 228 с.

5. Пиртон В.З.; Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. — М.: Наука, 1985. — 504 с.

УДК 631.372:621.825.6:681.2

А.В. Ефимцев
А.Г. Пастухов, *доктор техн. наук*
Белгородская государственная сельскохозяйственная академия

ПРИБОР И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА В КАРДАННЫХ ШАРНИРАХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТРАКТОРОВ

В последние годы передовые предприятия стремятся к более совершенным методам производства продукции, которые нельзя в полном объеме решить с помощью отечественных машин. В регионы России интенсивными темпами закупается зарубежная техника, оборудование и технологическая оснастка, которые характеризуется широким многообразием в моделях одного вида. За пределами их гарантийного срока возникает вопрос ремонта или замены агрегатов [1].

Выход из строя карданных валов в тракторах, автомобилях и сельскохозяйственных машинах явление достаточно распространенное. Замену или ремонт карданного вала при возникновении признаков дисбаланса следует провести как можно быстрее, так как изменение зазоров в 0,2...0,3 мм и смещение крестовины карданного вала весом 20...30 килограмм вызывает дисбаланс около 20...40 г. Этого хватит для последующего выхода из строя подвесных подшипников, подшипников

фланцев коробок передач и редукторов [2]. Следовательно, оценка технического состояния элементов карданных передач в эксплуатации является актуальной.

В практике диагностирования известен прибор М.Г. Дегтярева и И. Ульмана [3], принцип работы которого заключается в следующем: на одну из вилок шарнира закрепляют кронштейн, а во вторую упирают стержень индикатора. Для фиксации карданного вала трактор устанавливается с включенной передачей. Сначала прикладывают крутящий момент на вилки в одну, а затем в другую сторону, в пределах зазора, и фиксируют крайние показания индикатора. Измерения производят на радиусе шарнира 70 мм. Если зазор больше установленной величины, необходимо разобрать шарнир, заменить крестовины и игольчатые подшипники.

Известен диагностический прибор В.Я. Аниловича и В.Л. Литвиненко КДП-1, который позволяет измерять относительное перемещение вилок карданного соединения, обусловленное износом шарниров передачи [4]. При проведении измерений основание прибора закрепляют на смежных вилках карданного соединения. Если в сопряжении «шип крестовины — игольчатые роликовые подшипники» имеется износ, то при относительном повороте вилок держатели переместятся один относительно другого и индикатор зарегистрирует это перемещение.

Известна конструкция серийных приборов КИ-4832 (люфтомер) и К428А, который позволяет измерять относительное перемещение вилок по угловому люфту [5, 6]. Конструкции приборов различные, а принцип действия этих устройств одинаков. Сущность измерения заключается в приложении через рукоятку и упругий элемент прибора определенного усилия к объекту проверки, в результате чего стрелка прибора отклоняется на угол, характеризующий величину люфта. Определенное усилие (15...20 Н) регистрируется подачей предупредительного звукового сигнала.

Измерение боковых зазоров трансмиссии тракторов выполняют универсальным люфтомером КИ-4813 или угломером КИ-13909 [6]. Люфтомер состоит из кронштейна со шкалой на 90° и стрелки. Кронштейн прибора крепится на корпусе передачи, а стрелка — на валу. Сначала определяют общий люфт во всей трансмиссии по его величине на конечном валу или ведущем колесе, затем — у каждого агрегата.

Несмотря на распространенность этих приборов и методов измерения зазора, они имеют следующие недостатки: а) субъективность в оценке зазора; б) измерения проводятся с постоянным усилием, при высокой трудоемкости; в) отсутствие обоснования величины прикладываемого измерительного усилия; г) измерение с постоянным усилием; д) невозможность применения данных приборов к технике зарубежного производства; е) несовершенство методики проведения замера; ж) большая погрешность прибора, зависящая от внешних факторов; з) большие габариты приборов.

Применение приборов приводит к тому, что эксплуатационники, полагаясь на интуицию, снимают передачи в самых различных стадиях износа. Зачастую карданные шарниры снимают с эксплуатации при недоиспользованном ресурсе или, наоборот, продолжают эксплуатировать после достижения предельного износа.

Разработка прибора для измерения и контроля радиального зазора в карданных шарнирах трактора John Deere и совершенствование методики проведения замеров является важной.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1) провести аналитический обзор существующих конструкций карданных шарниров;

2) изучение конструкции и выявление недостатков указанных приборов;

3) разработка схемы предлагаемого устройства;

4) совершенствование методики проведения и обработки замеров.

У большинства моделей тракторов марки John Deere кардан выполнен со съемными гнездами для опор крестовины. Такие шарниры распространены в сериях, начинающихся с шестой и вплоть до энергонасыщенных тракторов девятой серии. Шарниры этой конструкции находятся в трансмиссии тракторов, которые соединяют мощные бортовые редукторы ведущих колес, поэтому шарниры работают в очень жестких условиях, передавая колоссальный крутящий момент. Отечественные карданные шарниры, установленные на тракторы отличаются тем, что они имеют неразборные вилки, поэтому при выходе из строя требуется больше времени на техническое обслуживание, ремонт и замену карданного шарнира [6].

В тракторе John Deere одним из наименее надежных является карданный вал, соединяющий двигатель и коробку передач. Условия работы данного вала характеризуются передачей крутящего момента при заданной частоте вращения с незначительным углом излома в шарнирах, что определяет специфичность отказа.

Основное конструктивное различие в карданах с крестовиной вносит выполнение подшипниковых опор крестовины без крышек и таким образом, что в сборе с фланцами они образуют карданные вилки с проушинами.

Для измерения радиального зазора в подшипниковых узлах трактора JD нами предложен прибор следующей конструкции (рис. 1). Прибор с индикатором часового типа устанавливается на карданные шарниры вала при диагностировании в про-

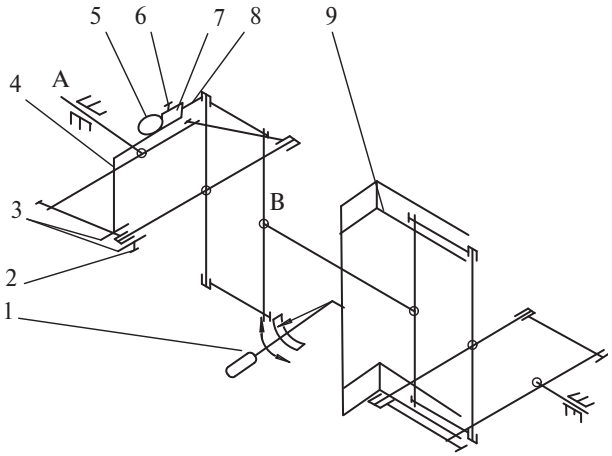


Рис. 1. **Схема прибора для измерения зазора:**
А, В — ведущая и ведомая карданные вилки; 1 — динамометрический ключ; 2 — поджимающий самоцентрирующийся винт; 3 — прижимные губки; 4 — закрепляющий кронштейн; 5 — индикатор часового типа; 6 — стопорный винт; 7 — держатель индикатора часового типа; 8 — толкатель; 9 — нагрузочный ключ

цессе проведения номерного технического обслуживания или при появлении признаков ухудшения технического состояния (нагрев подшипниковых узлов, повышенный уровень шума, вибрации и др.).

Принцип действия прибора основан на принудительном выборе радиального зазора в паре подшипниковых узлов, расположенных на противоположных шипах крестовины, при приложении усилия в двух направлениях. Отличительной особенностью является возможность контроля измерительного усилия в процессе измерения, что позволяет повысить точность и достоверность диагностирования.

Перед применением прибора необходимо установить крепление с помощью установочного кронштейна, корпус прибора устанавливается на один из подшипников шарнира, при этом индикатор вводится в соприкосновение с поверхностью подшипникового узла крестовины. Далее устанавливаем нагрузочную вилку на противоположный фланец карданного вала, с помощью динамометрического ключа нагружаем поворачивая против и по часовой стрелке. Разность показаний индикатора при верхнем и нижнем положении характеризует зазор в подшипниковых узлах карданного шарнира. Показания динамометрического ключа позволяют характеризовать величину измерительного усилия.

С целью повышения точности и достоверности измерения механических трансмиссий следует усовершенствовать методику измерения и обработки результатов.

Для измерения радиального зазора будем применять принцип, предложенный в рассматриваемых конструкциях приборов: а) измерение проводится непосредственно на агрегате не совершая разборки узла; б) устанавливают на ведущую вилку карданного шарнира индикатор часового типа с помощью прижимной лапки, необходимо чтобы установочные пазы плотно прилегали к корпусу карданных подшипников; в) устанавливают специально разработанный нагрузочный ключ с противоположной стороны карданного вала, прочно закрепив его за фланец вала; г) к ведомой вилке прикладывают измерительное усилие в двух направлениях (по часовой стрелке и против) ступенчато от 0 до 100 Н·м, с шагом 10 Н·м.

В основу совершенствования методики измерения положены следующие принципы: а) усилие прикладывается ступенчато от минимального значения до максимального, ограниченного действием эксплуатационных нагрузок; б) число ступеней для получения не менее десяти точек измерения; в) опытная зависимость показаний индикатора (зазора) от величины усилия аппроксимируется методом наименьших квадратов (рис. 2) с получением уравнения в виде $\Delta = a + bT$ для каждого направления нагрузки; г) исходя из анализа нагруженности трансмиссии определяется величина измерительного усилия и для этой величины вычисляют зазоры для направлений «+» и «—», сумма которых дает искомую величину зазора.

Наличие аппроксимирующих уравнений позволяет с определенной долей вероятности делать заключение о действительном техническом состоянии диагностируемого узла, а сопоставление измеренного значения с предельным позволяет характеризовать достижение предельного состояния.

Измеряем зазор в карданном шарнире с помощью разработанного прибора и уточненной методики замера. Сделаем это на примере тракторов John Deere 7830 и 7730, эксплуатирующихся в Краснояружской зерновой компании Белгородской области. Результаты замеров сведем в таблице.

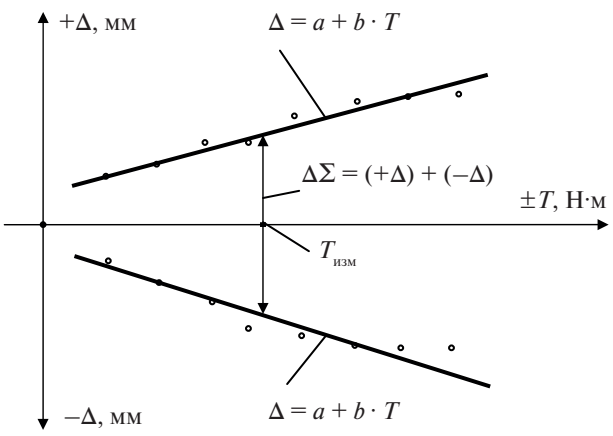


Рис. 2. **Графическая интерпретация основных положений методики измерения зазоров и обработки результатов**

Измерения зазоров в карданных шарнирах

Номер детали	Наработка, ф.-ч	Направление вращения	Показания индикатора при уровнях нагрузки, Н·м									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1RW7830RPAR029152	1934	+	0	0	0	5	15	16	16	16	16	16
		–	0	0	0	0,5	5	5,5	6	6	6	6
RW7730R009266	2219	+	5	6	8	9	11	20	21	22	22	22
		–	3	5	5	2	3	4	5	5,5	6	6

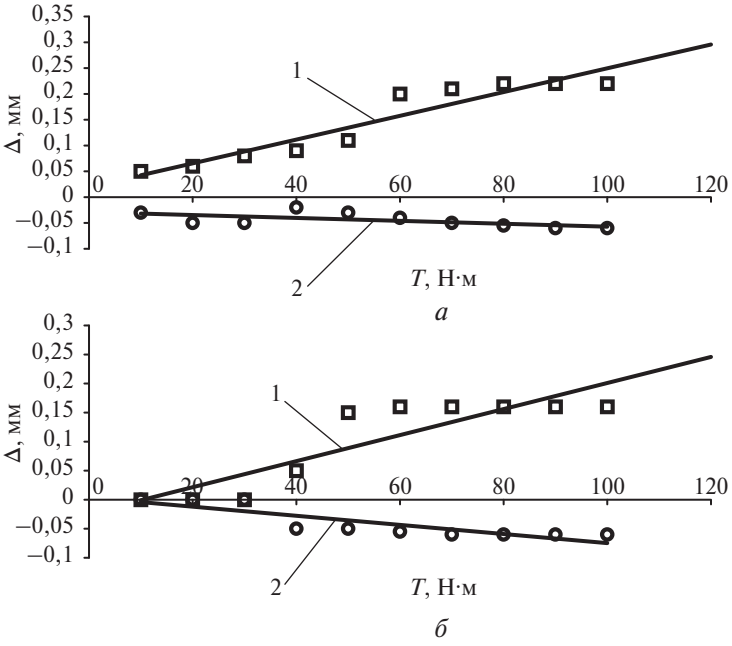


Рис. 3. **Результаты измерения зазоров в шарнире тракторов:**
а — John Deere 7830; *б* — John Deere 7730:
1 — направление нагрузки по часовой стрелке;
2 — направление нагрузки против часовой стрелки

Графическая интерпретация основных положений методики измерения зазоров и обработки результатов представлены на рис. 3.

В результате расчетов получены уравнения вида для каждого направления нагрузки по часовой стрелке $\Delta_+ = -0{,}02333 + 0{,}002242T$, против часовой стрелки $\Delta_- = -0{,}01267 + 0{,}0008667T$, для трактора John Deere 7830, и $\Delta_+ = 0{,}1437 + 0{,}00230$, $\Delta_- = 0{,}04422 + 0{,}0002818T$, для трактора 7730.

С помощью этих уравнений можно определить суммарный зазор по формуле $\Delta_\Sigma = (\Delta_+) + (\Delta_-)$ при заданном крутящем моменте.

Например, для трактора 7830, при 30 Н·м, нагружая по часовой стрелке, получаем

$$\Delta_+ = -0{,}02333 + 0{,}002242 \cdot 30 = 0{,}04393 \text{ мм},$$

а против

$$\Delta_- = -0{,}01267 + 0{,}0008667 \cdot 30 = 0{,}038671 \text{ мм},$$

$$\Delta_\Sigma = 0{,}04393 + 0{,}038671 = 0{,}082601 \text{ мм}.$$

Для трактора 7730 при 30 Н·м, нагружая по часовой стрелке, получаем

$$\Delta_+ = 0{,}1437 + 0{,}0023 \cdot 30 = 0{,}2127 \text{ мм},$$

а против

$$\Delta_- = 0{,}04422 + 0{,}0002818 \cdot 30 = 0{,}052674 \text{ мм},$$

$$\Delta_\Sigma = 0{,}2127 + 0{,}052674 = 0{,}265374 \text{ мм}.$$

В результате анализа представленного материала можно сделать следующие выводы.

1. На основании инструкции по эксплуатации и каталога запасных частей изучена конструкция карданного шарнира трактора John Deere серий 7830 и 7730.

2. В результате проведенного обзора существующих конструкций приборов установили, что существуют приборы модели КДП-1, КИ-4832, КИ-4813 и угломер КИ-13909. Приборы предназначены для измерения радиального зазора как при определенном, так и при неопределенном усилии, при этом измерения зависят от внешних факторов и обладают субъективностью оценки.

3. На основании анализа конструктивных особенностей карданных шарниров тракторов John Deere предложена конструкция прибора для измерения радиального зазора.

4. Усовершенствована методика измерения радиального зазора с целью повышения точности оценки технического состояния узлов, а результаты измерения могут быть использованы для прогнозирования их работоспособности.

Список литературы

1. Дегтярев М.Г., Ульман И.Е. Определение предельного технического состояния карданных передач тракторов К-700 // Техника в сельском хозяйстве. — 1975. — № 11. — С. 73–74.

2. Диагностирование карданных передач / В.Я. Анилович, В.Л. Литвиненко, О.И. Черненький [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1977. — № 4. — С. 45–46.

3. Юхименко В.Ф. Сайт цифровых учебно-методических материалов ВГУЭС [Электронный ресурс]. Техническая эксплуатация ходовой части автомобилей и систем, обеспечивающих безопасность движения. — Режим доступа: http://abc.vvsu.ru/Books

4. Дегтярев М.Г. Определение допустимого зазора в шарнире карданной передачи трактора «Кировец» //

Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2004. — № 10. — С. 35–36.

5. Ефимцев А.В., Пастухов А.Г. Особенности конструкции карданных валов трактора John Deere // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы IV Международной научно-практической конференции молодых исследователей, посвященной 65-летию Победы в Великой Отечественной войне (г. Волгоград, 26–28 апреля 2010 года). В 3 ч. — Ч. 1. — Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА ИПК «Нива», 2010. — С. 166–170.

6. John Deere 7020 Series Tractors [Электронный ресурс]. — Mannhein, Germany: Deere & Company, 2004. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

УДК 621.43

В.А. Коченов, *канд. техн. наук*
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ ОТКАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

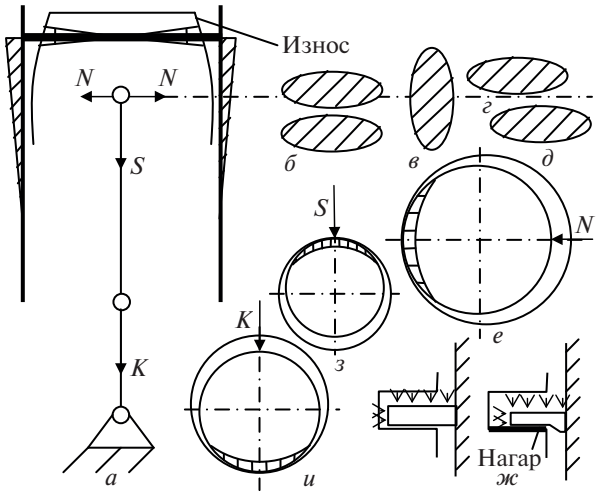
Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) мобильных машин имеют высокий разброс показателей надежности и достаточно часто выходят из строя незапланированно, неожидаемо. Выяснение причин преждевременных отказов необходимо для минимизации их повторения и является совместной задачей разработчиков, производителей и эксплуатационников.

Особенностью ДВС является многофакторность показателей надежности и большой диапазон условий и режимов эксплуатации. Аварийный режим складывается из суммарного действия многих, в том числе случайных факторов. Комбинаций факторов, способных вызвать отказ, бесконечно много. Кроме этого, первопричиной отказа может являться трещина на детали, а ее поломка и непосредственный отказ двигателя зафиксироваться в любом режиме работы. Разработчики и производители мобильных машин физически не в состоянии исследовать все возможные эксплуатационные ситуации. Предлагаемый метод определения причин преждевременных отказов двигателей основывается на анализе износов сопряжений и деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и цилиндропоршневой группы (ЦПГ) [1].

Сопряжения и детали КШМ и ЦПГ в соответствии с циклом двигателя имеют выраженный, естественный, закономерный износ (рисунок). Наибольший износ приходится при прохождении поршнем верхней мертвой точки между тактами сжатия и расширения (см. рисунок, а). Естественный износ цилиндра характеризуется: отсутствием задира на зеркале; овальностью изношенной поверхности с большей осью расположенной в плоскости качания шатуна; конусообразностью с вершиной конуса в направлении коленчатого вала; ступенчатостью изношенной поверхности; переменной интенсивностью изнашивания ступеней в процессе эксплуатации.

Овальность износа объясняется действием нормальной силы *N*, определяющей рабочие — изнашивающие поверхности цилиндра. Конусообразность — более тяжелыми условиями работы поверхностей, расположенных у камеры сгорания. Ступенчатость — зависимостью износа от компрессионных колец — число ступеней равно числу колец, положение ступеней определяется положением колец в верхней мертвой точке. Переменная интенсивность изнашивания ступеней объясняется в начале эксплуатации интенсивным износом пары «цилиндр–верхнее кольцо», потом перераспределением давления газов и повышением интенсивности изнашивания пар «цилиндр–нижние кольца».

Ошибки проектирования заключаются в неправильном определении температурных деформаций цилиндра, что приводит к нарушению геометрии зеркала, соответственно к задирам и отклонению от естественной формы износа.



Закономерности износа деталей кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы

Нарушение технологии изготовления отражается на свойствах материала, отклонениях от заданных размеров, качестве сборки. Пониженные триботехнические свойства материала цилиндра увеличивают интенсивность изнашивания и не влияют на форму износа. Отклонения от округлой и цилиндрической формы зеркала, по влиянию на износ аналогичны неправильно определенным температурным деформациям. Неправильная микрогеометрия (шероховатость) аналогична пониженным триботехническим свойствам материала. Завышенный диаметр зеркала уменьшает ресурс, не влияя на форму износа. Заниженный диаметр вызывает задиры, поломку колец, заклинивание двигателя. Нарушение соосности деталей КШМ и ЦПГ при сборке двигателя вызывает повышенную интенсивность изнашивания в процессе обкатки, искажает естественную форму износа.

К эксплуатационным причинам преждевременного износа цилиндра относятся некачественные топливосмазочные материалы, плохая очистка воздуха, неправильный температурный режим работы двигателя. Интенсивность изнашивания деталей ЦПГ более зависима от загрязнений, попавших в цилиндр с топливом и воздухом, чем от загрязнений в смазочном материале.

Естественный износ поршня характеризуется: неравномерным износом юбки; нагаром и прогоранием поршня на поверхности, расположенной по оси поршневого пальца (параллельно оси двигателя); большим износом верхних канавок под кольца.

Неравномерный износ юбки объясняется действием нормальной силы, так же как и в цилиндре, определяющей положение изнашивающихся поверхностей. Нагар и прогорание поршня объясняется наихудшей герметичностью сопряжения кольцо–поршень по оси поршневого пальца. Для минимизации прорыва газов технические условия запрещают установку замков колец по пальцу. Больший износ верхних канавок под кольца объясняется близостью к камере сгорания и действием больших температур и давлений.

Износ поверхности примыкающей к днищу поршня (см. рисунок, а) является следствием неправильного определения температурных деформаций, брака в изготовлении, перегрева двигателя — брака в эксплуатации. Отклонения от заданных размеров поршней вызывают: износ юбки с двумя обособленными поверхностями (см. рисунок, б) — наблюдается у поршней, работающих со стуком; форма износа на рисунках, в, г свидетельствует о большом размахе перекосов поршня в цилиндре — наблюдается у двигателей с повышенным расходом масла на угар. Износ в виде широкой полосы внизу юбки (рисунки, д, е) наблюдается у ЦПГ деталей, вырабатывающих высокий ресурс.

Износ компрессионных поршневых колец характеризуется повышенным износом верхних колец, односторонним износом колец по высоте и, как правило, большим износом кольца относительно износа канавки (рисунок, ж).

Кольцо воспринимает давление газов, направленное большую часть времени со стороны камеры сгорания. В процессе эксплуатации на канавке образуется нагар, защищающий ее от изнашивания, но ухудшающий триботехнические свойства и увеличивающий одностороннее изнашивание компрессионного кольца.

Износ шатунного сопряжения коленчатого вала характеризуется (рисунок, з): для многоцилиндровых двигателей равным износом шеек и вкладышей, относящихся к разным цилиндрам; неравномерным износом шейки; большим износом вкладыша, расположенного в шатуне — верхний вкладыш.

Равный износ сопряжений, относящихся к разным цилиндрам, объясняется равными нагрузками и смазыванием. Неравномерный износ шейки и повышенный износ верхнего вкладыша объясняется переменно циклическим характером нагрузок, действующих на сопряжение.

Технологическими причинами неестественной формы износа является нарушение геометрии сопряжения, включая изменение геометрии нижней головки шатуна от загрязнений между вкладышами и шатуном.

Эксплуатационным браком являются неисправности смазочной системы и использование некачественных смазочных материалов. При плохой очистке масла абразивные частицы вдавливаются в мягкий антифрикционный слой вкладышей, увеличивая интенсивность изнашивания шейки вала.

Износ коренных сопряжений коленчатого вала характеризуется (см. рисунок, и): неравномерным износом шейки; большим износом вкладыша, расположенного в блоке, — нижний вкладыш; неравным износом сопряжений относительно друг друга; меньшими отклонениями от округлости сопряжений, находящихся рядом с маховиком.

Неравномерный износ шейки, а также больший износ нижнего вкладыша, аналогично шатунному сопряжению, объясняется переменным нагружением в течение цикла. Неравный износ сопряжений относительно друг друга определяется конструктивными особенностями КШМ и двигателя в целом. Особый износ сопряжений, расположенных рядом с маховиком, объясняется «хорошим» влиянием маховика на работоспособность коренных опор. Здесь присутствуют два момента:

а) маховик обладает гироскопическим эффектом, уменьшающим перекосы коленчатого вала и уменьшающим пиковые нагрузки на близко расположенные к нему опоры;

б) маховик сглаживает крутильные колебания коленчатого вала и снижает инерционные нагрузки на близко расположенные сопряжения.

Дефекты изготовления коренного сопряжения аналогичны шатунным. Дополнительными технологическими причинами неестественного износа являются нарушение балансировки вала, несоосность коленчатого вала и блок-картера. Кроме непосредственно изготовления, эти дефекты могут являться следствием неправильного хранения и транспортировки запасных частей.

Брак эксплуатации коренных сопряжений аналогичен шатунным.

Разрабатываемые производителями технические условия на обслуживание и ремонт опираются на технологию производства двигателя. Такие условия подходят для крупных ремонтных предприятий, имеющих технологию и оборудование, аналогичное производству. Вместе с тем даже на этих предприятиях проводится анализ износов. Например, для определения деформаций шатуна, коленчатого вала, блок-картера требуется специализированное оборудование, не всегда имеющееся в наличие у эксплуатационников и ремонтников. По характеру износа определяются дефекты и причины появления их в двигателе.

Выводы

При многообразии конструкторских, технологических, эксплуатационных факторов сопряжения и детали кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы деталей двигателей внутреннего сгорания в соответствии с циклом имеют выраженные закономерности изнашивания. Классификация износов с выделением естественного (нормального) износа и неестественного износа, являющегося следствием несовершенства конструкции и технологии изготовления, брака в изготовлении, нарушения правил (брака) эксплуатации, позволяет выявлять причины преждевременных отказов, что необходимо для минимизации их повторения и совершенствования конструктивных, технологических и эксплуатационных средств повышения надежности двигателей.

Список литературы

1. Коченов В.А. Конструирование и эксплуатация автомобильных двигателей: монография. — Княгинино: Нижегородский ГИЭИ, 2009. — 164 с.

УДК 621.432

Р.А. Зейнетдинов, *канд. техн. наук*
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДОПУСКОВ НА ДИАГНОСТИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЕЙ

Мощностные, экономические и ресурсные показатели дизелей в условиях рядовой эксплуатации в значительной степени определяются качеством работы топливной аппаратуры (ТА). Изменение технического состояния и отклонение контролируемых параметров топливной системы (ТС) от их номинальных значений обусловливают ухудшение основных показателей дизеля и повышенный износ деталей цилиндропоршневой группы. Это объясняется тем, что характеристика топливоподачи, определяющая внутрицилиндровые процессы дизеля, зависит, главным образом, от значений контролируемых параметров технического состояния (ПТС) ТА.

Основными контролируемыми параметрами форсунки, оказывающими существенное влияние на процесс впрыскивания топлива в цилиндр и изменяющимися в условиях непрерывного прироста детерминированного хаоса при эксплуатации, являются: давление начала впрыскивания топлива $P_{впр}$, величина хода иглы $h_и$ и эффективное проходное сечение распылителя $\mu_р f_с$ [1].

Следует отметить, что реальные процессы изменения ПТС форсунки имеют вероятностный характер и представляют нестационарную случайную функцию $X(t)$, следовательно, работоспособность ТС изменяется во времени. Подобная ситуация позволяет рассмотреть форсунку как открытую динамическую систему, изменение контролируемых параметров которой можно анализировать как случайный процесс, а его эволюционную диссипацию и временную направленность рассматривать с использованием теорий информации и необратимых процессов. Основная идея заключается в возможности применения положений теории информации для обоснования значений эксплуатационных допусков на регулировочные параметры ТА на основе принципа минимума диссипации при преобразовании тепловой энергии топлива в цилиндре дизеля.

Известно, что одно из главнейших понятий теории информации — понятие об энтропии как мере неопределенности состояния системы. При этом возможны и другие меры разнообразия со-

стояния системы — например, дисперсия, описывающая разброс какой-либо случайной величины относительно математического ожидания. Однако дисперсия определяется распределением данной случайной величины, т. е. функцией исходов, а энтропия в отличие от дисперсии является более общей мерой разнообразия случайной величины, так как в явном виде зависит только от вероятности случайных исходов.

Согласно теории информации в качестве меры априорной неопределенности и хаотичности рассматриваемой случайной (стохастической) величины, целесообразно выбрать дифференциальную (информационную) энтропию [2]:

$$S\left[x,t_{\text{i}}\right] = -\int\limits_{x_{\text{доп}}}^{x_{\text{ном}}} p(x,t_{\text{i}})\ln p(x,t_{\text{i}})\,dx,\ \int p(x,t)\,dx = 1, \quad (1)$$

где $p(x,t_{\text{i}})$ — плотность функции распределения диагностического параметра ТС; $x_{\text{ном}}$, $x_{\text{доп}}$ — номинальное и допускаемое значения диагностического параметра.

Вычисленная по формуле (1) информационная энтропия объекта является мерой неопределенности его технического состояния. Чем больше неопределенность значений контролируемого параметра, т. е. выше разброс, тем больше энтропия информации.

Основные функциональные параметры форсунки при эксплуатации подвергаются диагностированию, и путем их контроля определяется техническое состояние системы. Если воспользоваться понятием теории множеств и принять $X_{\text{доп}}$, $X_{\text{пр}}$ соответственно за допускаемое и предельное значения параметра ТА, то можно рассматривать область работоспособности топливной системы (ТС) как множество исправных состояний $S_{\text{i}}^{\text{и}}$, если в момент контроля T_{i} значения диагностического параметра $X_{\text{i}} > X_{\text{доп}}$. Если любое значение параметра X_{i} вышло за границу исправного состояния $S_{\text{i}}^{\text{и}}$ и находится в области восстановления $S^{\text{в}}$, определяемой значениями $X_{\text{пр}} < X_{\text{i}} < X_{\text{доп}}$, то система требует восстановления по выбранному параметру. Выход значения X_{i} за границу множества $S_{\text{i}}^{\text{в}}$, определяемую значениями $X_{\text{i}} < X_{\text{пр}}$, означает, что произошел отказ и система находится в состоянии S_{i}^{0}, требующем устранения его последствий [3].

Исходя из этого, вероятность нахождения топливной системы в одной из трех состояний (исправленном, восстановленном и отказавшем) определяется выражениями:

$$\begin{aligned} P_{\text{ui}} &= P_{\text{i}}[X(t_{\text{i}}) > X_{\text{доп}}] = F_{\text{i}}(+\infty) - F_{\text{i}}(X_{\text{доп}}) = 1 - F_{\text{i}}(X_{\text{доп}}),\\ P_{\text{bi}} &= P_{\text{i}}[X_{\text{ном}} > X(t_{\text{i}}) > X_{\text{доп}}] = F_{\text{i}}(X_{\text{доп}}) - F_{\text{i}}(X_{\text{пр}}),\\ P_{0\text{i}} &= P_{\text{i}}[X(t_{\text{i}}) < X_{\text{пр}}] = F_{\text{i}}(X_{\text{пр}}) - F_{\text{i}}(0), \end{aligned} \quad (2)$$

где $F_{\text{i}}(X_{\text{д}})$, $F_{\text{i}}(X_{\text{пр}})$ — функция распределения соответственно допустимых $X_{\text{д}}$ и предельных $X_{\text{пр}}$ значений i-го параметра.

В первый с начала эксплуатации момент контроля $t_{1\text{k}}$ вероятность нахождения ТА в одном из состояний ($P_{\text{и}}$ — исправном, $P_{\text{в}}$ — требующем восстановления, $P_{\text{о}}$ — требующем устранения отказа) определяется зависимостью

$$P_{\text{И(В,О)}}^{1} = \left[\sqrt{2\pi}\sigma_{\text{x}}(t_{\text{i}})\right]^{-1} \times \times \int\limits_{X_{\text{доп}}(X_{\text{пр}};0)}^{+\infty(X_{\text{доп}};X_{\text{пр}})} \exp\left\{-\left[x_{\text{i}} - m_{\text{x}}(t_{\text{i}})\right]^{2}\right\} \Big/ 2\sigma_{\text{x}}(t_{\text{i}})\,dx, \quad (3)$$

где $m_{\text{x}}(t_{\text{i}})$ и $\sigma_{\text{x}}(t_{\text{i}})$ — математическое ожидание и дисперсия контролируемого параметра ТА в момент диагностирования t_{i}.

При втором и последующих диагностированиях вероятности нахождения ТА в исправном состоянии $P_{\text{и}}$ и в состоянии, требующем восстановления $P_{\text{в}}$, можно определить из условной вероятности событий:

$$P_{\text{ui}}^{\text{n}} = P\left\{x(l_{\text{i}}) > \frac{x_{\text{д}}}{x(l_{\text{i-1}})} > x_{\text{д}}\right\} = \frac{P\left\{\begin{matrix} x(l_{\text{i}}) > x_{\text{д}} \\ x(l_{\text{i-1}}) > x_{\text{д}} \end{matrix}\right\}}{P\left\{x(l_{\text{i-1}}) > x_{\text{д}}\right\}}, \quad (4)$$

$$P_{\text{Bi}}^{\text{n}} = P\left\{x(l_{\text{i}}) < \frac{x_{\text{д}}}{x(l_{\text{i}})} > x_{\text{д}}\right\} = \frac{P\left\{\begin{matrix} x(l_{\text{i}}) < x_{\text{д}} \\ x(l_{\text{i-1}}) > x_{\text{д}} \end{matrix}\right\}}{P\left\{x(l_{\text{i-1}}) > x_{\text{д}}\right\}}.$$

По результатам контроля диагностических параметров ТА подвергается техническому обслуживанию и ремонту с восстановлением ее исправного состояния. В результате этих «компенсационных» работ уровень неопределенности ПТС форсунки уменьшается в количественной форме, что отразится на снижении энтропии изделия. При этом восстановлению подвергаются те форсунки, у которых контролируемый параметр находится в одном из состояний: требующем восстановления или устранения отказа.

При втором и последующих диагностированиях вероятности нахождения ТА в исправном состоянии $P_{\text{и}}$ и в состоянии, требующем восстановления, $P_{\text{в}}$ определяются из условной вероятности событий, а снижение энтропии объекта после диагностирования в фиксированном диапазоне изменения контролируемого параметра можно выразить через условную энтропию:

$$S\left[x(t_{\text{i}}) < x_{\text{доп}} \,/\, x(t_{\text{i-1}}) > x_{\text{доп}}\right] = = \int\limits_{x_{\text{доп}}}^{x_{\text{ном}}} \int\limits_{0}^{x_{\text{доп}}} p(x_{\text{i-1}},t_{\text{i-1}},x_{\text{i}},t_{\text{i}}) ln\, p\left(x_{\text{i-1}}/x_{\text{i}}\right) dx_{\text{i-1}}\,dx_{\text{i}}. \quad (5)$$

Информационная энтропия системы, характеризующая исправное состояние после второго и последующих восстановлений параметра $P_{\text{впр}}$, определяется разностью безусловной и условной энтропий, т. е.

$$S_{\text{исп}}(t_i) = S(\frac{x}{t}) - S\left[x(t_i) < \frac{x_{\text{доп}}}{x(t_{i-1})} > x_{\text{доп}} \right] \geq 0. \quad (6)$$

Энтропийный вклад восстановительных операций после каждого технического диагностирования, зависящий от величины допускаемого значения контролируемого параметра и времени диагностирования системы, можно выразить следующим образом:

$$S(X_i, t_i) = S^{\text{рег}}_{\text{воз}}(t_i) =$$

$$= \int_{x_{i-1}} \int_{x_i} p(x_{i-1}(t_{i-1}), x_i(t_i)) ln \frac{p(x_{i-1}, x_i)}{p(x_{i-1})\, p(x_i)} dx_{i-1} dx_i \geq 0. \quad (7)$$

Таким образом, в условиях реальной эксплуатации обычно выполняется следующее неравенство:

$$S^{\text{рег}}_{\text{вос}}(t_0) < S^{\text{рег}}_{\text{вос}}\left(\frac{x}{t_1}\right) < S^{\text{рег}}_{\text{вос}}\left(\frac{x}{t_1, t_2}\right) < \ldots < S^{\text{рег}}_{\text{вос}}\left(\frac{x}{t_1 \ldots t_i}\right). \quad (8)$$

Это неравенство можно интерпретировать как уменьшение степени упорядоченности при статистическом описании процесса изменения контролируемого параметра ТС, а разность энтропии может служить мерой оценки степени неопределенности выделенных состояний. При этом статистически неустойчивое состояние ТА есть результат неравновесного процесса роста энтропии, который подчиняется принципу максимума производства энтропии.

Меру неопределенности случайных состояний дискретных конструктивных параметров эффективного проходного сечения $\mu_p f_c$ и хода иглы распылителя h_u также можно выразить через энтропию. Однако между параметрами $\mu_p f_c$ и h_u существует определенная корреляционная взаимосвязь, следовательно, для оценки количества информации этих статистически зависимых параметров может быть использована условная энтропия.

Условная энтропия состояния, требующего восстановления величины эффективного проходного сечения распылителя y_i относительно величины ходы иглы z_i в момент времени t_i имеет вид

$$S(Y_i, t_i) = S^{\text{кон}}_{\text{воз}}\left(\frac{y}{z}\right) = -\int_y \int_z p(z_i, y_i) ln\, p\left(\frac{y_i}{z_i}\right) dy_i\, dz_i. \quad (9)$$

Для рассматриваемого случая

$$p(z_i, y_i) = p(z_i) p(y_i / z_i). \quad (10)$$

Таким образом, статистические свойства энтропии позволяют получить представление о возможности ее использования для математического описания случайных процессов изменения контролируемых параметров форсунки при эксплуатации. При этом среднюю неопределенность состояния форсунки можно определить как сумму энтропии всех этих параметров. Следовательно, комплексное влияние процессов дестабилизации конструктивно-регулировочных параметров ТА на характеристику топливоподачи, можно рассмотреть через полную информационную энтропию форсунки, представляя ее в виде суммы энтропий распределения вероятностей конструктивно-регулировочных параметров как статически несвязанных между собой, т. е.

$$S_\Sigma(D_i, t_i) = -\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} p(x_i, y_j) ln p(x_i, y_j) = \quad (11)$$
$$= S(X_i, t_i) + S(Y_i, t_i).$$

Чем больше отклонения конструктивно-регулировочных параметров от номинальных значений, тем больше информационная энтропия ТА. Это означает, что процессы эволюции диссипативных процессов в топливной системе направлены в сторону максимума энтропии.

Известно, что отклонения конструктивно-регулировочных параметров ТС приводят к постепенному нарушению процесса впрыскивания топлива, что обусловливается увеличением диссипации введенной теплоты, и продуцированием энтропии на основе роста необратимости внутрицилиндровых процессов. При этом вероятность нахождения теплового потока (тепловыделения) в цилиндре в j-м состоянии, соответствующем i-му техническому состоянию ТС, может быть определена по величине обесцененной теплоты в необратимых процессах при изменении ПТС форсунки $\Delta G_i = T_i \Delta S_i$ — при постоянстве цикловой подачи топлива. Здесь величина ΔS_i учитывает полное производство энтропии в процессах смесеобразования и тепловыделения из-за отклонения контролируемых параметров ТА от их номинальных значений.

Условная вероятность нахождения тепловой энергии в цилиндре в j-м состоянии, соответствующем i-му состоянию конструктивно-регулировочных параметров ТА, имеет вид

$$p(g_j / D_i) = \frac{\sum \Delta G_j}{\frac{n}{\chi Hug_ц}} = \frac{\sum T_j \Delta S_j}{\frac{n}{\chi Hug_ц}}, \quad (12)$$

где χ — коэффициент выделения теплоты при сгорании цикловой дозы топлива; Hu — низшая теплота сгорания 1 кг жидкого топлива; $g_ц$ — цикловая подача топлива; $\sum_n T_i \Delta S_i$ — суммарная обесцененная энергия (теплота) из-за отклонения ПТС топливной системы.

В этом случае условная энтропия тепловыделения (энтропия приемника информации) относительно информационной энтропии форсунки (энтропия источника) может быть представлена в виде

$$S(Z_i, t_i) = -\sum_k p(g_j / D_i) ln p(g_j / D_i), \quad (13)$$

Величина разности энтропии $S(Z_i, t_i) - S(Z_0, t_0)$ есть количественный показатель, характеризующий степень увеличения диссипации тепловой энергии в динамической системе при отклонении ПТС топливной системы. Основными источниками необратимости термодинамических процессов, степень продуцирования энтропии которых зависит от технического состояния ТС, являются процессы впрыскивания, тепломассопереноса, сгорания топлива и т. д. При этом в качестве управляющего параметра можно принять давление начала впрыскивания топлива, так как оно существенно влияет на величину разности энтропии.

Если рассмотреть диссипацию теплоты при сгорании топлива из-за отклонения ПТС топливной системы, то принимая процесс горения стационарным, производство энтропии можем представить в виде [4]:

$$dS_{\text{гор}} = -\frac{1}{T_{\text{г}}}\frac{H_{\text{u}}}{l_0}\upsilon dt, \qquad (14)$$

где H_{u} — низшая теплота сгорания топлива, l_0 — стехиометрический коэффициент; υ — скорость реакции; $T_{\text{г}}$ — текущая температура газа.

Второй множитель υ связан с формой кривой выгорания топливовоздушной смеси, является суммарной характеристикой процесса горения. Кривую выгорания или молекулярную скорость сгорания топлива можно выразить следующим образом:

$$\upsilon = \frac{1}{V}\frac{g_{\text{ц}}}{\mu_{\text{T}}}\frac{dx}{d\tau}, \qquad (15)$$

где x — закон сгорания; $g_{\text{ц}}$ — количество топлива, впрыснутое в цилиндр за один цикл; μ_{T} — молекулярная масса топлива; V — текущий объем.

При оценке характеристик тепловыделения используют кривые активного тепловыделения $x_i = f_1(\varphi)$ и скорости активного тепловыделения $dx/d\varphi = f_2(\varphi)$. В этой связи для описания всего процесса сгорания можно использовать уравнение сгорания Вибе в следующем виде:

$$x = 1 - \exp\left[-6{,}908\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m+1}\right], \qquad (16)$$

где φ — текущий угол поворота коленчатого вала от начала процесса сгорания; φ_z — условная продолжительность сгорания по углу поворота коленчатого вала; m — показатель характеристики сгорания.

Относительная скорость тепловыделения такова:

$$\frac{dx}{dt} = 6{,}908\frac{m+1}{\varphi_z}\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m}\exp\left[-6{,}809\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m+1}\right]. \qquad (17)$$

Изменение параметров m и φ_z в зависимости от эксплуатационных режимов работы двигателя и конструктивно-регулировочных параметров форсунок $p_{\text{ф}}$ и $\mu_{\text{p}}f_{\text{c}}$ имеет вид [5]:

$$m = m_{\text{н}}\left(\frac{n}{n_{\text{н}}}\right)^{a}\left(\frac{\mu f_{\text{н}}}{\mu f}\right)^{b}\left(\frac{p_{\text{фн}}}{p_{\text{ф}}}\right)^{c};$$

$$\varphi_Z = \varphi_{Z\text{н}}\left(\frac{\alpha_{\text{н}}}{\alpha}\right)^{d}\left(\frac{n}{n_{\text{н}}}\right)^{e}\left(\frac{p_{\text{фн}}}{p_{\text{ф}}}\right)^{f}\left(\frac{\mu f_{\text{н}}}{\mu f}\right)^{g}, \qquad (18)$$

где $m_{\text{н}}$, $\varphi_{Z\text{н}}$, $\alpha_{\text{н}}$, $n_{\text{н}}$, $p_{\text{фн}}$, $\mu f_{\text{н}}$ — исходные (номинальные) значения параметров процесса сгорания, коэффициента избытка воздуха, частоты вращения коленчатого вала, давления начала впрыскивания топлива, эффективного проходного сечения распылителя; $m_{\text{н}}$, $\varphi_{Z\text{н}}$, $\alpha_{\text{н}}$, $n_{\text{н}}$, $p_{\text{фн}}$, $\mu f_{\text{н}}$ — соответственно текущие значения параметров; a, b, c, d, e, f, g — коэффициенты влияния.

Вышеприведенная формула (14) с использованием выражений (17) и (18) позволяет определить величину продуцируемой энтропии в цилиндре в процессе сгорания топлива при отклонении ее конструктивно-регулировочных параметров форсунки от номинальных их значений.

Информационную полноту всех вышеуказанных процессов в момент времени t_i можно характеризовать полной взаимной информационной энтропией, которая определяет общую неопределенность параметров источника и приемника информации:

$$\sum_i S(D_i, Z_i) = S(D_i, t_i) + S\left[\left(Z_i / D_i\right), t_i\right], \qquad (19)$$

где $S(D_i, t_i)$ — полная информационная энтропия состояния форсунки, требующего восстановления конструктивно-регулировочных параметров в момент времени t_i; $S[(Z_i/D_i), t_i]$ — условная энтропия нахождения тепловой энергии в цилиндре в j-м состоянии, соответствующем i-му состоянию конструктивно-регулировочных параметров форсунки.

Из уравнения (17) следует, что с течением времени контролируемые параметры ТС стремятся ко все большему разбросу, обеспечивая, тем самым, эволюционную разнообразию результатов тепловой энергии в цилиндре. Чем меньше взаимная энтропия, тем теснее связь между состоянием ТА и характеристиками тепловыделения в двигателе.

В случае рассмотрения параметра $P_{\text{впр}}$ как контролируемого, его управляющее воздействие на изменение полной взаимной энтропии можно оценить при различных значениях данного параметра или допусках. Снижение величины отклонения данного параметра от номинального значения обеспечивает рост блокирования диссипации тепловой энергии в цилиндре двигателя, следовательно, — снижение удельного расхода топлива. Однако это обусловлено увеличением числа восстановительных операций, следовательно, — вероятности состояния, требующего восстановления. Последнее уже приводит к росту энтропийного вклада восста-

новительных операций при каждом техническом диагностировании.

Для расчета оптимальной величины эксплуатационного допуска на контролируемый параметр ТА на основе принципа минимального роста взаимной энтропии системы можно предложить целевую функцию, учитывающую комплексное влияние конструктивно-регулировочных параметров форсунки на диссипацию тепловой энергии в двигателе:

$$L_i = C_в S(D_i t_i) + C_T S\left[\left(\frac{Z_i}{D_i}\right), t_i\right] + C_o S_{отк} \rightarrow \min, \quad (20)$$

где $C_в$, C_o — приведенные затраты на восстановление и устранение последствий отказа форсунок; $C_т$ — приведенные издержки, связанные с увеличением удельного расхода топлива из-за неоптимальности давления начала впрыскивания форсунками; S_o — информационная энтропия топливной системы, характеризующая состояние отказа.

Таким образом, важной задачей процессов топливоподачи, смесеобразования и сгорания топлива в двигателе является выявление условий, которые обеспечивают минимальное производство энтропии, что связано при всех возможных эксплуатационных состояниях форсунки с минимизацией ее информационной энтропии. При комплексном рассмотрении влияния конструктивно-регулировочных параметров форсунки на диссипацию тепловой энергии в двигателе необходимо определить доминирующий управляющий параметр. Далее используя «принцип компенсации» энтропии, можно установить оптимальное значение эксплуатационного допуска на выбранный управляющий параметр, который обеспечивает минимальное производство энтропии в рассматриваемых взаимодействующих системах.

Список литературы

1. Трусов В.И., Дмитриенко В.П. Форсунки автотракторных дизелей. — М.: Машиностроение, 1977. — 168 с.

2. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. — Изд. 4-е. — М.: КомКнига, 2006. — 512 с.

3. Николаенко А.В, Зейнетдинов Р.А. Модели технического обслуживания топливной системы дизелей Раба-Ман // Улучшение эффективных экологических и ресурсных показателей энергетических установок сельскохозяйственных тракторов и автомобилей: сб. науч. трудов СПбГАУ. — СПб., 1995. — С. 64–73.

4. Лернер М.С. Горение и экология. — М.: МГП «Контекст»,1992. — 332 с.

5. Романов В.А. Повышение безотказности форсированных дизелей путем стабилизации характеристик форсунок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Барнаул, 2006. — 18 с.

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

УДК 631.24:635 (470.311)

Ю.В. Чутчева, *доктор экон. наук*
Д.И. Полевой
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ ОВОЩЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Принятые решения по расширению границ столицы и созданию Новой Москвы предполагают интенсивное застраивание обозначенных территорий, развитие соответствующей инфраструктуры. Это повлечет за собой вытеснение сельскохозяйственного производства за границы Новой Москвы, увеличение плотности населения на обозначенной территории, увеличение диспропорциональности между сельским и городским населением.

По данным Федеральной службы государственной статистики, Московская область по валовому сбору входит в пятерку самых крупных производителей овощей в России [1].

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что в Московской области в 2012 году хозяйствами населения было произведено 49,1 % от валового сбора овощей по области в целом. При этом рост объемов производства хозяйствами населения с 2008 по 2012 год составил 16 %, в то время как в сельскохозяйственных организациях (СХО) и крестьянских фермерских хозяйствах (КФХ) наблюдается сокращение объемов производства на 17 и 26 % соответственно за тот же период.

В этой связи вопросы обеспечения населения Москвы и Московской области овощеводческой продукцией круглогодично в необходимых объемах и соответствующего качества приобретают особую актуальность.

В качестве результатов реализации подпрограммы «Развитие оптовой и розничной торговли, общественного питания и бытовых услуг Москвы на 2012–2016 годы» предусмотрено:

реконструкция и модернизация 10 сельскохозяйственных рынков;

замещение части мощностей оптового продовольственного комплекса города Москвы на объекты складской инфраструктуры на территории Московской области;

формирование городского заказа продовольствия (картофель и овощи) для социальной сферы в объеме 35–40 тыс. т в год в 2012–2016 гг.

Исследования свидетельствуют, что крупные торговые предприятия, сетевые предприятия торговли предпочитают иметь договорные отношения на поставки продовольствия с крупнооптовыми поставщиками. В этих условиях в наиболее выгодном положении оказываются сельскохозяйственные

организации, которые сокращают объемы производства овощей в рамках Московского региона. С мелкооптовыми же производителями, такими как КФХ, личные подсобные хозяйства (ЛПХ) торговым организация работать не выгодно, а следовательно, они зачастую иностранным производителям и поставщикам, импортирующим свою продукцию на территорию Российской Федерации.

Таблица 1

Группы районов Московской области

Группа	Районы
I	Талдомский, Дмитровский, Сергиево-Посадский, Пушкинский, Щелковский, Мытищинский, Ногинский, Орехово-Зуевский, Павлово-Посадский, Люберецкий, Раменский, Шатурский
II	Воскресенский, Егорьевский, Коломенский, Луховицкий, Зарайский, Серебряно-Прудский, Озерский, Каширский, Ступинский, Серпуховской, Подольский, Чеховский
III	Волоколамский, Лотошинский, Клинский, Истринский, Солнечногорский, Рузский, Красногорский, Ленинский, Можайский, Наро-Фоминский, Одинцовский, Шаховской

Овощеводческой продукции, произведенной в рамках ЛПХ, сложно попасть на продовольственные рынки Москвы и области или в крупные торговые сети.

Равновыгодные условия для сбыта произведенной сельскохозяйственной продукции могут быть достигнуты в рамках распределительных центров овощеводческой продукции.

Современные российские реалии таковы, что зачастую под распределительным центром понимается просто склад, оснащенный современным оборудованием и автоматикой.

В данном случае необходимо создание именно распределительных центров, которые предлагается создавать в форме акционерных обществ с долевым государственным участием в уставном капитале.

На основе исследования конъюнктуры рынка, изучения потребительского спроса распределительный центр может формировать план закупок. Форма взаимоотношений распределительного центра и сельскохозяйственных товаропроизводителей должна иметь договорную основу. Договор будет предусматривать количество, сроки, сорта, качество поставляемых в распределительный центр овощей. Сельскохозяйственные товаропроизводители в этом случае имеют гарантированный рынок сбыта в рамках заключенного договора.

Распределительный центр будет выполнять функции концентрации овощеводческой продукции, временного ее хранения и перераспределения. Перераспределение будет осуществляться в торговые сети, на продовольственные рынки, предприятия общественного питания, перерабатывающие предприятия и т. д. также на договорной основе.

В рамках исследования рассматривалась задача оптимального размещения распределительных центров в Московском регионе.

Оптимальным местом для размещения распределительного центра является такое место, которое обеспечивает минимальные затраты на его строительство, эксплуатацию, а также доставку и отправку грузов.

В исследовании был использован метод определения центра тяжести грузопотоков в отношении производителей и потребителей овощеводческой продукции в условиях Московской области.

В исследовании поставщиками овощей являются все производители овощеводческой продукции независимо от организационно-правовой формы ведения хозяйственной деятельности. По причине существующего множества товаропроизводителей в расчетах в качестве месторасположения всей совокупности производителей была принята серединная координата каждого отдельного района области, определенная экспериментальным путем.

Аналогичным образом, по причине множества потребителей овощеводческой продукции, в исследовании было сделано допущение, что, поскольку большая часть торговых организаций, продовольственных рынков, ярмарок как постоянно действующих, так и выходного дня, сконцентрированы в районных центрах, то именно их координаты были приняты в расчетах в качестве потребителей овощеводческой продукции.

В исследовании с учетом географического положения районов области и объемов производимой в них овощеводческой продукции все муниципальные районы области были разделены на три группы (табл. 1).

Базисная формула для расчета имеет вид

$$X_C = \frac{\left(\sum P_i X_i + \sum Q_i X_j\right)}{\sum P_i + \sum Q_i};$$

$$Y_C = \frac{\left(\sum P_i Y_i + \sum Q_i Y_j\right)}{\sum P_i + \sum Q_i},$$

где X_C, Y_C — координаты центра тяжести грузовых потоков; X_i, Y_i — координаты поставщиков; X_j, Y_j — координаты потребителей; P_i — объемы поставок на склад от конкретных поставщиков; Q_i — объемы поставок на склад конкретным получателям.

Расчеты были выполнены с использованием программы Microsoft Excel.

По результатам проведенных исследований уровень товарности овощеводческой продукции составляет 60...85 % в зависимости от личного потребления, урожайности и ряда иных факторов. По-

Таблица 2

Результаты расчетов

Группа	Доля реализации, %	Координаты размещения, км
I	100	$X_C = 169,4$; $Y_C = 210,0$
	80	$X_C = 169,1$; $Y_C = 209,7$
	60	$X_C = 168,8$; $Y_C = 209,4$
II	100	$X_C = 206,2$; $Y_C = 81,7$
	80	$X_C = 206,5$; $Y_C = 81,9$
	60	$X_C = 206,8$; $Y_C = 82,0$
III	100	$X_C = 90,8$; $Y_C = 173,7$
	80	$X_C = 90,5$; $Y_C = 173,4$
	60	$X_C = 90,2$; $Y_C = 173,0$

этому в расчетах были заложены три варианта реализации продукции 100, 80 и 60 % от объема производства.

Полученные результаты позволили определить оптимальное месторасположение распределительного центра для каждой группы районов (табл. 2).

По полученным результатам распределительный центр для первой группы районов определили северную часть Сергиево-Посадского района, для второй группы — на границе Балашихинского и Ногинского районов и для третьей группы — юго-западную часть Истринского района.

В дальнейшем была проведена корректировка полученных результатов с учетом транспортных развязок, класса и интенсивности загрузки дорог, удаленности от логистических центров, располагающих парком транспорта, который можно было бы использовать при организации движения грузопотоков.

Сформулированные предложения позволят экономически и технически обоснованно подходить к решению вопросов продовольственного обеспечения области, а также будут способствовать развитию механизмов долгосрочных и взаимовыгодных отношений между производителями и потребителями сельскохозяйственной продукции при посредническом участии распределительного центра.

Список литературы

1. Удельный вес продукции растениеводства в продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств по субъектам Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. — Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/#

УДК 631.86:631.15

Л.С. Качанова, *канд. техн. наук*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина
М.В. Вуколов
Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИЯХ АПК

ООН и международные сельскохозяйственные организации все чаще актуализируют вопрос о переходе на биологическое земледелие с использованием органических удобрений, как важный этап восстановления окружающей среды и природных процессов. Органические удобрения являются неотъемлемой частью биологического земледелия — единственного абсолютно безопасного вида сельскохозяйственной деятельности для окружающей среды и человека.

Основным направлением развития АПК является внедрение систем органического земледелия с применением минеральных и органических удобрений. Использование удобрений в сельском хозяйстве обеспечивает примерно половину прибавки урожая. Минеральные и органические удобрения по-разному влияют на объекты окружающей среды, что необходимо учитывать при их практическом использовании [1].

Известно, что растение является в определенной степени самонастраивающейся системой. Тем не менее величина урожая во многом определяется фактором, элементом питания, который оказывается «узким местом». Одной из задач системы удобрений является своевременное выявление подобных факторов и нейтрализация их тормозящего воздействия [2]. При этом в каждом конкретном случае должны быть использованы взаимосвязи между урожаем и основными затратами, определяющими его величину и качество. Наилучшим образом такие взаимосвязи находят свое выражение в производственных функциях «почва, климат — удобрение — урожай» [3].

Систематизировать подобные взаимосвязи, получить оптимальный план размещения удобрений не представляется возможным без использования экономико-математических и статистических методов и средств вычислительной техники.

Первоочередной задачей разработки систем удобрения является максимальная отдача от вкладываемых средств за счет наиболее рационального их распределения с учетом значимости получаемой продукции для внутрихозяйственного потребления и реализации на внешнем рынке.

Разработка экономико-математической матричной модели применения системы удобрений с блочным расположением информации содержит следующие составляющие.

Система переменных экономико-математической модели:

x_r – общий прирост урожайности r культуры, ц;

x_f – количество закупаемого минерального и органического удобрения f вида, кг д. в., т;

x_{rk} – прирост урожайности r культуры по k интервалу прибавки, ц;

x_{rlk} – дозы действующего вещества l, соответственно N, P_2O_5 и K_2O, отнесенные на прирост урожайности r культуры по k интервалу прибавки, кг д. в/га;

x_{rtlf} – дозы в физической массе f удобрения для t способа внесения под r культуру, ц/га;

x_{jn} – поголовье j вида животного n половозрастной группы, гол.;

x_{rvwl} – приход v и расход w гумуса, без учета органического удобрения вида l под прирост урожайности с.-х. культур r на всю площадь, т.

Система ограничений экономико-математической модели.

1. Группа ограничений по балансу выноса элементов питания продукцией и внесения их с удобрениями. Ограничения обеспечивают соответствие норм удобрений в единицах действующего вещества приросту урожайности. Обобщенная математическая запись ограничений данной группы имеет следующий вид:

$$-\lambda_l x_{rlk} + a_{rlk} x_{rk} = 0, \ (k \in K, l \in L, r \in R), \quad (1)$$

где r — номер r культуры, $r \in R$; R — множество, составленное номерами r культур; l — номер вида удобрения (элемента питания), $l \in L$; L — множество, составленное номерами видов удобрений (элементов питания); k — номер интервала прибавки урожайности, $k \in K$; K — множество, составленное номерами интервалов прибавки урожайности; λ_l — содержание элементов питания l-го вида в единице действующего вещества удобрения l-го вида; a_{rlk} — затраты действующего вещества удобрений l-го вида на единицу прироста урожайности r-й культуры в k-м интервале прибавки, кг д. в/га; x_{rlk} — искомая доза действующего вещества удобрения l-го вида, отнесенная на прирост урожайности r-й культуры по k-му интервалу прибавки, кг д. в/га; x_{rk} — искомый прирост урожайности r-й культуры в k-м интервале прибавки, ц/га.

2. Группа ограничений по границе интервалов прибавки урожайности.

Ограничения реализуют условия по пределу прироста урожайности элементарной культуры в выделенном интервале прибавки.

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$\lambda_{rk} x_{rk} \le b_{rk}, \ (k \in K, \ r \in R), \quad (2)$$

где b_{rk} — граница k-го интервала прибавки урожайности r-й культуры, ц/га; λ_{rk} — выход основной продукции с единицы прироста урожайности r-й культуры по k-му интервалу прибавки; $\lambda_{rk} = 1, \ (k \in K, \ r \in R)$.

3. Группа ограничений по формированию годовых норм удобрений в ассортименте поставки. Ограничения предназначены для перехода от суммарной годовой нормы удобрений в единицах действующего вещества к дозам конкретных форм удобрений в единицах физической массы.

Обобщенная математическая запись:

$$\sum_{k \in K} (\lambda_l x_{rlk}) - \sum_{t \in T} \sum_{f \in F} (V_{ef} x_{rtf}) = 0, \quad (\lambda_l = 1, \ l \in L, \ r \in R), \quad (3)$$

где f — номер формы удобрения, $f \in F$; F — множество, образованное номерами форм удобрений; F_l — подмножество множества F, составленное номерами форм удобрений, отнесенных к l-му виду удобрений; t — номер срока внесения удобрений, $t \in T$; T — множество, составленное номерами сроков внесения удобрений; V_{ef} — содержание действующего вещества l-го вида в единице физической массы f-й формы удобрения, кг д. в/га; x_{rtf} — искомая доза f-й формы удобрения для внесения в t-й срок под r-ю культуру, ц.

4. Группа ограничений по распределению годовых норм удобрений по срокам внесения. Ограничения предназначены для формирования доз удобрений в ассортименте в соответствии с требованиями по агросрокам применения удобрений.

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$-\sum_{f \in F} (V_{lf} x_{rtf}) + W_{lt} \left(\sum_{t \in T} \sum_{f \in F_l} (V_{lf} x_{rtf}) \right) \le 0, \quad (l \in L, \ r \in R), \quad (4)$$

где W_{lt} — предельно допустимая доля внесения в t-й срок удобрения l-го вида в годовой норме удобрения l-го вида.

5. Группа ограничений по допустимому удельному весу отдельных форм удобрений в общей дозе.

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$V_{lf} x_{rtf} - W_{ltf} \sum_{f \in F_l} (V_{lf} x_{rtf}) \le 0, \quad (f \in F, \ t \in T, \ r \in R), \quad (5)$$

где W_{ltf} — предельно допустимая доля дозы внесения в t-й срок f-й формы удобрения l-го вида в общей дозе удобрения, в рассматриваемый срок внесения этого же вида.

6. Группа ограничений по суммарному приросту урожайности на участке. Ограничения выполняют вспомогательную функцию: позволяют сформировать значение специальной переменной, характеризующей общую прибавку урожайности по каждой культуре, суммированием частных приростов урожайности по интервалам прибавки.

Обобщенная математическая запись:

$$\sum_{k \in K} (\lambda_r x_{rk}) - x_r = 0, \ (r \in R), \qquad (6)$$

где λ_r — выход продукции с единицы прироста урожайности r-й культуры; $x_r = 1$ $(r \in R)$; x_r — вспомогательная переменная, обозначающая суммарный прирост урожайности по r-й культуре, ц.

7. Группа ограничений по балансу ресурсов и потребления удобрений.

Ограничения входят в состав связующего блока.

a. Группа ограничений по балансу ресурсов и потребления минеральных удобрений. Обобщенная математическая запись:

$$W_f \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} (a_r x_{rtf}) \le b_f, \ (f \in F), \qquad (7.1)$$

где W_f — технико-экономический коэффициент, определяющий изменение единиц измерения, $W_f = 0{,}1$ $(f \in F)$; a_r — площадь участка под r-й культурой, га; b_f — фонды удобрений f-й формы, т.

b. Группа ограничений по балансу ресурсов и потребления органических удобрений. Обобщенная математическая запись:

$$W_f \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} (a_r x_{rtf}) - W_r \sum_{j \in J} \sum_{n \in N} (d_{jn} t_{jn} x_{jn}) \le 0, \quad (f \in F), \qquad (7.2)$$

где W_r — технико-экономический коэффициент, определяющий изменение единиц измерения, $W_r = 0{,}001$; d_{jn} — технико-экономический коэффициент, определяющий суточный выход навоза от j вида животного n половозрастной группы, кг/гол.; t_{jn} — продолжительность стойлового периода животных j вида n половозрастной группы, дней; x_{jn} — поголовье j вида животного n половозрастной группы, гол.

8. Группа ограничений по производству продукции.

Ограничения реализуют условия по выполнению заданий по производству отдельных видов продукции в натуре (прирост урожая за счет удобрений). Обобщенная математическая запись:

$$W_r a_r \sum_{r \in R_m} (\lambda_{rm} x_r) \ge b_m, \ (\lambda_{rm} = 1, \ m \in M), \qquad (8)$$

где m — номер вида интегральной продукции, $m \in M$; M — множество, составленное номерами видов продукции; R_m — подмножество множества R, составленное номерами культур, отнесенных к m-му виду интегральной продукции; λ_{rm} — выход продукции m-вида в пересчете на единицу продукции r-й культуры; W_r — масштабный множитель перевода центнеров в тонны, $W_r = 0{,}1$ $(r \in R)$; b_m — минимальный допустимый объем производства продукции m-го вида, т.

9. Группа ограничений по поддержанию бездефицитного баланса гумуса в почве. Ограничения реализуют условия по поддержанию бездефицитного баланса гумуса в почве с целью создания условий для воспроизводства почвенного плодородия. Математическая запись ограничения имеет следующий вид:

$$\sum_{r \in R} \beta_{ir} a_r + W_f \sum_{f \in F} x_{rtlf} k_{if} a_r \ge 0, \qquad (9)$$

где β_{ir} — норма минерализации (накопления) гумуса, т. е. ресурса вида i под посевами культур и угодий вида r; вводится со знаком плюс в случае образования гумуса и со знаком минус при его выносе; k_{if} — коэффициент перевода органических удобрений вида f в гумус (ресурс вида i).

10. Группа ограничений по наличию скотомест для размещения поголовья половозрастных групп животных в стойловый период.

Обобщенная математическая запись:

$$x_{jn} \le a_{jn} \ (j \in J, \ n \in N), \qquad (10)$$

где a_{jn} — количество скотомест для размещения животных j вида n половозрастной группы, гол.

11. Группа ограничений по покупке удобрений. Ограничения реализуют условия по покупке минеральных и органических удобрений, причем отдельные их виды могут быть дефицитными. Математическая запись ограничения имеет следующий вид:

$$Z_f x_f \le E_f, \ (f \in F), \qquad (11)$$

где Z_f — цена минерального и органического удобрения вида f, тыс. р./т.; E_f — финансовые ресурсы на покупки удобрений вида f, тыс. р.; x_f — количество закупаемого минерального и органического удобрения вида f.

12. Группа ограничений по приходу и расходу гумуса, без учета органического удобрения под прирост урожайности.

Обобщенная математическая запись:

$$x_{rvwl} \le \sum_{r=1}^{R} a_r (b_{vrl} - b_{wrl}), \ (r \in R), \qquad (12)$$

где v — разновидности прихода гумуса при расчете баланса без учета действия органического удобрения вида f; w — разновидности расхода гумуса при расчете его баланса; V — совокупность приходных статей гумуса без учета действия органического удобрения; W — совокупность расходных статей гумуса; b_{vrl} — количество гумуса, образованное из пожнивных и корневых остатков r культуры, без учета действия органического удобрения вида f, т/га; b_{wrl} — потери гумуса за счет минерализации, от эрозии, т/га.

Условия неотрицательности переменных экономико-математической модели: переменные всех групп неотрицательны.

В качестве критерия оптимальности использован показатель дополнительного чистого дохода, отнесенного на удобрение.

Обобщенная математическая запись целевой функции может быть представлена следующим образом:

$$\max z = \sum_{r \in R} \left[a_r \left((c_{mr} - c_r) x_r \right) - \sum_{t \in T} \sum_{f \in F} (c_{ft} x_{rft}) \right], \qquad (13)$$

где c_{ft} — удельные суммарные затраты на применение в t-й срок 1 ц f-й формы удобрения. Суммарные затраты складываются из затрат на приобретение, транспортировку, приготовление и внесение удобрений и накладных расходов, в расчете на 1 ц удобрений, р.; c_{mr} — цена 1 ц продукции r-й элементарной культуры, отнесенной к m-му виду интегральной продукции, р.; c_r — удельные затраты на уборку, транспортировку и доработку 1 ц продукции r-й элементарной культуры, ц.

Используя разработанную модель применения системы удобрений, определим объемы вносимых удобрений, величину дополнительного чистого дохода, отнесенного на удобрение в соответствии с возможностями СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского район Ростовской области приобрести минеральные удобрения и с учетом развития животноводства (для органических удобрений). В качестве анализируемых культур выбраны: озимая пшеница, яровой ячмень, подсолнечник и кукуруза на зерно.

В отчетах (рис. 1), полученных в ходе оптимизации экономико-математической модели по распределению фондов удобрений СПК (колхоз) «Колос», представлены следующие основные результаты:

1. При распределении минеральных и органических удобрений по участкам возделывания с.-х. культур, максимальный чистый доход от использования удобрений составил 21 644 717,08 р.

2. При использовании органических удобрений появилась возможность высвободить некоторую часть минеральных удобрений, что скажется на снижении себестоимости возделывания с.-х. культур; так ресурс КАС-32 остался полностью не использован — 139,1 кг д.в. (организации рекомендовано отказаться от применения данного удобрения), сульфат аммония недоиспользован на 68,79 кг д.в.

3. Рекомендуемые оптимизированные объемы удобрений для СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского район Ростовской области представлены на рис. 2.

4. Рекомендуемые объемы приобретения минеральных и органических удобрений для получения наибольшей урожайности с.-х. культур суперфосфат простой порошкообразный — 280 т, соль калийная — 2,94 т, органические удобрения — 90 т.

5. Теневая цена, представленная в отчете по устойчивости модели (рис. 3), определяет изменение величины функционала при изменении значения объема ограничения. Например: увеличение заданий по производству зерна озимой пшеницы и ярового ячменя на 1 т приведет к уменьшению целевой функции на 13 347,1 и 2820,8 р., соответственно; увеличение объемов приобретения на 1 т суперфосфата простого порошкообразного и ам-

Microsoft Excel 14.0 Отчет о результатах
Лист: [Mode_2013_10_25.xls]Ud3
Отчет создан: 26.10.2013 20:41:28
Результат: Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены.
Модуль поиска решения
Модуль: Поиск решения линейных задач симплекс-методом
Время решения: 0,484 секунд.
Число итераций: 101 Число подзадач: 0
Параметры поиска решения
Максимальное время Без пределов, Число итераций Без пределов, Precision 0,000001
Максимальное число подзадач Без пределов, Максимальное число целочисленных решений Без пределов,
Целочисленное отклонение 5%, Считать неотрицательными

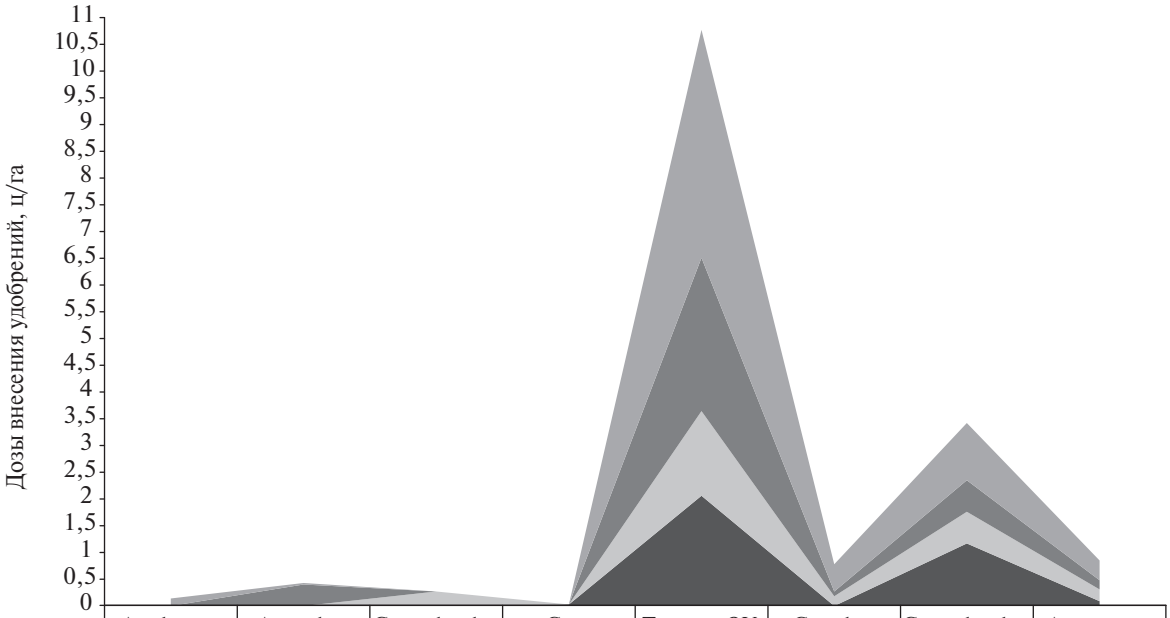
Ячейка целевой функции (Максимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Окончательное значение
$DM$85	х ввод формул	0,00	21644717,08

Ограничения

Ячейка	Имя	Значение ячейки	Формула	Состояние	Допуск
$DM$11	ц д.в. ввод формул	0,00	$DM$11=$DL$11	Привязка	0
$DM$61	ц д.в. ввод формул	0,00	$DM$61<=$DL$61	Привязка	0
$DM$65	т ввод формул	0,00	$DM$65<=$DL$65	Без привязки	139,1
$DM$60	ц д.в. ввод формул	0,00	$DM$60=$DL$60	Привязка	0
$DM$83	т ввод формул	90,00	$DM$83<=$DL$83	Привязка	0
$DM$66	т ввод формул	8,50	$DM$66<=$DL$66	Привязка	0
$DM$67	т ввод формул	45,40	$DM$67<=$DL$67	Без привязки	68,79856953
$DM$63	ц ввод формул	0,00	$DM$63=$DL$63	Привязка	0
$DM$68	т ввод формул	3,80	$DM$68<=$DL$68	Привязка	0
$DM$69	т ввод формул	0,00	$DM$69<=$DK$69	Привязка	0
$DM$69	т ввод формул	0,00	$DM$69<=$DL$69	Привязка	0

Рис. 1. **Фрагмент отчета по результатам экономико-математической модели по распределению фондов удобрений СПК (колхоз) «Колос»**



	Азофоска (основное внесение), ц/га	Аммофос (основное внесение), ц/га	Суперфосфат простой порошко-образный	Соль калийная (основное внесение), ц/га	Твердое ОУ (основное внесение), ц/га	Сульфат аммония (припосевное внесение), ц/га	Суперфосфат простой порошко-образный	Аммиачная селитра (подкормка), ц/га
Кукуруза на зерно	0,14	0,03	0	0	4,263	0,51	1,07	0,37
Подсолнечник	0	0,4	0	0	2,866	0,09	0,59	0,17
Яровой ячмень	0	0	0,27	0	1,583	0,18	0,59	0,22
Озимая пшеница	0	0	0	0,03	2,06	0	1,17	0,09

Ассортимент удобрений

Рис. 2. **Оптимальные дозы удобрений для СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского район Ростовской области**

Microsoft Excel 14.0 Отчет об устойчивости
Лист: [Mode_2013_10_25.xls]Ud3
Отчет создан: 26.10.2013 20:41:32

Ограничения

Ячейка	Имя	Окончательное Значение	Тень Цена	Ограничение Правая сторона	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
$DM$11	ц д.в. ввод формул	1,77636E-15	36258,5	0	0	16,48313485
$DM$12	ц ввод формул	10,3	0	12	1E+30	1,7
$DM$14	ц д.в. ввод формул	8,60222E-15	438189,1938	0	0	6,911342767
$DM$23	ц д.в. ввод формул	3,55271E-14	16544,59429	0	3,701502352	17,59248824
$DM$15	ц д.в. ввод формул	4,56239E-15	36258,5	0	0	16,48313485
$DM$82	т ввод формул	0	31333,08415	0	21,81796711	0
$DM$70	т ввод формул	-2,03393E-13	0	0	2,94065	47,05935
$DM$58	ц д.в. ввод формул	-3,12639E-13	25262,94667	0	9,696391394	9,216995443
$DM$72	т ввод формул	1176,26	-13347,13759	1176,26	184,4624477	58,80968
$DM$68	т ввод формул	3,8	180925,8846	3,8	5,231828698	15,29344168
$DM$69	т ввод формул	-2,89901E-12	0	0	1E+30	-2,83116E-14
$DM$69	т ввод формул	-2,89901E-12	69440,66441	0	0	39,4637672
$DM$10	ц д.в. ввод формул	-1,77636E-14	438189,1938	0	2,382268759	6,911342767
$DM$73	т ввод формул	387,6	-2820,794496	387,6	61,2	162,2515596
$DM$71	т ввод формул	3,81988E-11	6,82121E-13	0	6212,440317	266,5196835
$DM$75	т ввод формул	1576,19	0	766,29	809,9	1E+30

Рис. 3. **Фрагмент отчета по устойчивости экономико-математической модели по распределению фондов удобрений СПК (колхоз) «Колос»**

мофоса приведет к увеличению целевой функции на 69 440,6 и 31 333,08 р. соответственно.

Аналогично анализируется показатель нормированной стоимости переменных, который определяет изменение величины функционала при изменении значения переменной.

Разработанная модель апробирована с применением практических данных СПК (колхоз) «Ко-

лос» Матвеево-Курганского район Ростовской области. Оптимизация фондов, сроков применения удобрений позволит с.-х. организации получать необходимое количество продукции растениеводства при существенной экономии средств на покупку удобрений, внесении их в почву, а также использовать ценный ресурс — навоз от различных групп животных, выращиваемых в с.-х. организации. Навоз выступает как сырье для получения высококачественных органических удобрений, которые в свою очередь являются источником пополнения питательных веществ почвы, а главное — источником восстановления гумуса.

Список литературы

1. Бондаренко А.М., Забродин В.П., Курочкин В.Н. Механизация процессов переработки навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения: монография. — Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. — 184 с.

2. Вуколов М.В. Автоматизированное рабочее место «АГРОНОМ-АГРОХИМИК»: методические указания для студентов агрономических специальностей. — М.: МСХА, 1992. — 62 с.

3. Качанова Л.С., Вуколов М.В. Моделирование распределения фондов минеральных удобрений сельскохозяйственной организации: методические рекомендации по выполнению курсовой работы. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2013. — 36 с.

УДК 631.171/.173.003.12

Н.И. Селезнёва

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В последние годы в агропромышленном комплексе сохраняется тенденция сокращения наличия сельскохозяйственной техники. Парк машин к уровню 1990 года уменьшился более чем наполовину. В настоящее время поступление новой техники составляет не более 3 % от ее наличия, а списание — 4...8 % [1]. Вследствие износа ремонтного оборудования значительно падает качество производимой продукции. Остро встает вопрос обновления как парка сельскохозяйственных машин, так и ремонтно-обслуживающей базы. Для того чтобы руководителям предприятий легче было определиться с выбором нового оборудования, необходима методика оценки технико-экономического уровня машин и оборудования.

К основным технико-экономическим показателям технологического оборудования относятся:

- стоимость оборудования по каталогу производителя (дилера), $C_т$;
- срок эксплуатации оборудования, $T_{сл}$;
- масса оборудования, M;
- норма амортизации оборудования, $З_а$;
- монтажно-наладочные расходы, $C_{мн}$;
- численность обслуживающего персонала, L;
- суммарные затраты на заработную плату персонала, которая складывается из основной и дополнительной заработной платы с учетом социальных отчислений, $ЗП$;
- часовая производительность оборудования, $P_ч$;
- годовая производительность, $W_г$;
- норма затрат на техническое обслуживание и ремонт (% от балансовой стоимости), $H_{тор}$;
- расход электроэнергии, $Q_{эл}$;
- стоимость электроэнергии, $Ц_{эл}$.

Текущие издержки (эксплуатационные затраты) при использовании технологического оборудования рассчитываются так:

$$З_{экс} = ЗП + З_{эл} + З_а + З_{тор}, \quad (1)$$

где $ЗП$ — суммарная заработная плата (с начислениями) обслуживающего персонала (основная и дополнительная, учитывающая надбавки за стаж, квалификацию, доплаты за качество и количество произведенной продукции); $З_{эл}$ — затраты на электроэнергию; $З_а$ — затраты на амортизацию оборудования; $З_{тор}$ — затраты на ремонт и техническое обслуживание.

Заработная плата обслуживающего персонала на единицу работы:

$$ЗП = \frac{ЗП_{общ} L W_г}{P_ч}, \quad (2)$$

где $ЗП_{общ}$ — общая заработная плата всего обслуживающего персонала со всеми отчислениями за 1 ч работы; L — численность обслуживающего персонала; $W_г$ — годовая наработка; $P_ч$ — часовая производительность.

Затраты на электроэнергию:

$$З_{эл} = Q_{эл} Ц_{эл} W_г, \quad (3)$$

где $Q_{эл}$ — расход электроэнергии при использовании технологического оборудования; $Ц_{эл}$ — цена электроэнергии.

Затраты на амортизацию технологического оборудования:

$$З_а = \frac{Б_{ст} Н_а t_{оп}}{100 T_г}, \quad (4)$$

где $Б_{ст}$ — балансовая стоимость сельскохозяйственной техники по каталогам производителей (дилеров); $Н_а$ — норма амортизации на технику; $t_{оп}$ — время занятости оборудования на выполнении технологической операции; $T_г$ — годовая загрузка оборудования.

В балансовую стоимость технологического оборудования входит их фактическая стоимость по каталогу, затраты на его доставку (транспортно-заготовительные расходы) и на введение в эксплуатацию этого оборудования первый раз (монтажно-наладочные работы) [2]. Исходя из этого балансовая стоимость технологического оборудования такова:

$$Б_{ст} = С_т + С_{тз} + С_{мн}, \quad (5)$$

где $С_т$ — стоимость техники по каталогу; $С_{тз}$ — транспортно-заготовительные расходы, сюда входят: расходы на укомплектование заказа на фирме-изготовителе и затраты на доставку техники до потребителя; затраты на укомплектование заказа; затраты на транспортировку; $С_{мн}$ — монтажно-наладочные работы (рассчитываются в зависимости от затрат на введение в эксплуатацию новой техники первый раз).

Затраты на техническое обслуживание и ремонт:

$$З_{тор} = \frac{Б_{ст} Н_{тор} t_{оп}}{100 T_г T_{сл}}, \quad (6)$$

где $Н_{тор}$ — норма затрат на техобслуживание и ремонт; $T_{сл}$ — срок службы техники.

Как видно из используемой в настоящее время методики расчета, в ней не учитываются потери производителя, возникающие вследствие отклонений технологического процесса от установленных норм качества. Автор сделал следующие основные заключения и предложения по совершенствованию теоретических аспектов.

Известно, что нарушение норм точности при окончательной обработке новых или ремонтируемых деталей ведет к появлению исправимого и неисправимого брака [3].

Для того чтобы проанализировать показатели качества и экономические показатели оборудования, необходимо суммировать затраты, связанные с созданием продукции на данном оборудовании, и потери, возникающие при создании этой продукции из-за отклонений технологического процесса от установленных норм качества продукции.

При оценке какого-либо оборудования и выполняемого им процесса удобнее всего пользоваться показателями технологичности, такими как материалоемкость оборудования, энергоемкость, трудоемкость, материалоемкость технологического процесса (расход материалов при выполнении данной технологической операции). Назовем их общим термином — *ресурсоемкость*.

Любые ресурсы в процессе создания из их или с помощью них продукции переносят свою стоимость на продукцию. Поэтому у каждого ресурса есть своя расценка. Таким образом, затраты с точки зрения оценки качества можно представлять в виде произведения показателя ресурсоемкости на свою расценку и все это в расчете на единицу полезного эффекта — продукции.

При создании продукции неизменно появляются потери — исправимый или неисправимый брак. Чтобы оценить эти потери, автор ввел такой показатель, как *потереемкость*.

Потери так же, как и затраты, удобно представлять в форме произведения потереемкости и расценки данного вида потерь на единицу продукции.

В общем виде зависимость для оценки качества технологического оборудования будет выглядеть так:

$$У_к = \prod_{i=1}^{x} k_i \sum_{i=1}^{n} З_i + \prod_{i=1}^{u} k_i \sum_{i=1}^{m} П_i, \quad (7)$$

где $У_к$ — суммарные затраты на качество в расчете на единицу продукции; $З_i$ — i-й вид затрат на производство единицы продукции на данном оборудовании; $П_i$ — i-й вид потерь при производстве единицы продукции на данном оборудовании; k_i — коэффициент учета дополнительных затрат, начислений, потерь и других экономических факторов, не оказывающих прямого влияния на затраты и потери, но увеличивающих данные затраты или потери при рассмотрении участка, цеха, предприятия в целом; x, u — число коэффициентов для корректирования затрат и потерь; n, m — число видов затрат и потерь.

Каждый вид затрат на производство единицы продукции можно представить в следующем обобщенном виде:

$$З_i = u_i p_i \prod_{j=1}^{z} k_{ij}, \quad (8)$$

где u_i — расценка используемого i-го ресурса; p_i — ресурсоемкость i-го ресурса; k_{ij} — корректирующий j-й коэффициент использования i-го ресурса или учета дополнительных затрат; z — число коэффициентов.

При расчете удельных затрат основных видов ресурсов удельные показатели ресурсоемкости определяются путем деления расхода каждого вида ресурса за установленный промежуток времени на полезный эффект, произведенный за этот же промежуток времени [4]:

удельная материалоемкость технологического оборудования

$$м = M/(PT_{сл}Ф_{до}), \quad (9)$$

где M — масса оборудования, кг; P — эксплуатационная производительность оборудования, шт./ч; $T_{сл}$ — срок службы оборудования, лет; $Ф_{до}$ — действительный годо-

вой фонд времени работы оборудования, ч (при 40-часовой рабочей неделе для металлорежущего оборудования $Ф_{до} = 2000$ ч — при работе в одну смену);

удельная трудоемкость операции шлифования коленчатых валов и технического обслуживания технологического оборудования

$$t_{ош} + t_{то} = L_{ош}/P, \quad (10)$$

где $L_{ош}$ — затраты труда операторов на операцию шлифования за единицу времени, по которым определяется производительность (чел.-ч, чел.-смена, чел.-год);

удельная трудоемкость ремонта технологического оборудования

$$t_р = L_р/(PФ_{до}), \quad (11)$$

где $L_р$ — затраты труда операторов на ремонт за единицу времени, по которым определяется производительность (чел.-ч, чел.-смена, чел.-год);

удельные затраты на запасные части при ТО и ремонте

$$З_{зч} = \frac{\sum C_{зч}}{PФT}, \quad (12)$$

где $\sum C_{зч}$ — суммарная стоимость запасных частей, р.;

удельная энергоемкость технологического оборудования

$$Э = \frac{Wk_1k_2}{Pk_3}k_4, \quad (13)$$

где W — мощность двигателя, кВт; k_1, k_2 — коэффициенты использования двигателя по мощности и по времени; k_3 — коэффициент полезного действия двигателя; k_4 — коэффициент приведения параметров мощности и производительности к одной единице времени.

Для металлорежущего оборудования $k_1 = 0{,}3...0{,}5$; $k_2 = 0{,}3...0{,}7$; $k_3 = 0{,}93...0{,}95$, $k_4 = 1$;

удельная материалоемкость применяемых вспомогательных материалов (в данном случае — режущего инструмента, СОЖ)

$$м_п = R/P_1, \quad (14)$$

где R — расход материалов на изготовление P_1 единиц продукции, ед.

Уравнение (8) примет вид

$$З = \left(ц_о м k_м k_р + \frac{k_з \sum (ц_t t)}{k_{ут}} + ц_э э k_с + З_{зч} + ц_м м_п \right) k_{пр}, \quad (15)$$

где $ц_о$, $ц_t$, $ц_э$, $ц_м$ — расценки используемых ресурсов соответственно на создание технологического оборудования (станков), на трудозатраты, энергию, на ремонт и техническое обслуживание и основные материалы в процессе изготовления продукции, р./ед. ресурса; $k_м$ — коэффициент учета затрат на доставку, монтаж и наладку продукции; $k_р$ — коэффициент учета затрат на ремонт и техническое обслуживание продукции; $k_з$ — коэффициент учета дополнительной заработной платы и всех начислений; $k_{ут}$ — коэффициент условий труда, влияющих на его производительность в зависимости от эргономичности и эстетичности рабочего места; $k_с$ — коэффициент учета расхода вспомогательных материалов (смазочных, охлаждающих и др.); $k_{пр}$ — коэффициент учета прочих цеховых, общезаводских и внепроизводственных расходов.

При обработке и восстановлении деталей возникают два вида брака — исправимый и неисправимый. Вследствие этого мы выделили два вида возникающих при вышеназванных процессах потерь — от исправимого и неисправимого брака. Первый вид потерь — стоимость восстановления бракованной детали, второй вид — разница стоимости восстановленной детали и стоимости лома (детали с неисправимым браком).

Поскольку потери представлены в форме произведения потереемкости и расценки данного вида потерь на единицу продукции, то каждый вид потерь при производстве единицы продукции можно представить в следующем виде:

$$П_i = c_i n_i \prod_{j=1}^{y} k_{ij}, \quad (16)$$

где c_i — стоимость i-го вида потерь от одного дефектного изделия; n_i — потереемкость i-го вида потерь; k_{ij} — корректирующий j-й коэффициент i-го вида потерь или учета дополнительных потерь; y — число коэффициентов.

Зависимость (7) после подстановки в нее (8) и (16) приобретет вид

$$У_к = \prod_{i=1}^{x} k_i \sum_{i=1}^{n} u_i p_i \prod_{j=1}^{z} k_{ij} + \prod_{i=1}^{u} k_i \sum_{i=1}^{m} c_i n_i \prod_{j=1}^{y} k_{ij}. \quad (17)$$

При расчете по формуле (17) удельных потерь удельные показатели потереемкости определяются путем деления количества бракованных изделий каждого вида $B_{iбр}$ на общее количество изделий B, произведенных за один промежуток времени, или вероятностью появления брака $p_{бр}$:

$$n = B_{iбр}/B = p_{бр}. \quad (18)$$

Для расчета обоих видов потерь необходимо знать следующие показатели: номинальный размер d_n с отклонениями, коэффициент точности технологического процесса $K_т$, коэффициент относительной асимметрии α, годовую программу производства B.

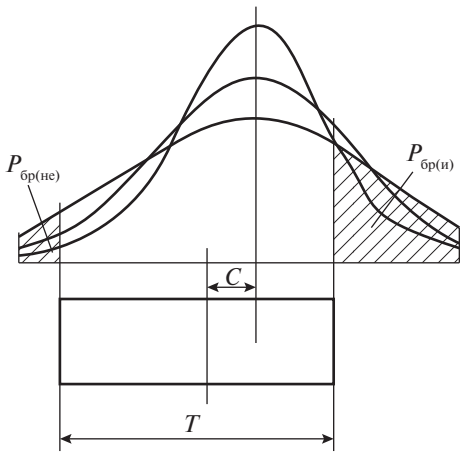
Зона рассеяния действительных размеров (технологического процесса):

$$\omega = TK_т. \quad (19)$$

Смещение действительных размеров относительно середины допуска C:

$$C = \omega\alpha. \quad (20)$$

При увеличении коэффициентов точности технологического процесса $K_т$ и относительной асимметрии α будет происходить увеличение зоны рассеяния действительных размеров ω и смещение



Смещение зоны рассеяния действительных размеров ω и смещение действительных размеров d_e в сторону исправимого брака

действительных размеров d_e в сторону исправимого брака, что можно увидеть на рисунке.

Определяем среднеквадратичное отклонение рассеяния действительных размеров (технологического процесса) [5]:

$$\sigma_{тех} = \omega_{тех}/6. \quad (21)$$

Принимаем условие, что центр рассеяния совпадает с серединой поля допуска. Определяем величины интервала размеров от центра группирования до зоны исправимого $X_{иб}$ и неисправимого $X_{нб}$ брака:

$$X_{иб} = X_{нб} = X = T/2. \quad (22)$$

Определяем коэффициенты риска:

$$t_{иб} = t_{нб} = t = X/\sigma_{тех}. \quad (23)$$

Определяем значение интегральной функции Лапласа:

$$\Phi(t_{иб}) = \Phi(t_{нб}) = \Phi(t).$$

Определяем вероятный процент бракованных деталей:

$$Q_{иб} = Q_{нб} = (0{,}5 - \Phi(t))100\,\%. \quad (24)$$

Итог: $P_{иб} = P_{нб}$ — вероятность того, что деталь будет являться исправимым или неисправимым браком после контроля.

Потери от исправимого или неисправимого брака можно определить по выражениям:

$$П_{иб} = З_{иб} P_{иб} W_г, \quad (25)$$

где $З_{иб}$ — затраты на исправление брака; $W_г$ — годовая производительность станка;

$$З_{иб} = З_{зп} + З_э + З_{вм} + З_а, \quad (26)$$

где $З_{зп}$ — затраты на заработную плату рабочему персоналу; $З_э$ — затраты на электроэнергию; $З_{вм}$ — затраты на вспомогательные материалы; $З_а$ — затраты на амортизацию;

$$П_{нб} = (C_д - C_л) P_{нб} W_г, \quad (27)$$

где $C_д$ — стоимость детали; $C_л$ — стоимость лома.

Суммарные потери определяем по выражению

$$П_Σ = П_{иб} + П_{нб}. \quad (28)$$

Вероятный процент годных деталей

$$Q_г = 100\,\% - (Q_{иб} + Q_{нб}). \quad (29)$$

Вероятность того, что деталь годная $P_г = Q_г/100$.

Таким образом, автор усовершенствовал методику оценки технико-экономического уровня технологического оборудования, предложив оценивать потери, возникающие в процессе производства. Также были введены два новых показателя и способ их расчета. Универсальность методики состоит в том, что она может быть использована для любого вида оборудования с учетом его особенностей.

Список литературы

1. Голубев И.Г., Кухмазов М.К. Современный технический сервис в АПК: состояние, инновации, диверсификация // Научный доклад ФГНУ «Росинформагротех». — Пос. Правдинский, 2008. — 52 с.

2. Ковалев А.П. Оценка машин, оборудования и транспортных средств. — М.: Академия оценки, 1996. — 452 с.

3. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов. — М.: Машиностроение. Стандартизация и сертификация в машиностроении. Т. 1–5 / Г.П. Воронин, Ж.Н. Буденная, И.А. Коровкин; под общ. ред. Г.П. Воронина. — 2000. — 656 с.

4. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдуевский. — М.: Машиностроение, 1989. — Т. 7. Качество и надежность в производстве / Под ред. Апполонова И.В. — 280 с.

5. Оценка качества технического уровня технологических процессов. — М.: Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. — 60 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

УДК 681.142.1.001.57

Е.В. Худякова, *доктор экон. наук*
Н.А. Блакитная
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СРЕДЕ ANYLOGIC КАК МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ АПК

Эффективность работы предприятия, в том числе и предприятия АПК, во многом определяется рациональной организацией в нем бизнес-процессов. Современные математические подходы и инструментальные средства позволяют оптимизировать структуру бизнес-процессов, в частности с помощью инструментария систем массового обслуживания. Большинство социально-экономических процессов, в том числе производственные процессы, можно описать с помощью инструментария системы массового обслуживания: поток заявок, очередей обслуживающих устройств и из узлов. Имитационная модель, реализуемая методом дискретно-событийного моделирования позволяет получать подробную статистику о различных аспектах функционирования системы в зависимости от входных данных. Относительно СМО это — коэффициенты загрузки обслуживающих устройств, максимальная и средняя длина очереди на обслуживание, среднее время нахождения транзакта в устройстве и др.

Имитационное моделирование процессов позволяет осуществлять программы, поддерживающие дискретно-событийную концепцию моделирования. К таким программам, в частности, относится программа AnyLogic. Данная система является одной из довольно гибких и относительно доступных систем имитационного моделирования, поддерживающая на единой платформе все существующие подходы к имитационному моделированию — дискретно-событийное моделирование, а также метод системной динамики. AnyLogic имеет развитый базовый язык дискретного и смешанного дискретно-непрерывного моделирования (Java). Система позволяет графически представить моделируемую систему и оптимизировать ее структуру.

Имитационная модель, разработанная авторами, описывает структуру и воспроизводит этапы производственного процесса, происходящего в цехе по переработке молока ОАО «Никольский маслозавод», находящегося в Пензенской области.

В настоящее время маслозавод производит такие виды продукции, как масло коровье, спреды высокожирные, молоко сухое обезжиренное, молоко питьевое пастеризованное, молоко фляжное, фасованное, пахта свежая пастеризованная, сметана, кефир, бифидок, ряженка, творог, напиток кисломолочный «Снежок», творог обезжиренный. Основную долю объема производства (около 70 %) составляет молоко 3,2 % фляжное и фасованное и масло «Крестьянское». В 2011 году их производство составило 236 и 188 т соответственно. Стои-

Таблица 1

Основные характеристики оптимально организованной СМО

Характеристика СМО	Варианты		
	1	2	3 (оптимальный)
Средняя длина очереди	Очередь длинная	Очередь недлинная	Очередь недлинная
Коэффициент загрузки узла	Высокий	Низкий	Высокий

мость валовой продукции за последние три года колеблется от 5 до 10 млн р.

Моделировался процесс производства масла и творога. В цехе по их производству молоко проходит следующие стадии переработки. На первом этапе молоко привозят на завод на грузовых машинах. Затем оно поступает в сепаратор, делящий его на обрат и сливки. Сливки проходят дальнейшую сепарацию, разделяясь на пахту и жирные сливки. Пахта затем направляется на нормализацию творога, а из жирных сливок в промышленном миксере изготавливается масло, которое затем фасуется и поступает на склад. Из обрата после его обработки в трубочном сепараторе образуется творог, который затем смешивается с пахтой, охлаждается и сливается в мешки. Через определенное время содержимое мешков фасуется в специальные формы, производится взвешивание и продукция поступает на склад.

Данный бизнес-процесс можно выразить с помощью инструментария СМО. Моделирование проводилось для выявления «узких» мест в производственном процессе цеха (наличие очередей сырья к оборудованию, степени загруженности узлов сети) и оценки эффективности использования оборудования цеха. Оптимально организованным является процесс, в котором выполняются следующие условия: очередь небольшая и коэффициент загрузки устройства высокий (табл. 1).

Экономические последствия нерационально организованного процесса в СМО проявляются в виде завышенной себестоимости продукции (в случае недозагруженности оборудования) или недополучения выручки и прибыли из-за экономических потерь от пребывания транзактов в очереди (в случае высокой длины очереди к обслуживающему устройству). С помощью этой системы разработана имитационная модель работы заводского цеха молочных продуктов, работа которого представляет собой систему массового обслуживания. Концептуальная модель процесса приведена на рис. 1.

Данный процесс был смоделирован авторами в системе AnyLogic. Программа позволяет моделировать с помощью встроенного визуализатора (рис. 2).

Здесь отражены в последовательной цепи процессы сепарирования молока, сепарирования сливок, охлаждения, фасовки, пастеризации обрата, получения творога, его нормализации, фасовки и поступления на склад. Каждый объект на схеме изображен в виде специального, предусмотренного программой символа. Каждому объекту присвоены определенные свойства, для чего использовался язык программирования Java. Например, работа сепаратора имеет следующие характеристики: 1) время обработки (сепарирования) сырья, представленная в данном случае триангулярным распределением с минимальным, средним и максимальным временем — 15,20 и 24 мин соответственно и вместимостью 1 партия (рис. 3). Индивидуальные свойства присвоены каждому объекту модели.

Преимуществом системы AnyLogic является возможность визуализации бизнес-процесса. Для этого авторы запрограммировали анимацию работы основных элементов системы очереди или устройств. На рис. 3 (в нижней части) отражены индикаторы работы системы:

- коэффициент загрузки сепаратора будет отражаться во время работы фиолетовым индикатором (имя индикатора — *ATM Separator*, коэффициент его загрузки составляет 0,942).
- коэффициент загрузки миксера — зеленым индикатором (имя индикатора — *ATM Mixer*, коэффициент его загрузки составляет 0,655);
- коэффициент загрузки сепаратора для сливок — голубым (имя индикатора — *ATM Separator1*, коэффициент его загрузки составляет 0,916);
- коэффициент загрузки трубочного пастеризатора — розовым (*ATM TrubPasterizator*, коэффициент его загрузки составляет 0,167);

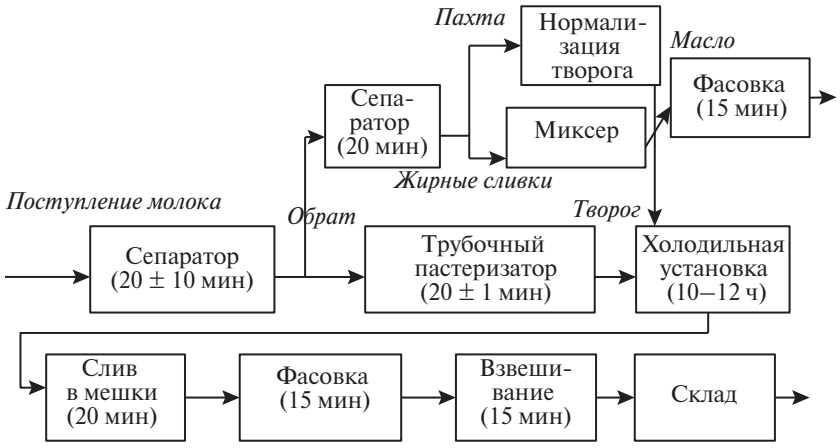


Рис. 1. **Концептуальная схема процесса переработки молока**

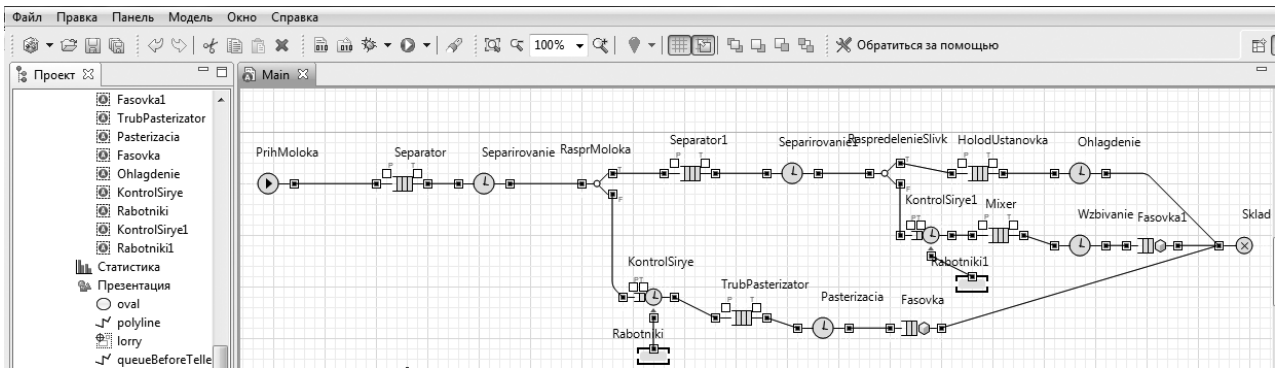


Рис. 2. **Схема модели в окне построения модели системы AnyLogic**

- коэффициент загрузки холодильной установки — красным (*ATM HolodUstanovka*, коэффициент его загрузки составляет 0,138) (рис. 4).

Эффективная и слаженная работа СМО обеспечивается тогда, когда при небольшой очереди коэффициенты загрузки всех узлов сети примерно равны и близки к 1. При запуске модели визуализация процесса позволит наглядно увидеть «узкие места» в сети и запланировать мероприятия по их устранению. Прогон модели показал, что коэффициент загрузки сепаратора близок к единице. Это положительный момент, но к нему образуется большая очередь транзактов, что является отрицательным моментом. Коэффициент загрузки пастеризатора также высокий, а у миксера недостаточный, при этом образуется большая очередь автомобилей на слив молока.

Таким образом, имитационное моделирование позволяет увидеть узкие места в сети и в данном случае на его основе авторы рекомендуют предприятию дополнительную покупку сепаратора для

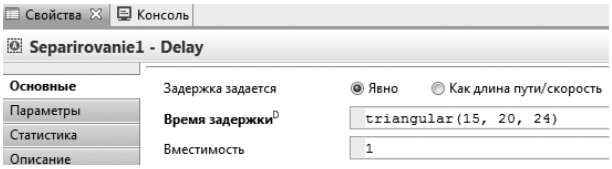


Рис. 3. **Свойства объекта *Separator***

того, чтобы бизнес-процесс был организован более эффективно. Дополнительно в модель был введен объект *Сепаратор* и осуществлен прогон модели. Были получены следующие характеристики процесса (табл. 2).

После прогона модель была остановлена по истечении 480 ед. модельного времени (480 мин), при этом коэффициент загрузки сепаратора равен 0,907. Это положительный момент, но к нему выстраивается большая очередь транзактов (табл. 2). Коэффициент загрузки трубочного пастеризатора также высокий, а у миксера недостаточный — 0,478,

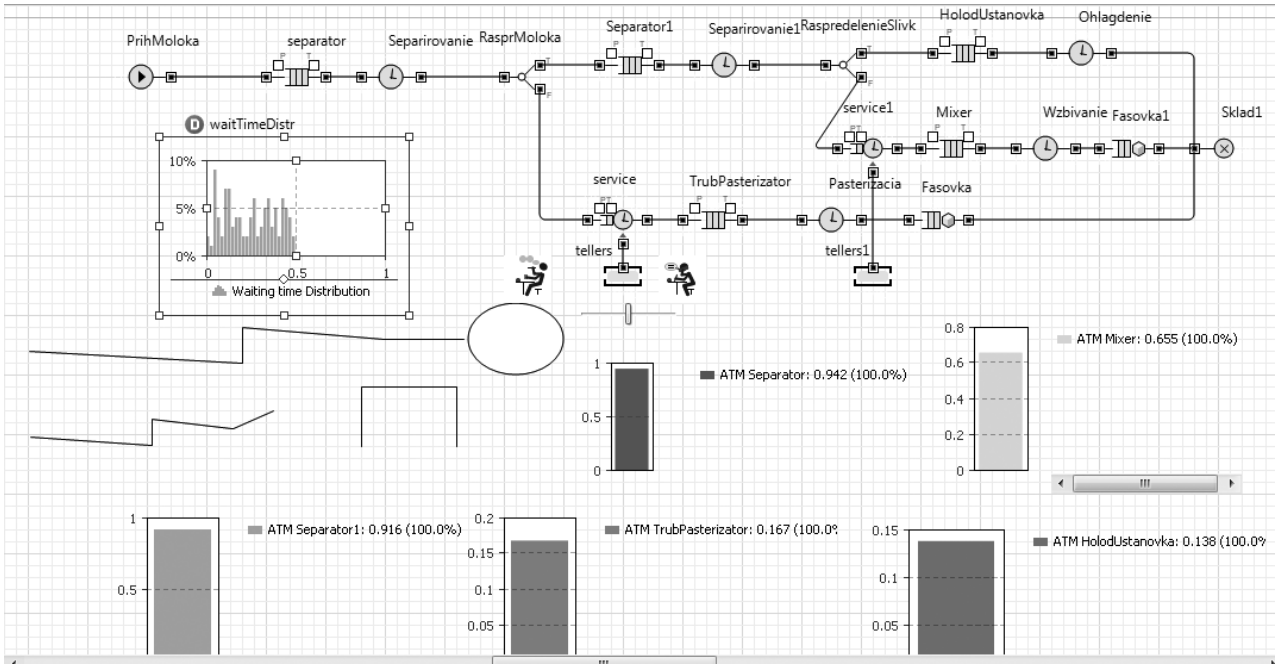


Рис. 4. **Фрагмент анимации имитационной модели с индикаторами загрузки устройств и длины очереди**

Таблица 2

Основные показатели моделируемого процесса переработки молока на ОАО «Никольский маслозавод»

Показатель	Вид оборудования									
	Сепаратор (обрат и сливки)		Трубочный пастеризатор		Миксер		Холодильная установка		Сепаратор (пахта и жирные сливки)	
	До покупки сепаратора	После покупки сепаратора	До покупки сепаратора	После покупки сепаратора	До покупки сепаратора	После покупки сепаратора	До покупки сепаратора	После покупки сепаратора	До покупки сепаратора	После покупки сепаратора
Коэффициент загрузки	0,907	0,876	0,948	0,854	0,478	0,789	0,55*	0,801	0,256	0,742
Среднее время нахождения партии сырья в очереди, мин	3,3	3,0	5,8	5,5	9,1	8,9	7,6	7,3	4,2	3,9

Таблица 3

Расчет годового экономического эффекта

Показатели	Базовый вариант	Проектный вариант
Капиталовложения, тыс. р.	3450	3590
Эксплуатационные затраты, тыс. р.	64560	67770
Годовой объем производства, т	5475	5840
Нормативный коэффициент $E_н$	0,2	0,2
Годовой экономический эффект, тыс. р.	X	584

при этом образуется большая очередь автомобилей на слив молока. Но после покупки дополнительного оборудования коэффициенты загрузки всех установок почти равны и близки к 1. Это также считается положительным моментом для производства, так как при недозагруженности оборудования происходит его простой и из этого следует, что амортизация основных средств растет, и соответственно, повышается себестоимость.

Средняя продолжительность пребывания в системе складывается из среднего времени пребывания в очереди и среднего времени обслуживания. Из табл. 2 видно, что до покупки сепаратора среднее время молоковоза в очереди было велико, а после покупки дополнительного оборудования пошло к снижению. Анализ представленных результатов показывает, что разгрузка узкого места позволила выровнять загрузку узлов сети и увеличить ее пропускную способность.

Это предложение было оценено экономически путем расчета экономии от снижения эксплуатационных затрат (табл. 3).

Величина годового эффекта реинжиниринга бизнес-процесса составит 584 тыс. р.

Итак, имитационное моделирование является одним из мощнейших и эффективных методов анализа экономических систем и оптимизации ее характеристик. Имитационное моделирование дает возможность оценить эффект конструкторских решений в сложных системах реального мира.

Список литературы

1. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1: учеб. пособие. — Ч. 2 / Под ред. А.Б. Николаева. — М.: МАДИ, 2011. — 104 с.

2. Боев В.Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: монография. — СПб.: ВАС, 2011. — 404 с.

УДК 338.49

А.М. Гатаулин, *чл.-корр. РАСХН, доктор экон. наук*
Н.В. Карпузова
Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

СИСТЕМА БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Информатизация агропромышленного комплекса (АПК) является одной из приоритетных задач управления его развитием, согласно «Концепции формирования информационного общества в России» от 28 мая 1999 года № 32, Федеральному закону от 29.12.2006 № 264-ФЗ (ред. от 23.07.2013) «О развитии сельского хозяйства»; Государственной программе развития сельского хозяйства и регули-

рования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717) и др.

Однако несмотря на важность задачи информатизации АПК, недостаточно разработанными остаются некоторые научные и практические аспекты управления информатизацией АПК. В частности, отсутствует общепринятая методика определения количественной меры оценки уровня зрелости информационной инфраструктуры (ИИ) АПК на различных уровнях управления. Недостаточно исследованы направления совершенствования информационной инфраструктуры АПК.

В данной статье изложены некоторые результаты разработки научно-методических и практических предложений в области управления развитием информационной инфраструктуры АПК региона.

Согласно полученным ранее результатам [1–5], информационная инфраструктура представляет собой систему информационно-телекоммуникационных сетей, информационных систем и информационных технологий, обеспечивающих целенаправленное взаимодействие субъектов информационной сферы и является частью информационной сферы системы, выбранной в качестве объекта исследования (рисунок).

С целью разработки методики оценки уровня зрелости информационной инфраструктуры были систематизированы с точки зрения системного подхода [1–3] методические рекомендации, отраженные в семи моделях уровня зрелости ИИ АПК, выделены ключевые факторы, лежащие в основе каждой модели, выработаны практические рекомендации по использованию моделей для оценки уровня зрелости ИИ на различных уровнях управления агропромышленным комплексом [6].

Основной проблемой использования моделей уровня зрелости ИИ является их неформализованность, создающая трудности для применения их при решении практических задач выявления и сравнительной оценки уровня зрелости информационной инфраструктуры АПК регионов.

Для решения данной проблемы разработана система балльной оценки факторов уровня зрелости информационной инфраструктуры. Согласно предложенной методике, каждый выявленный фактор используемой конкретной модели оценивается в баллах, в диапазоне от единицы до числа, соответствующего количеству уровней зрелости в модели. Суммарное количество баллов сопоставляется с интервалами, определенными как разница между максимально и минимально возможными суммами баллов в отношении к количеству уровней зрелости. Уровень зрелости исследуемой ИИ устанавливается соответственно принадлежности суммарного количества баллов к одному из рассчитанных интервалов.

Таким образом,

$$S = \sum_{i=1}^{n} a_i,\ S_{\max} = mn,\ S_{\min} = n,$$

$$l = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{m} = \frac{n(m-1)}{m},$$

где S — суммарное количество баллов оценки факторов модели; a_i — уровень i-го фактора в баллах, $a_i \in [1,m]$, $a_i \in N$, $i \in N$; n — количество факторов в модели; $S_{\max}$ — максимальная сумма баллов; $S_{\min}$ — минимальная сумма баллов; l — шаг интервала; m — количество уровней зрелости ИИ в модели.

Предложенная система балльной оценки факторов универсальна и применима к любой модели уровня зрелости.

Описанная система балльной оценки применена к информационной инфраструктуре агропромышленного комплекса Липецкой области [4].

Оценки уровня зрелости ИИ на региональном уровне проводилась на основании модели уровня зрелости Microsoft Infrastructure Optimization Model, согласно которой существует 4 уровня зре-

Смысловое содержание терминов информационной сферы

Таблица 1

Оценка факторов уровня зрелости ИИ АПК Липецкой области

Фактор модели Infrastructure Optimization Model (Microsoft)	Балльная оценка фактора
Компонентный состав технического и программного обеспечения	3
Стратегическое управление развитием ИИ	2
Способ организации службы поддержки ИИ	1
Степень структуризации и способы организации процессов, происходящих в ИИ	1
Уровень автоматизации поддержки ИИ	2
Состояние управления качеством, включая применение стандартов и политик в области ИТ	1
Степень гибкости ИИ	1
Уровень безопасности в области ИТ	3
Управление информацией об аппаратно-программном обеспечении	2
Итого баллов	**16**

Таблица 2

Оценка факторов зрелости ИИ АПК Лебедянского района

Фактор модели Infrastructure Maturity Model (Gartner)	Балльная оценка фактора
Компонентный состав технического и программного обеспечения	2
Стратегическое управление развитием ИИ	1
Гибкость ИИ	1
Способ организации службы поддержки ИИ	2
Степень структуризации и способы организации процессов, происходящих в ИИ	1
Уровень автоматизация поддержки ИИ	1
Состояние управления качеством, включая применение стандартов и политик в области ИТ	1
Итого баллов	**9**

лости информационной инфраструктуры: уровень 1 — базовый (Basic), уровень 2 — стандартизированный (Standardized), уровень 3 — рационализированный (Rationalized), уровень 4 — динамический (Dynamic).

Количество факторов, отраженных в выбранной модели, равно 9. Количество уровней зрелости — 4. Минимально возможное количество баллов 9, максимальное — 36. Шаг интервала составляет 6,75 баллов.

Интервалы суммы баллов, соответствующих каждому уровню зрелости: базовый — от 9 до 15,75; стандартизированный — от 15,75 до 22,5; рационализированный — от 22,5 до 29,25; динамический — от 29,25 до 36.

Оценка факторов уровня зрелости представлена в табл. 1.

Набранное количество баллов соответствует начальной стадии *стандартизированного (Standardized)* уровня зрелости ИИ, согласно данной модели. По мнению авторов, уровень развития информационной инфраструктуры АПК Липецкой области на региональном уровне в настоящий момент является переходным между базовым и стандартизированным уровнями.

Для оценки информационной инфраструктуры АПК на районном уровне с помощью кластерного анализа и применения ETL-технологий выбран Лебедянский район как типичный в совокупности районов Липецкой области. Оценка уровня зрелости ИИ Лебедянского района проведена с помощью модели Gartner Infrastructure Maturity Model. Согласно данной модели, существует пять уровней зрелости ИИ. Уровни зрелости характеризуют следующие интервалы суммы баллов: хаотичный — от 7,0 до 12,6; реактивный — от 12,6 до 18,2; проактивный — от 18,2 до 23,8; сервис — от 23,8 до 29,4; польза — от 29,4 до 35,0.

Балльная оценка уровне факторов модели, примененной к ИИ АПК Лебедянского района, представлена в табл. 2.

Суммарное количество баллов соответствует хаотичному (начальному) уровню зрелости рассмотренной подсистемы ИИ АПК.

С целью повышения уровня зрелости информационной инфраструктуры как обеспечивающей подсистемы АПК следует развивать ИИ по направлениям факторов, оцененных по минимальным значениям. Совершенствование информационной инфраструктуры будет способствовать реализации главной ее цели, выражающейся в содействии повышению эффективности экономики региона вследствие обеспечения субъектов информацией, необходимой для принятия обоснованных и эффективных управленческих решений, а также развитию информационного общества.

Список литературы

1. Gataulin A.M. The Basic Concepts and Definitions of the System Analysis / Двуязычное учебное пособие (англо-русское). — Основные концепции и определения системного анализа. — Ярославль: Ярославская ГСХА, 2010. — 244 с .

2. Gataulin A.M. Introduction to System Theory and System Analysis: учеб. пос. на англ. яз.: Введение в тео-

рию систем и системный анализ. — Godollo: Hungary, 2011. — 118 с.

3. Гатаулин А.М. Системы и системный анализ в экономике. Прикладные аспекты: науч. изд. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2012. — 168 с.

4. Карпузова Н.В. Актуальное состояние и основные проблемы информационной инфраструктуры Липецкой области // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. — 2012. — № 3. — С. 24–28.

5. Карпузова Н.В. О термине «Информационная инфраструктура» // Современные проблемы инновационного развития агроинженерии: материалы Международной науч.-производственной конференции. — П. Майский: БелГСХА им. В.Я. Горина, 2012. — Ч. 1. — С. 6–9.

6. Карпузова Н.В. Методические аспекты оценки информационной инфраструктуры агропромышленного сектора региона // Международный технико-экономический журнал. — 2013. — № 2. — С. 21–25.

УДК (631.15:338.43)+631.3.004.67.003.13

О.А. Леонов, *доктор техн. наук*
Н.Ж. Шкаруба, *канд. техн. наук*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТРАТ И ПОТЕРЬ ПРИ КОНТРОЛЕ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Из отчетов ЦМИС Минсельхоза России за последние годы видно, что сельскохозяйственная техника в 90 % случаев изготавливается с нарушением технических условий. Ресурс отремонтированной сельскохозяйственной техники составляет 40...80 % от ресурса новой.

Качество ремонта во многом зависит от того, насколько ремонтные предприятия обеспечены необходимым контрольно-измерительным оборудованием и инструментом. Правильный выбор средств измерений позволяет, с одной стороны, повысить качество отремонтированной техники, а с другой — снизить себестоимость ремонта за счет уменьшения внутренних и внешних потерь [1].

Таким образом, исследования, направленные на разработку методик выбора средств измерений для ремонтного производства, являются актуальными и имеют ресурсосберегающее значение для агропромышленного комплекса.

Цель исследований: разработка и апробация методики анализа суммарных издержек при контроле на основе поиска минимума функции изменения затрат и потерь в зависимости от погрешности и объема измерений.

Объект исследований: новые и восстановленные под первый ремонтный размер коленчатые валы двигателей ЯМЗ-238 и его модификаций.

При составлении номенклатуры, оцениваемых СИ, в качестве базового СИ авторами принят микрометр гладкий типа МК ГОСТ 6607–90, который указан в технических требованиях на капитальный ремонт как основное СИ для контроля размеров шеек коленчатых валов любых марок двигателей.

Для сравнения с базовым средством измерений авторы выбрали: одно СИ с увеличением погрешности (по отношению к микрометру МК) и четыре — с уменьшением погрешности до наименьшего значения при условии, что все средства измерений универсальные и могут быть использованы

Метрологические характеристики средств измерений для контроля шатунных и коренных шеек коленчатого вала ЯМЗ-238НБ

Прибор	Условное обозначение	Измерительная головка	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Диапазон показаний, мм	Погрешность, мкм*
Микрометр	МК-100	–	0,01	75...100	–	±15
	МК-125			100...125		
Микрометр рычажный	МР-100-0,002	–	0,002	75...100	0,06	±7,5
	МР-125-0,002			100...125		
Скоба индикаторная	СИ-100-0,01	ИЧ-10	0,01	50...100	0...10	±20
	СИ-200-0,01			100...200		
Скоба индикаторная	СИ-100-0,002	2МИГ	0,002	50...100	0...2	±6,5
	СИ-200-0,002			100...200		
Микрометр с цифровым индикатором	МКЦ-100-0,001	–	0,001	75...100	–	±3
	МКЦ-125-0,001			100...125		
Скоба рычажная	СР-100-0,002	–	0,002	75...100	±80	±2
	СР-125-0,002			100...125		

* Согласно паспортным данным.

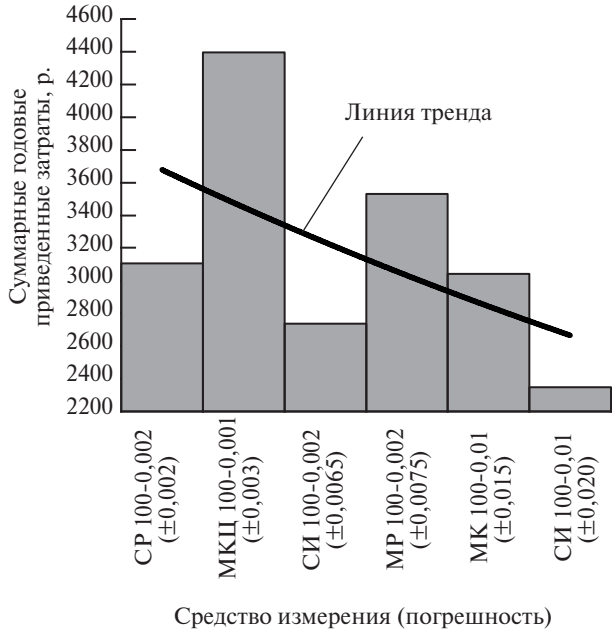


Рис. 1. **Годовые затраты на измерения шатунных шеек коленчатых валов зависимости от вида и погрешности СИ**

при работе в руках. Номенклатура выбранных СИ и их метрологические характеристики представлены в таблице [2].

Для выбранных СИ были определены годовые затраты на измерения в зависимости от погрешности (рис. 1). Установлено, что имеется общая тенденция уменьшения затрат при снижении точности измерений, хотя графики имеют скачкообразный характер из-за большой разницы цен оцениваемых СИ.

Для определения потерь от погрешности СИ при контроле размеров восстановленных коленчатых валов применяют методику расчета [2, 3].

В процессе двустороннего контроля валы сортируются на три группы:

- валы, размеры которых попадают в допуск на изготовление (годные), поступают на операцию комплектования и сборки;
- валы, у которых диаметры шеек меньше, чем наименьший допустимый диаметр (неисправимый брак), обрабатывают под следующий ремонтный размер;
- валы, у которых диаметры шеек больше, чем наибольший допустимый размер (исправимый брак), повторно обрабатывают.

В результате наложения рассеяния погрешности СИ на рассеяние результатов этих измерений, образуются потери $П_В$, определяемые по формуле:

$$П_В = П_{ВГД} + П_{ВДГ},$$

где $П_{ВГД}$ — потери, возникающие из-за наличия годных валов, попавших в брак при контроле качества восстановления; $П_{ВДГ}$ — потери, возникающие из-за наличия бракованных валов, попавших в годные при контроле качества восстановления.

Таким образом,

$$П_{ВДГ} = П_{КСВ}P_{КС} + П_{ОБВ}P_{ОБ} + П_{РВ}P_Р,$$

где $П_{КСВ}$ — потери при выявлении бракованных валов на операциях комплектации и сборки; $P_{КС}$ — вероятность обнаружения брака при комплектации и сборке; $П_{ОБВ}$ — потери при выявлении бракованных валов при обкатке и испытании (выходной контроль); $P_{ОБ}$ — вероятность обнаружения брака при обкатке и испытании; $П_{РВ}$ — потери при выявлении брака у потребителя; $P_Р$ — вероятность обнаружения брака у потребителя.

Поэтому

$$П_{КСВ} = B_В P_{ВДГ} З_{КС},$$

где $B_В$ — количество измеренных валов после восстановления; $P_{ВДГ}$ — вероятность того, что дефектные валы в группе, требующих восстановления, будут отнесены к группе валов, поступающих на комплектование и сборку; $З_{КС}$ — затраты на комплектацию и сборку.

Таким образом,

$$П_{ОБВ} = \left[B_В P_{ВДГ}\left(1 - P_{КС}\right)\right]\left(З_{КС} + З_{ОБ}\right);$$

$$П_{РВ} = \left[B_В P_{ВДГ}\left(1 - P_{ОБ} - P_{ОБ}P_{КС}\right)\right]\left(З_У + З_Р\right),$$

где $З_{ОБ}$ — затраты на обкатку и испытания; $З_У$ — затраты на устранение дефекта; $З_Р$ — затраты на штрафы и рекламации от потребителя.

Поэтому

$$П_{ВГД} = П^{иб}_{ВГД} + П^{нб}_{ВГД},$$

где $П^{иб}_{ВГД}$ — потери, возникающие при контроле качества восстановленных деталей из-за годных валов, попавших в группу исправимого брака; $П^{нб}_{ВГД}$ — потери, возникающие при контроле качества восстановленных деталей из-за годных валов, попавших в группу неисправимого брака.

Таким образом,

$$П^{иб}_{ВГД} = B_В P^{иб}_{ВГД} З_{ИСП},$$

где $P^{иб}_{ВГД}$ — вероятность, что годные валы будут отнесены к группе валов с исправимым браком; $З_{ИСП}$ — стоимость повторной обработки одной шейки коленчатого вала.

Коленчатые валы, размеры которых были приняты как неисправимый брак, возвращают на восстановление и обрабатывают под 2-й ремонтный размер. Таким образом, потери в случае, когда валы забраковывают ошибочно, определяем по формуле

$$П^{нб}_{ВГД} = B_В P^{нб}_{ВГД} З_В,$$

где $P^{нб}_{ВГД}$ — вероятность того, что годные валы будут отнесены к группе валов с неисправимым браком; $З_В$ — стоимость восстановления одного коленчатого вала.

На основании полученных данных построены гистограммы зависимости потерь от погрешности СИ (рис. 2), откуда видно, что с увеличением погрешности измерений наблюдается пропорциональный рост потерь.

В результате оптимизации выявлено, что затраты на измерения не сопоставимы с потеря-

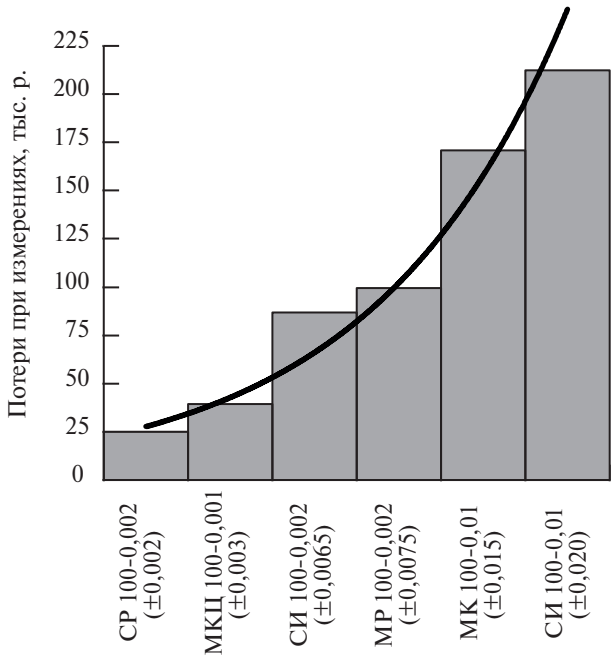


Рис. 2. **Потери при измерениях шатунных шеек в зависимости от вида и погрешности СИ**

ми и слишком малы. Поэтому оптимальным СИ по критерию минимума суммарных годовых издержек, является самое точное: для шатунных шеек — скоба рычажная СР 100-0,002; для коренных шеек — скоба рычажная СР 125-0,002.

С целью разработки рекомендаций по использованию универсальных СИ для различных типов ремонтного производства (единичного и мелкосерийного) были проведены исследования зависимости суммарных годовых издержек от погрешности СИ и объемов измерений. Были построены трехмерные диаграммы (рис. 3). Смысл этих исследований заключается в поиске критической точки, когда затраты на контроль превысят потери, а оптимизация сместится к СИ с большей погрешностью и низкой стоимостью.

В результате проведенных исследований для диапазона программы ремонта от 20 до 140 валов в год авторы выявили, что с ростом объема производства значительно увеличиваются суммарные годовые издержки, на которые, в свою очередь, оказывают преобладающее влияние потери от наличия погрешности измерений.

На основании вышеизложенного можно сформулировать следующие рекомендации:

- начиная с программы производства 60 валов и более рекомендуется использовать самые высокоточные универсальные СИ, в данном случае — для шатунных шеек — скобы рычажные СР 100-0,002, для коренных шеек — скобы рычажные СР 125-0,002;
- при единичных объемах производства потери сопоставимы с затратами на измерения, поэтому можно использовать более дешевые СИ, удовлетворяющие условию (1), в данном случае — микрометры рычажные МР, скобы индикаторные СИ (с головкой 2МИГ) и микрометры с цифровым индикатором МКЦ.

Таким образом, при выборе универсальных СИ по технико-экономическому критерию, начиная с мелкосерийного производства, необходимо использовать самые точные СИ из возможной номенклатуры.

В результате расчета годового экономического эффекта при замене микрометра МК на скобу рычажную СР для программы ремонта 100 валов в год получают величины экономии:

- при контроле новых коренных шеек — 86 тыс. р.;
- при контроле новых шатунных шеек — 62 тыс. р.;
- при контроле восстановленных коренных шеек — 153 тыс. р.;

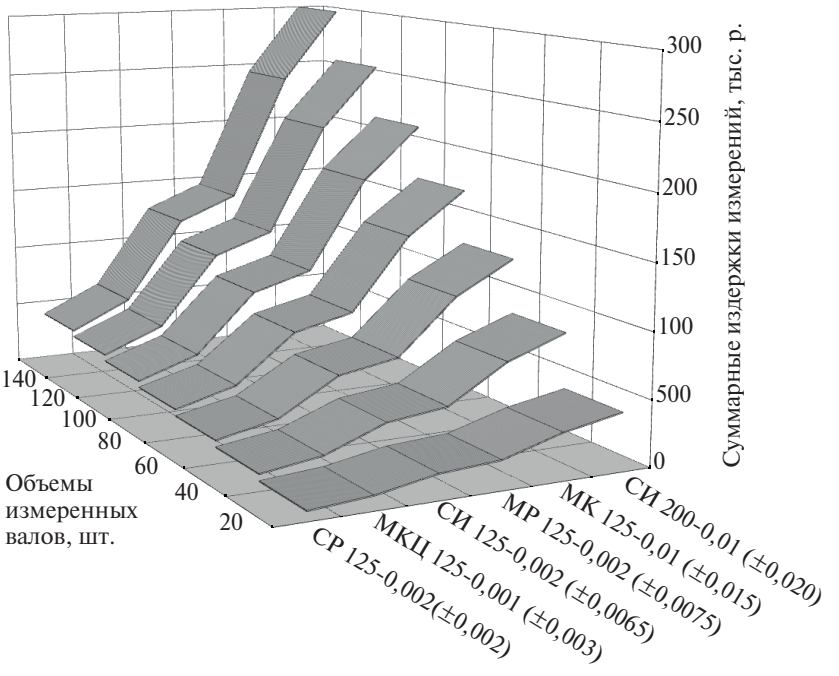


Рис. 3. **Суммарные издержки в зависимости от погрешности и объемов измерений восстановленных шатунных шеек вала двигателя ЯМЗ-238**

• при контроле восстановленных шатунных шеек — 159 тыс. р.

Таким образом, разработана и апробирована комплексная методика выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники, включающая в себя методику определения затрат на измерения и потерь из-за наличия погрешности измерений, а также методику расчета экономической эффективности применения более точного средства измерений.

Список литературы

1. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / О.А. Леонов, В.В. Карпузов, Н.Ж. Шкаруба, Н.Е. Кисенков. — М.: КолосС, 2009. — 568 с.

2. Шкаруба Н.Ж. Разработка комплексной методики выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 2006. — 18 с.

3. Леонов О.А. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учеб. пособие. — М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2010. — 116 с.

УДК 339.13:637.1:631.153 «405»

М.А. Романюк, *канд. экон. наук*
К.П. Личко, *доктор экон. наук*
Е.Ю. Насекина
Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ РЫНКА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Стратегический анализ развития агропромышленного комплекса имеет свои особенности и наиболее сложным в нем является анализ второй сферы, т. е. сельскохозяйственное производство (сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства, хозяйства населения) и третьей сферы (заготовка, переработка и реализация продукции). Кроме этого, каждый подкомплекс имеет свои отличительные черты стратегического анализа (рассмотрены особенности стратегического анализа молочного подкомплекса). Специфика в обосновании методики стратегического анализа данного подкомплекса заключается в следующем.

1. Правильное разделение рынков сырого и переработанного молока.

2. Обоснование перспектив развития рынка сырого молока невозможно без отраслевого анализа производителей молока.

3. Методика стратегического анализа развития рынка переработанного молока включает подробный анализ сегментации рынка, конкурентных групп, а также условия международной торговли [1–5].

Кратко рассмотрим современное состояние отрасли молочного скотоводства (сырья) в Российской Федерации (рис. 1).

В период с 2002 по 2005 г. производство молока резко сокращается, что связано, главным образом,

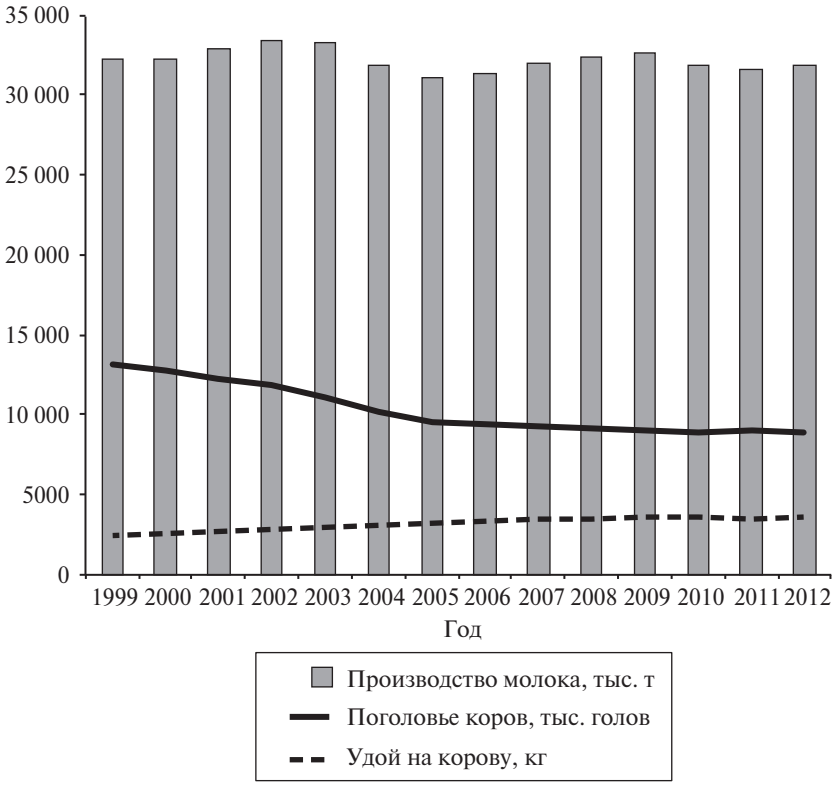


Рис. 1. **Производство молока, поголовье коров и удой на 1 корову в РФ**

Таблица 1

Мероприятия и основные показатели целевых программ в России

	Развитие молочного скотоводства и увеличение производства молока в России	Развитие пилотных семейных молочных животноводческих ферм на базе крестьянских (фермерских) хозяйств
Мероприятия программы	1. Субсидии племзаводам (до 30 % от издержек организации) 2. Субсидии на покупку молодняка КРС 3. Субсидии племрепродукторам на приобретение семени быков-производителей 4. Возмещение части затрат на комбикорм	1. Разработка типовых проектов семейных молочных животноводческих ферм для крестьянских (фермерских) хозяйств 2. Создание сельскохозяйственных перерабатывающих кооперативов с участием крестьянских (фермерских) хозяйств
Целевые показатели программы	1. Повышение удоя на корову до 4,5 тыс. кг в год 2. Приобретение не менее 100 тыс. гол. племенного молодняка в год 3. Увеличение доли племенного поголовья в общей численности КРС до 15 %	1. Увеличение производства молока в крестьянских (фермерских) хозяйствах на 150 тыс. т в год 2. Создание новых рабочих мест

с сокращением поголовья коров во всех категориях хозяйств. С 2005 по 2009 гг. наблюдается тенденция к постепенному увеличению объемов производства молока, которая была вызвана внедрением национальных проектов. В 2010–2011 гг. вновь наблюдается спад производства молока, который был связан с неблагоприятными погодными условиями, что повлекло за собой снижение удоя на 1 корову в 2011 г. по сравнению с 2010 г. на 80 кг.

В целях реализации Федерального закона «О развитии сельского хозяйства» правительством Российской Федерации принята Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.

В настоящий момент в России действует несколько целевых программ, относящихся к производителям молока. В табл. 1 представлены основные мероприятия программ и их основные целевые показатели.

К сожалению, многие эксперты отмечают, что новая госпрограмма на 2013–2020 годы не меняет принципы подхода к управлению сельским хозяйством страны и несет в себе те же системные ошибки. Основные индикаторы, заложенные в программе, ориентированы на показатели физического роста производства продукции, а не на экономическое развитие отрасли, такие как уровень рентабельности, окупаемости вложенных средств.

В структуре товаропроизводителей молока преобладают хозяйства населения (рис. 2), чья доля в общем объеме производства молока в 2012 г. составила 48,25 %, при доле сельскохозяйственных организаций 46,35 %. Доля крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в общем объеме производства молока является незначительной и в 2012 г. составила 5,4 %.

С 2010 по 2012 г. производство молока сельскохозяйственными организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами увеличивается, а хозяйствами населения сокращается. При этом необходимо учитывать, что хозяйства населения, как правило, сами потребляют все молоко, которое произвели, а не занимаются его продажей перерабатывающим предприятиям.

Многие эксперты из числа представителей Национального союза производителей молока «Союзмолоко», объединяющего более 70 % российских производителей молочного сырья, оценивают сложившуюся ситуацию в отрасли как кризисную. Валовое производство молока в 2012 году составил около 32 млн т, но большая часть этого сбора собирается в КФХ и ЛПХ, статистика по которым не достаточно достоверна. Следовательно, реальный объем товарного молока составляет 15 млн т, что составляет всего 40 % от объема рынка потребления.

По итогам 2011 г. лидером по производству молока в РФ стала республика Татарстан, опередив

Рис. 2. **Производство молока по категориям хозяйств**

Республику Башкортостан на 1,2 %. До 2011 г. лидером по производству молока в РФ была Республика Башкортостан. Только в 3 регионах РФ потребление молочной продукции больше медицинских норм потребления. Это Татарстан, Башкортостан, Оренбургская область.

При всем многообразии молокоперерабатывающих предприятий и продукции ими производимой, молочной продукции в России потребляется значительно меньше медицинской нормы (табл. 2).

Так в 2011 г. потребление молока и молочных продуктов в пересчете на молоко составило 62,76 % от медицинской нормы потребления на человека.

За последние 10 лет по емкости рынка молока в РФ наблюдается тенденция к ее увеличению. Рынок молока (сырья) является ненасыщенным, переработчики молока постоянно испытывают дефицит в сырье, и в ближайшие 5 лет можно ждать увеличения емкости рынка молока в связи с ростом потребления. При этом будет увеличиваться дефицит молока, который восполнится импортом и фальсификатом — продажей молочных продуктов с добавлением растительных жиров. В 2010 г. в структуре стран — импортеров Белоруссия занимала 82 %, а Украина — 17 %, 1 % приходился в совокупности на Узбекистан и Казахстан.

За последние 13 лет количество молока, импортируемого в Россию, увеличилось в 1,73 раза.

Используя методику STEP-анализа, можно выделить следующие особенности отрасли молокопроизводства в РФ (табл. 3).

Молокоперерабатывающая отрасль является одной из главных отраслей экономики в области переработки продукции сельского хозяйства. Производство молока занимает 40 % в валовой продукции животноводства в стоимостном выражении. Так как молокоперерабатывающие предприятия отличаются по масштабу производства и производят широкий ассортимент продукции, в том числе и разнородной (например: молоко, йогурт, сыр и т. д.), то методика стратегического анализа перерабатывающих предприятий должна основываться на анализе сегментации, масштаба производства и анализе конкурентных стратегий.

Таблица 2

Фактическое и нормативное потребление молока в РФ, кг/чел.

	Фактическое потребление продуктов питания в РФ, кг/чел.						Потребительская корзина	Медицинские показатели
	Год					% от медицинской нормы за 2011 г.		
	2007	2008	2009	2010	2011			
Молоко и молочные продукты в пересчете на молоко	240	242	244	247	246	62,76	320...340	392

Таблица 3

Особенности отрасли молочного производства в РФ

Сфера			
Технологическая	**Экономическая**	**Политическая**	**Социальная**
1. Технология производства молока специфична, так как средства производства — это живые организмы. Большая зависимость от кормовой базы, стоимости кормов (что связано с технологией их выращивания) и качеством рационов 2. Неравномерное производство молока в течение года и короткие сроки хранения продукции влияют на ценовые колебания на рынке и усиливают зависимость от переработчиков	1. Экономический кризис отрасли, связанный со слабой финансово-экономической системой, отсталыми технологиями, недостаточной поддержкой государства, неравными конкурентными рыночными условиями 2. Недостаточный уровень субсидий. Для удовлетворительного уровня доходности производителя и высокого качества продукции необходимо 3...5 р. дотаций на 1 л молока 3. Непривлекательность отрасли для инвестирования. Стимулом для роста инвестиций является не высокая, а стабильная цена	1. Недостаточная государственная поддержка производителей молока. Стратегически важная отрасль должна быть защищена государством, а не регулировать исключительно рыночными механизмами 2. Давление импорта, самообеспеченность молоком только на 60 %, рост фальсификатов молока, угроза продовольственной безопасности страны, потребление молока ниже медицинских норм 3. Пассивная позиция по вопросам импорта молока в ВТО и ЕЭП ставят наших производителей в неравные конкурентные условия	1. Кризис развития отрасли отражается на уровне жизни работников и сельского населения в целом 2. Производимый продукт входит в минимальную потребительскую корзину и является социально значимым и стратегически важным 3. Тенденция деления рынка на две неравные части: дорогие молочные продукты из настоящего свежего молока и большая часть рынка дешевых фальсификатов с растительными жирами, потребление которых отражается на здоровье большей части населения

Таблица 4

Структура сегментов рынка молочной продукции по производителям, %

Название организации	Доля на рынке				
	Стерилизованное и пастеризованное молоко	Традиционные молочные продукты	Творог и творожные изделия	Йогуртная группа	Молочное детское питание
Вимм-Билль-Данн	68	27,6	27,06	16	15
Данон-Юнимилк	—	14,9	33,78	71	3
Останкинский молочный завод	4	—	—	—	—
Вологодские кружева	2	—	—	—	—
Молвест	—	—	10,83	—	—
Эрманн	—	—	—	1	
Nestle	—	—	—	—	19
Другие	26	57,5	28,33	12	63

Авторы предлагают алгоритм для анализа стратегий групп конкурентов в разрезе различных сегментов рынка молочной продукции.

В исследовании они формируют алгоритм для анализа стратегий групп конкурентов в разрезе различных сегментов рынка молочной продукции.

Основными особенностями молокоперерабатывающих предприятий является нехватка сырого молока для производства молочной продукции и короткие сроки хранения как сырья, так и готового продукта. Именно поэтому при проведении стратегического анализа молокоперерабатывающего предприятия необходимо рассматривать как поставщиков сырого молока, так и потребительский спрос.

На российском рынке молочной продукции насчитывается более 1000 молокоперерабатывающих предприятий. Пять из них занимают около 40 % от общего объема рынка: «Вимм-Билль-Данн», «Данон-Юнимилк», «Росагроэкспорт», «Кампина», «Эрманн». На каждом из этих предприятий выпускают около 50 наименований молочной продукции. При этом разные компании доминируют в производстве разных продуктов, поэтому необходимо рассматривать положение организаций на каждом из сегментов рынка (табл. 4). Авторы выделяют следующие сегменты рынка: молочный, йогуртно-десертная группа, группа традиционных молочных продуктов, творожные изделия, масло, сыр и молочное детское питание.

Рынок молочной продукции неоднороден. Ни одна компания не может занимать лидирующие позиции во всех сегментах данного рынка. Для примера компания «Вимм-Билль-Данн» занимает 68 % рынка стерилизованного и пастеризованного молока России, в сегменте традиционных молочных продуктов — 28 %, в сегменте творога и творожных изделий — 27 % (уступая первое место компании «Данон-Юнимилк»), в сегменте йогуртов — 16 %, а на рынке молочного детского питания России — 15 %. Ситуация на рынках сливочного масла и сыра такова, что, по оценкам разных экспертов, доля импорта по этим группам продуктов составляет около 50 % и 70 % соответственно. Производством сливочного масла и сыров в России занимаются, как правило, небольшие фирмы, и доля каждой из них не велика, поэтому на рынках сливочного масла и сыров необходимо более детально анализировать импорт данных продуктов в разрезе основных стран импортеров (табл. 5).

Таблица 5

Структура импорта рынков масла и сыров по странам-импортерам, %

Страна	Доля в общем импорте РФ на рынке				
	сливочного масла	молодых сыров	тертых сыров	плавленых сыров	голубых сыров
Новая Зеландия	29,6	—	—	—	—
Финляндия	26,6	—	—	82	—
Уругвай	13,4	—	—	—	—
Аргентина	7,6	11	—	—	—
Германия	—	28	—	11	68
Литва	—	17	—	2	—
Дания	—	12	—	—	9
Италия	—	12	11	1	5
Испания	—	—	40	—	—
Эстония	—	—	9	—	—
Нидерланды	—	—	8	—	—
Польша	—	—	8	—	7
Франция	—	—	6	—	8
Прочие	22,8	20	18	4	3

Основными поставщиками сыров в Россию являются европейские страны.

Для определения стратегии компании на том или ином сегменте рынка необходимо учитывать емкость рынка и перспективы его развития (табл. 6).

Все молокоперерабатывающие предприятия условно (методом экспертных оценок) можно разделить на 3 группы: крупные компании — лидеры российского рынка; средние компании — региональные производители; мелкие компании, у каждой свои особенности (табл. 7–8).

1 — группа сегментов йогуртов и десертов, традиционных молочных продуктов, творога и творожных изделий;

2 — группа сегментов масло и сыры;

3 — группа молочного детского питания.

Таким образом, по предложенной методике стратегического анализа и предполагаемым экономическим показателям молочного рынка можно сделать следующие выводы:

1. Отрасль молочного скотоводства должна развиваться и расти более быстрыми темпами — этого требует ненасыщенный рынок молока в РФ. Ситуация в отрасли критична, и поддержки государства на настоящий момент недостаточно, чтобы переломить тенденцию. Отрасль молокопроизводства по-прежнему остается не привлекательной для инвестирования и имеет ряд особенностей, связанных с технологией производства: долгий срок оку-

Таблица 6

Экспертная оценка емкости и перспективы развития сегментов рынка молочной продукции в России

	Сегмент рынка молочной продукции						
	Молочный сегмент	**Йогуртная группа**	**Группа традиционных молочных продуктов**	**Группа творога и творожных изделий**	**Сегмент масло**	**Сегмент сыры**	**Группа молочного детского питания**
Емкость рынка в 2010 г., тыс. т	4416	684	2734	744	319,7	784,9	177
Потенциальный рост рынка к 2015 г. ежегодно, %	1	0,2...1	1...2	1...2	0,1...0,2	1...2	3...4

Таблица 7

Показатели для стратегического анализа групп конкурентов российского молочного рынка

Критерий	**Группа компаний**			
	Крупные — лидеры российского рынка	**Средние — региональные производители**	**Мелкие**	
			Покупное сырье, испытывают сырьевой дефицит	**Свое сырье (открыты при молочных фермах)**
Масштаб деятельности	Национальный	Региональный	Местный	
Качество продукции	Высокие вкусовые качества, наличие консервантов и красителей	Средние вкусовые качества, возможно наличие консервантов и красителей	Низкое качество продукции из-за использования сухих компонентов	Выпуск продукции с высоким содержанием живых микроорганизмов
Фасовка и упаковка	Удобная, привлекающая внимание упаковка и фасовка	Привлекающая упаковка	Самая дешевая	
Брендинг	Создание собственных брендов	Создание нескольких торговых марок	Отсутствует	
Каналы сбыта	Собственная дистрибьюторская сеть	Собственные магазины, отделы	Самостоятельная доставка продавцам, продажа «с машин»	
Оборудование	Преимущественно новое, современное	Как правило, новое	Преимущественно старое и/или морально устаревшее	
Работа с поставщиками молока (сырья)	Инвестирование в сельское хозяйство, кредитование сельского хозяйства	Кредитование сельского хозяйства	Постоянный поиск поставщиков с самым дешевым сырьем	Как правило, это небольшие молокоперерабатывающие цеха при фермах
Основные рынки сбыта	В основном крупные города, крупные торговые сети	Средние и небольшие населенные пункты, местные торговые точки	Как правило, небольшие населенные пункты (до 20 тыс. чел.), местные рынки	

Таблица 8

Показатели для анализа стратегий конкурентных групп российского рынка молочной продукции.

Критерий	Крупные — лидеры российского рынка			Средние — региональные производители			Мелкие					
							Покупное сырье, испытывают сырьевой дефицит			Свое сырье (цеха при молочных фермах)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Предсказуемость роста рынка, и доли компании на рынке	Хорошо известна		Неопределенная	Хорошо известна		Неопределенная	Хорошо известна		Неопределенная	Хорошо известна		Неопределенная
Стартовые барьеры	Высокие стартовые барьеры											
Продуктовая линия	Разнообразная, более 50 наименований	Разнообразная	Разнообразная, около 10 наименований	Разнообразная, от 20 до 50 наименований	Разнообразная	Разнообразная, от 5 до 10 наименований	Менее 20 наименований	1 или 2 вида масла	Менее 5 наименований	Менее 20 наименований	1 или 2 вида масла	Менее 5 наименований
Покупатели	Большое число постоянных покупателей, возрастающее количество покупателей		Постоянно меняющиеся (в силу специфики сегмента)	Как правило, число постоянных покупателей существенное		Постоянно меняющиеся (в силу специфики сегмента)	Число покупателей и приверженность данной компании постоянно меняется					
Ценовой сегмент	Присутствуют все ценовые сегменты	Как правило, высший ценовой сегмент	Высший ценовой сегмент	Как правило, отсутствует высший ценовой сегмент			Нацелены на покупателей с низким уровнем доходов			Ориентирована на покупателей с высшим уровнем доходов		
Стратегические намерения	Быть доминирующим лидером			Быть в числе лидеров отрасли и регионе (первая пятерка)			Удержать позиции, улучшить свои позиции на рынке					
Цели достижения определенной доли на рынке	Агрессивная экспансия за счет приобретения других фирм и внутреннего роста			Экспансия за счет внутреннего роста			Удержание существующей доли рынка					
Конкурентная позиция	Становится сильнее (изменяется)			Предприятие пытается изменить свою позицию на рынке			Предприятие меняет свою позицию, чтобы обеспечить себе защиту					
Тип стратегии	В основном наступательная стратегия			Комбинация стратегий наступления и обороны			Консервативная стратегия следования за кем-либо					

паемости проектов, неравномерное производство молока (сырья) в течение года, короткие сроки хранения сырья и продукции и т. д.

2. Отечественные производители молока поставлены в неравные конкурентные рыночные условия по сравнению с партнерами по ВТО и ЕЭП, поэтому дефицит молока покрывается растущим импортом, что создает угрозу продовольственной безопасности страны.

3. Переработчики молока, с одной стороны, зависят от рынка сырья, а с другой — от потребительского спроса, который во многом определяет особенности сегментации рынка. Стратегический анализ переработчиков молока в разрезе их масштаба и по сегментам рынка показал, что прочные позиции и перспективы роста имеют крупные лидеры, имеющие интегрированное производство, широкую ассортиментную линию и региональную сеть. Средним и мелким переработчикам нужно усилить маркетинговый анализ и стремиться занять эксклюзивные ниши.

Список литературы

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы. — М.: Росинформагротех, 2012. — 204 с.

2. Литвинова Н. Вместо стратегии — план по валу // Эксперт. — 2013. — № 19. — С. 26–29.

3. Литвинова Н. Большого молока не будет // Эксперт. — 2013. — № 32. — С. 28–31.

4. Romanyuk M., Lichko K. About concept of sustainable development in agriculture // Izvestia of TAA. — 2012. — Т. 6. — С. 11–15.

5. Петруня Н.Г. Планирование цепочек поставок для молокоперерабатывающих предприятий // Переработка молока. — 2008. — Вып. 3.

УДК 631.86:631.15

Л.С. Качанова, *канд. техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

А.М. Бондаренко, *доктор техн. наук*

Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОГО НАВОЗА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Новый виток развития животноводства требует решения двух важнейших задач: развития кормовой базы через подотрасль растениеводства и снижения уровня загрязнения окружающей среды в местах накопления и хранения органических отходов. В подотрасли растениеводства в последние два десятилетия наблюдается значительное снижение почвенного плодородия. Основной причиной является недостаточное внесение высококачественных органических удобрений в почву. Внесение органических удобрений в почву сдерживается отсутствием высокоэффективных технологий их производства.

В Ростовской области в настоящее время накоплено более 10 млн т навоза КРС. Рассматривая навоз КРС как основной исходный продукт восстановления, повышения и выравнивания почвенного плодородия через производство на его основе высококачественных органических удобрений, решаются следующие важнейшие задачи АПК: получение стабильных урожаев выращиваемых сельскохозяйственных культур, повышение рентабельности возделывания культур и улучшение экологической обстановки в районе животноводческого предприятия.

Поэтому поиск эффективных приемов производства и использования органических удобрений на основе твердого (подстилочного) навоза КРС, разработка перспективных ресурсосберегающих технологий для производства и использования новых видов органических удобрений с целью выращивания сельскохозяйственных культур с повышенной рентабельностью является важной народно-хозяйственной задачей. Несмотря на имеющиеся исследования по данной проблеме в России и за рубежом, до сих пор остаются не решенными и требуют доработки технологии производства высококачественных органических удобрений на основе навоза животноводческих предприятий и технических средств для их реализации.

Не является исключением и СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского район Ростовской области — типичный представитель промышленного производства мясо-молочной продукции в Ростовской области.

Площадь пашни хозяйства составляет около 5 тыс. га [1]. Общее поголовье фермы насчитывает 1296 голов. Годовой выход твердого (подстилочного) навоза составляет 8056 т.

Анализ системы накопления и переработки твердого (подстилочного) навоза КРС показывает, что она не имеет конечного решения по эффективному обеззараживанию навоза и производству из него высококачественных органических удобрений с почвообразующим эффектом.

Следовательно, существующая в хозяйстве система обработки и хранения производимого навоза не выполняет требуемых функций, не соответствует требованиям охраны окружающей среды и действующих норм технологического проектирования [2].

Отсутствие эффективных технологий и технических средств не позволяет использовать производимый навоз как основной продукт для выравнивания и повышения почвенного плодородия почв и как следствие обеспечить повышение урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур и рентабельности их возделывания.

В качестве критериев для сравнения вариантов технологий приняты минимум эксплуатационных затрат (ЭЗ): ЭЗ → min; максимум дополнительного дохода при возделывании сельскохозяйственных культур с применением высококачественных органических удобрений (Д): Д → max. Для реализации поставленной цели принят метод сравнительного анализа технико-экономических показателей (ТЭП) вариантов технологий, комплексов машин и оборудования. Результаты анализа ТЭП позволяют принять наиболее рациональные схемы процессов, определить их основные технологические параметры.

Ресурсосберегающая технология предусматривает производство из навоза высококачественных концентрированных органических удобрений методом ускоренного компостирования. Данный метод предусматривает использование как навоза из навозохранилища, так и переработку свежего навоза, подаваемого непосредственно от животноводческих помещений, что значительно снизит нагрузку на навозохранилища и улучшит экологию за счет уменьшения объемов его хранения.

Технологический процесс производства твердого КОУ представлен на рис. 1.

На бетонированную площадку укладывается слой твердого (подстилочного) навоза высотой не менее 50 см. На слой навоза равномерно наносится α-добавка с дозой 40...50 кг/м^3 перерабатываемого продукта. Указанная масса перемешивается самоходным ворошителем буртов с интервалом 12 ч. После первых двух перемешиваний на компостную смесь укладывается дополнительный слой подстилочного навоза с наращиванием общей высоты буртов до 1,5 м.

На сформированный бурт вносится посредством специальной штанги дополнительно в жидком виде α-добавка с указанной выше дозой, затем производится операция перемешивания смеси с интервалом 12 ч в течение 3...4 сут.

При этом ширина бурта зависит от рабочей ширины самоходного ворошителя буртов (2,5 м). Длина бурта ограничивается наличием свободной площадки. Определяющим компонентом в процессе ускоренного компостирования является б-добавка, которая способствует ускорению процесса компостирования: быстрый нагрев массы до 70 °С, благодаря чему навозная масса обеззараживается, уничтожаются семена сорной растительности.

В связи с относительно упорядоченными процессами удаления навоза из технологических помещений и его хранением (закрыт доступ для сброса бытового мусора и т. д.) в технологическом процессе производства КОУ отсутствует необходимость наличия отделителя инородных включений.

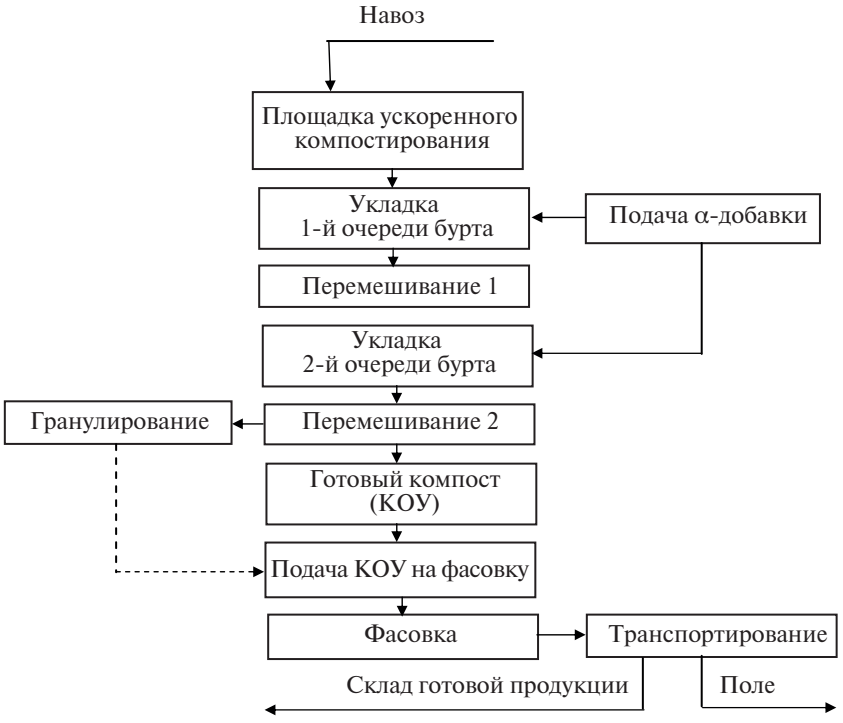


Рис. 1. **Технологическая схема процесса производства КОУ методом ускоренного компостирования на основе твердого (подстилочного) навоза КРС**

Интенсивное перемешивание бурта обеспечивает полное его обеззараживание, и полученное КОУ может использоваться в системах производства экологически чистой продукции.

По истечении 3 сут готовое КОУ подается на технологическую линию для его фасовки. При выгрузке готового компоста часть бурта высотой 40...50 см целесообразно оставлять на месте и на него укладывать слой свежего навоза с последующей подачей α-добавки. Далее цикл повторяется.

В перспективе КОУ можно также гранулировать и подавать на фасовку. Готовый продукт (в гранулируемой или пылевидной форме) фасуется в тару массой 1 т и подается на склад готовой продукции или вносится на поле.

С точки зрения экономической эффективности переработки и дальнейшего применения твердых КОУ в растениеводстве определяющим является себестоимость полученного удобрения. Калькуляция затрат, включаемых в себестоимость продукции в соответствии с номенклатурой представлена в табл. 1.

Таблица 1

Себестоимость производстватвердых КОУ

Статья затрат	Сумма, р.
Заработная плата с начислениями	1 396 090,80
Амортизационные отчисления	1 058 409,40
Затраты на ремонт и ТО	1 086 543,90
Затраты на сырье	2 014 050,00
Затраты на ГСМ	800 160,00
Общепроизводственные расходы	165 600,00
Общехозяйственные расходы	289 800,00
Итого затрат	6 810 654,10
Себестоимость единицы продукции, р./т	845,41

Для определения экономической эффективности предлагаемой ресурсосберегающей технологии при производстве зерновых колосовых культур использовали систему натуральных и стоимостных показателей, отражающих процесс производства с двух сторон: с позиции увеличения выхода продукции, снижения издержек и получения максимальной прибыли, т. е. роста экономической эффективности.

Для расчета использовались данные технологических карт по возделыванию сельскохозяйственных культур в условиях рассматриваемого варианта.

Учитывалось влияние на объем затрат по возделыванию сельскохозяйственных культур: распределяемые затраты (затраты по доработке зерна), общепроизводственные и общехозяйственные затраты. Соответственно затраты труда и показатели расхода ГСМ также определяли по основным и дополнительным технологическим операциям.

При расчете технологических карт для проектируемой технологии стоимость нового оборудования взята по ценам приобретения на 3 квартал 2013 года (цены новой техники) и снижены дозы внесения минеральных удобрений (в базовой технологии в расчете на один гектар посевов вносилось до 150 кг удобрений). Сокращение дозировки внесения в три раза (до 50 кг на 1 га) приводит к сокращению затрат на минеральные удобрения в расчете на 1 га. При возделывании озимой пшеницы затраты на минеральные удобрения снизились на 2992 р./га, ярового ячменя на 807 р./га,

Таблица 2

Прибыль от реализации продукции, приходящейся на объекты калькулирования затрат

Культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Валовый выход продукции, ц	Себестоимость, р./ц	Цена реализации, р./ц	Прибыль от реализации продукции, р.
Пшеница озимая	*Базовая технология*					
	1142,00	41,70	47 621,40	594,9	800	9 767 108,94
	Проектная технология с внесением твердого КОУ					
	1142,00	52,00	59 384,00	517,55	800	16 773 282,89
Ячмень яровой	*Базовая технология*					
	408	29,50	12 036,00	449,84	700	3 010 930,29
	Проектная технология с внесением твердого КОУ					
	408	39,00	15 912,00	419,74	700	4 459 456,49
Подсолнечник	*Базовая технология*					
	745	24,60	18 327,00	471,22	1200,00	13 356 366,12
	Проектная технология с внесением твердого КОУ					
	745	32,00	23 840,00	448,95	1200,00	17 905 023,25
Кукуруза на зерно	*Базовая технология*					
	623	49,70	30 963,10	296,89	750	14 029 765,25
	Проектная технология с внесением твердого КОУ					
	623	62,00	38 626,00	252,41	750	19 219 735,92

подсолнечника на 1213 р./га и кукурузы на зерно на 2836 р./га. Дополнительные затраты составили: стоимость твердого КОУ — 845,41 р., затраты на внесение твердого КОУ — 942,61 р., итого — 1788,02 р.

Рост урожайности по рассматриваемым культурам и реализация дополнительной продукции окупает дополнительные затраты и приводит к росту прибыли от реализации в расчете на один гектар. При возделывании озимой пшеницы рост прибыли составил 6135,00 р./га, ярового ячменя — 3550,31 р./га, подсолнечника — 6105,58 р./га и кукурузы на зерно — 8330,61 р./га (табл. 2). Прирост прибыли от реализации продукции растениеводства СПК (колхоз) «Колос» составит 18 193 327,96 р.

На рис. 2 приведены показатели сравнительной эффективности технологий возделывания анализируемых с.-х. культур.

Оценка эффективности капиталовложений представляет собой наиболее ответственный этап в процессе принятия инвестиционного решения по внедрению линии по производству твердого КОУ. От объективности оценки зависят сроки возврата вложенного капитала и темпы развития предприятия. Самыми распространенными показателями оценки эффективности инвестиционных проектов на сегодняшний день являются: чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности (ИД), внутренняя норма доходности (ВНД) и срок окупаемости.

Графический способ расчета срока окупаемости, ЧДД и ВНД при реальном уровне инфляции 8,9 % депозитном проценте, характерном для ОАО «Росагролизинг», ОАО «Россельхозбанк» и любых коммерческих банков представлен на рис. 3–4.

Воспользуемся разработанной автоматизированной информационной системой (АИС) опреде-

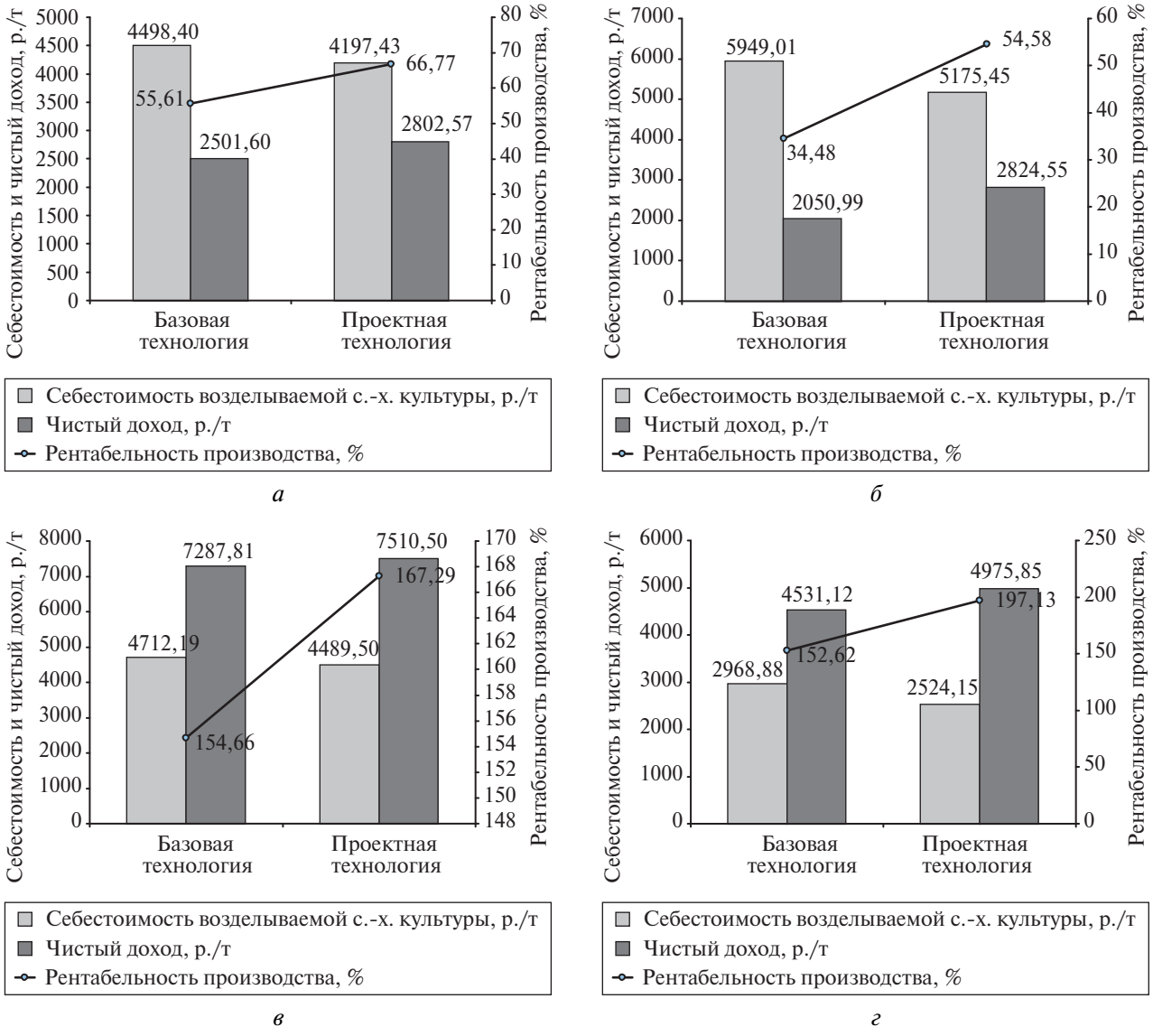


Рис. 2. **Показатели эффективности сравниваемых технологий возделывания:**
а — ярового ячменя; *б* — подсолнечника; *в* — озимой пшеницы; *г* — кукурузы на зерно

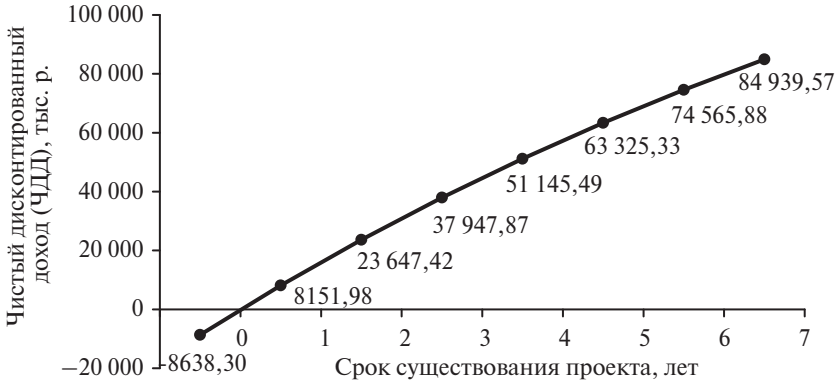


Рис. 3. **Графическое определение срока окупаемости проекта разработки и внедрения линии по производству высококачественных твердых КОУ**

Рис. 4. **Зависимость ЧДД от нормы дисконта капитала**

Таблица 3

Динамические показатели экономической эффективности проекта разработки и внедрения линии по производству твердых КОУ

Показатели	Значение показателей
Дополнительные капиталовложения, тыс. р.	8638,30
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	0,50
Индекс доходности дополнительных капитальных вложений	9,83
Внутренняя норма доходности, %	274,99
Чистый дисконтированный доход при $E = 18{,}0\,\%$, $r = 8{,}9\,\%$, тыс. р.	84 939,57

ления технико-экономических показателей внедрения технологий производства и применения удобрений и определим внутреннюю норму доходности (ВНД), представляющую собой ту норму дисконта $E_{вн}$, при которой величина приведенных эффектов равна приведенным капиталовложениям.

Результаты расчета динамических показателей инвестиционного проекта разработки и внедрения линии по производству высококачественных твердых органических удобрений представлены в табл. 3.

Разработанная и внедренная инновационная технология переработки твердого (подстилочного) навоза КРС (8056 т/год) в концентрированные твердые высококачественные органические удобрения методом ускоренного компостирования позволяет значительно повысить рентабельность отрасли растениеводства в СПК (колхозе) «Колос». При применении твердых КОУ рентабельность производства ярового ячменя повышается на 11,06 % и достигает 66,67 %, подсолнечника — на 12,63 % и достигает 167,29 %, озимой пшеницы — на 20,10 % и достигает 54,58 %, кукурузы на зерно — на 44,51 % и достигает 197,13 %.

Основой высокой рентабельности производства зерновых культур с применением твердых КОУ является активное воздействие находящихся в них центров почвообразования на продукционный слой почвы, что обеспечивает в ней (почве) лабильных форм гумуса.

Мощность разработанной и внедренной линии по производству высококачественных твердых органических удобрений позволяет производить в год 8056 т КОУ, что достаточно для обеспечения удобрениями более 2000 га пашни при дозах внесения 4 т/га. Применение твердого КОУ позволяет существенно повысить эффективность использования минеральных удобрений.

Срок окупаемости дополнительных капвложений линии для производства твердых КОУ составляет 0,5 года при индексе доходности дополнительных капвложений 9,83 % и чистом дисконтированном доходе 84 939,57 тыс. р. (при $E = 18{,}0\,\%$, $r = 8{,}9\,\%$).

Список литературы

1. Назаренко О.Г., Кайдалова Н.В. Мониторинг эффективного плодородия почв СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского района Ростовской области. — п. Рассвет: ФГБОУ ГЦ агрохимической службы «Ростовский», 2012. — 34 с.

2. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Переработка навоза крупного рогатого скота в высококачественные органические удобрения в СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского района Ростовской области: отчет о научно-исследовательской работе по договору № 346 от 5 июня 2013 г. — Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. — 116 с.

Рефераты статей
Brief reports

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
POWER TECHNOLOGY, POWER SUPPLY AND AUTOMATION OF AGRICULTURAL

УДК 631.371:621.31:519.248–192

Н.Н. Сырых, *доктор техн. наук, профессор*
Н.Е. Кабдин, *канд. техн. наук, доцент*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Показано применение метода Монте-Карло при сборе и обработке статистической информации о законах надежности электрооборудования.

Ключевые слова: численный метод, статистическая информация.

N.N. Syrykh, N.E. Kabdin
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

APPLICATION OF MONTE CARLO METHOD IN DETERMINING THE RELIABILITY OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Demonstrates the use of the Monte Carlo method in the collection and processing of statistical information on electrical safety laws.

Key words: numerical method, statistical information.

Сырых Николай Николаевич, Кабдин Николай Егорович, зав. кафедрой, кафедра «Автоматизированный электропривод в сельском хозяйстве».
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 58, тел. (499) 976-30-54.

УДК 621.3.011.6:621.365.46:635.132

И.В. Алтухов, *канд. техн. наук, доцент*
В.Д. Очиров, *ассистент*
С.М. Быкова, *магистрант*
Н.И. Поздеева, *аспирант*
Иркутская государственная сельскохозяйственная академия

ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ

Приведена методика расчета постоянной времени нагрева растений. Произведен расчет постоянной времени нагрева для корнеплодов моркови.

Ключевые слова: сушка, морковь, скорость нагрева, температура нагрева.

I.V. Altukhov, V.D. Ochirov, S.M. Bykova, N.I. Pozdeeva
Irkutsk state agricultural academy

TIME CONSTANT OF CARROT ROOT HEAT

The paper presents the methodology of the time constant of plant heat. The calculation on the time constant of heat for carrot root has been carried out.

Key words: drying, carrot, heat speed, heat temperature.

УДК 551.55, 551.508.5, 551.508.8

М.В. Дюльдин, *ассистент*
А.А. Панфилов, *канд. техн. наук, доцент*
Н.В. Столяров, *инженер*
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕТРОВОГО ПОТОКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Рассматриваются практические способы и современные технологии проведения ветромониторинга для нужд ветроэнергетики, преимущества и недостатки способов проведения натурных измерений скоро-

сти и направления ветрового потока в приземном 200-метровом слое атмосферы в местах непосредственного размещения ветроэлектрических установок.

Ключевые слова: ветромониторинг, скорость ветра, направление ветра, ветроэлектрическая установка, ветроэлектрическая станция.

M.V. Dyuldin, A.A. Panfilov, N.V. Stolyarov
St. Petersburg state polytechnical university

PRACTICAL METHODS OF WIND MEASUREMENTS FOR WIND POWER PLANT DEVELOPMENT

The article considers practical methods of wind measurement for the wind energy needs, advantages and disadvantages of methods of in-situ measurements of wind speed and direction in the 200 m layer of the atmosphere at wind power plants location.

Key words: wind measurement, wind speed, wind direction, wind turbine, wind power plant.

УДК 631.227:628.9

Н.П. Кондратьева, *доктор техн. наук, профессор*
Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

С.А. Баранов, *зам. директора*
Удмуртская птицефабрика, г. Глазов, Удмуртская Республика

Р.Н. Воробьёв, *аспирант*
Е.А. Перевозчиков, *аспирант*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Показаны возможности применения светодиодного освещения в птицеводстве.

Ключевые слова: бройлеры, освещенность, физиологические процессы, развитие птиц.

N.P. Kondratyeva
Izhevsk state agricultural academy

S.A. Baranov
Udmurt Poultry, Glazov, Udmurt Republic

R.N. Vorobev, E.A. Perevozchikov
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

THE POSSIBILITY OF USING LED LIGHTING IN PO

Use of light-emitting diode equipments allows to achieve an additional weights of live weight of chickens-broilers and to lower expenses for the electric power three times.

Key words: broilers, lighting, physiological processes, the development of birds.

УДК 620:9

Е.А. Муравлёва, *аспирантка*
С.П. Рудобашта, *доктор техн. наук*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.И. Горячкина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО ДОМА

Проанализирована интенсивность солнечного излучения и рассчитана площадь солнечного коллектора (СК), необходимая для горячего водоснабжения (ГВС) семьи из 5 чел. в различных регионах России. Рассчитана экономическая эффективность применения систем солнечного горячего водоснабжения. Предложены альтернативные источники ГВС.

Ключевые слова: солнечный коллектор, горячее водоснабжение.

E.A. Muravleva, S.P. Rudobashta
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

EFFICIENCY OF THE USE OF SOLAR RADIATION FOR HOT WATER FARMHOUSE

We've analyzed quantity of solar radiation and calculated the size of solar collectors which is required for hot water supplying system for a family (with 5 people) in different regions on the territory of Russia. We've calculated economic efficiency of hot water system with using solar collectors and offered alternative sources of hot water.

Key words: solar collector, hot water system.

Муравлёва Екатерина Александровна, Рудобашта Станислав Павлович, зав. кафедрой, кафедра «Теплотехника и энергообеспечение предприятий».

127550, Москва, ул. Тимирязевская, 58, тел. (499) 976-15-76.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX

УДК 621.013; 621.928; 622.74.

Ю.Г. Чурин, *канд. техн. наук, доцент*
Костромская государственная сельскохозяйственная академия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НА ДВУХЪЯРУСНЫХ СЕПАРАТОРАХ ВИБРАЦИОННОГО ТИПА

Представлена упрощенная методика определения эффективности процесса разделения сыпучей массы по крупности на двухъярусных сепараторах вибрационного типа.

Ключевые слова: виброгрохот, эффективность грохочения, разделительная (просеивающая) поверхность, двухъярусный сепаратор (виброгрохот).

Yu.G. Churin
Kostroma state agricultural academy

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF SEPARATION BY SIZE OF BULK MATERIALS IN THE BUNK TYPE VIBRATORY SEPARATORS

A simplified method of determining the efficiency of the separation process loose mass by size bunk on a vibration-type separators.

Key words: vibrating screen, screening efficiency, isolation (screening) surface tier separator (shaker).

Чурин Юрий Германович, кафедра «Высшая математика».
156530, Костромская обл., Костромской р-н, п. Караваево, учебный городок, тел. (4942) 65-70-25.

УДК 632.934.1

П.Л. Лекомцев, *доктор техн. наук, профессор*
Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОАЭРОЗОЛЯ НА РАСТЕНИЯХ

Рассмотрены закономерности осаждения электроаэрозоля на растениях в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: электроаэрозоль, коэффициент захвата, глубина проникновения, плотность осаждения.

P.L. Lekomtsev
Izhevsk state agricultural academy

MATHEMATIC MODELING OF ELEKTROAEROZOL DEPOSITION PROCESS ON PLANTS

Regularities of elektroaerozol deposition on plants in greenhouses are regarded.

Key words: elektroaerozol, capture coefficient, penetration depth, the density of deposition.

УДК 502/504:631.347

А.С. Апатенко, *канд. техн. наук, доцент*
Московский государственный университет природообустройства

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ И ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Проведен анализ процессов и причин, влияющих на эффективность эксплуатации технологических машин. Даны рекомендации по повышению эффективности эксплуатации бульдозеров.

Ключевые слова: бульдозер, срок службы, наработка, эффективность эксплуатации.

A.S. Apatenko
Moscow state university of environmental engineering

ANALYSIS OF THE PROCESSES AND REDUCE THE INTENSITY OF EXPLOITATION CAUSES TECHNOLOGICAL MACHINES

The analysis of the processes and factors that influence the efficiency of operation of process machinery. Recommendations to improve the efficiency of operation of bulldozers.

Key words: bulldozer, service life, service life, operational efficiency.

Апатенко Алексей Сергеевич, кафедра «Технологии металлов и ремонта машин».
127550, Москва, ул. Прянишникова, 19, тел. (499) 976-20-18.

УДК 621.31.631.3 (075.8)

Е.М. Заяц, *доктор техн. наук, профессор*
Д.И. Кривовязенко, *ст. преподаватель*
Белорусский государственный аграрный технический университет

А.Д. Чорный
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

Рассмотрена плоская электродная система, токоподводящие поверхности которой разделены мембраной на анодную и катодную области.

Ключевые слова: органические дисперсные гидросистемы, электрообработка, температурное поле.

E.M. Zayatc, D.I. Krivovyazenko
Belarusian state agrarian technical university, Minsk, Belarus

A.D. Chorny
Heat and mass transfer institute of NAS of Belarus

TO THE DETERMINATION OF DEVICE PARAMETERS ELECTROPROCESSING OF ORGANICDISPERSE HYDROSYSTEMS

A plane electrode system, current-carrying surface which separated by a membrane on the anode and cathode area.

Key words: organic particulate hydraulic, electric treatment, the temperature field.

УДК 631.356

Г.К. Рембалович, *канд. техн. наук, доцент*
Р.В. Безносюк, *аспирант*
И.А. Успенский, *доктор техн. наук, профессор*
Рязанский государственный агроинженерный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С ЛОПАСТНЫМ ОТБОЙНЫМ ВАЛИКОМ СЕПАРИРУЮЩЕЙ ГОРКИ

Представлены результаты экспериментальных исследований нового органа вторичной сепарации, включающего продольную пальчатую горку с лопастным отбойным валиком.

Ключевые слова: сепарация, картофелеуборочная машина, орган вторичной сепарации.

G.K. Rembalovich, R.V. Beznosyuk, I.A. Uspenskiy
Ryazan state university agricultural engineering

TEST RESULTS WITH POTATO HARVESTER BLADE PNEUMATIC ROLLER COASTER SEPARATING

The results of experimental studies of a new body of secondary separation, comprising a longitudinal slide palmately lobed with a pneumatic roller.

Key words: separation, Potato digger, organ secondary separation.

УДК 631.311.5

Х.А. Абдулмажидов, *доцент*
Московский государственный университет природообустройства

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОВШЕЙ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЯ

Представлены результаты исследований ковшей каналоочистителя РР-303, разработанного при участии сотрудников кафедры мелиоративных и строительных машин Московского государственного университета природообустройства, определены основные параметры ковшей и пути усовершенствования конструкции рабочего оборудования.

Ключевые слова: параметры осушительных каналов, параметры рабочего органа, продольное движение ковша, рабочий орган — «струг», осушительная система, наносы, заиление в каналах.

Kh.A. Abdulmazhidov
Moscow state university of environmental engineering

JUSTIFICATION GEOMETRICAL PARAMETERS BUCKETS OF CLEANER CHANNEL

The results of studies of buckets of cleaner channel PP-303, developed with the participation of members of the department of reclamation and construction machinery at Moscow state university of environmental engineering and the main parameters of buckets and ways to improve the design of work equipment.

Key words: parameters drainage channels, the parameters of the working body, the longitudinal motion of the bucket, a drainage system, sediments and siltation in the channels.

Абдулмажидов Хамзат Арсланбекович, кафедра «Мелиоративные и строительные машины».
127550, Москва, ул. Прянишникова, 19, тел. (499) 976-22-22.

УДК 621.1.001.57

Р.Д. Адакин, *ст. преподаватель*
О.Г. Несиоловский, *канд. техн. наук, профессор*
Ярославская государственная сельскохозяйственная академия

ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ

Показан опыт разработки и испытаний теплогенераторов малой мощности.

Ключевые слова: генератор малой мощности, теплоносители, перекрестный ток, рекуперативный характер устройства.

R.D. Adakin, O.G. Nesiolovskiy
Yaroslavl state academy of agriculture

TEPLOGENERATORY LOW POWER. EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND TESTING

The experience of developing and testing low-power heat sources.

Key words: small power generator, heat carriers, cross-current, regenerative nature of the device.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ
TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURAL COMPLEX

УДК 006.91

О.А. Леонов, *доктор техн. наук, профессор*
Г.Н. Бондарева, *доктор техн. наук, доцент*
Н.Ж. Шкаруба, *канд. техн. наук, доцент*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рассмотрены международные и национальные нормативные основы оценки качества точности методов и результатов измерений. Обоснована необходимость разработки специальной методики оценки качества измерительных процессов для ремонтного производства.

Ключевые слова: качество измерений; правильность измерений, прецизиозность метода измерений.

O.A. Leonov, G.N. Bondareva, N.Zh. Shkaruba
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

ASSESSMENT OF THE QUALITY MEASUREMENT PROCESSES IN REPAIR PRODUCTION

Examined international and national regulatory framework for the assessment of quality precision measurement methods and results. The necessity to develop a special methodology for assessing the quality of the measurement processes for repair production.

Key words: quality measurements; correct measurements pretsizioznost measurement method.

УДК 621.629.3; 669.54.793

С.К. Тойгамбаев, *канд. техн. наук, профессор*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

П.В. Голиницкий, *аспирант*
Московский государственный университет природообустройства

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ ОБЖАТИИ

Приведена схема установки для проведения обжатия; произведен размерный анализ экспериментальных данных; рассмотрены изменения размеров подшипников скольжения при пластической деформации.

Ключевые слова: подшипники скольжения, обжатие, упругопластическая деформация, пластическая деформация.

S.K. Toigambaev
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

P.V. Golinitskiy
Moscow state university of environmental engineering

THE DIMENSIONAL ANALYSIS OF BEARINGS OF SLIDING AT SWAGING

In given clause the scheme of installation for carrying out swaging is resulted. The dimensional analysis of experimental data is made. Changes of the sizes of bearings of sliding are considered at plastic deformation.

Key words: bearings of sliding, swaging, elastoplastic deformation, plastic deformation.

Тойгамбаев Серик Кокибаевич, кафедра «Тракторы и автомобили».
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 58, тел. (499) 977-23-77.
Голиницкий Павел Васильевич, кафедра «Технология металлов и ремонт машин».
127550, Москва, ул. Прянишникова, 19, тел. (499) 976-.

УДК 621.8

О.Г. Кокорева, *канд. техн. наук, доцент*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ УПРОЧНЕНИИ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Представлены результаты исследования напряженного состояния поверхностного слоя тяжелонагруженных деталей при упрочнении статико-импульсной обработкой.

Ключевые слова: статико-импульсная обработка, напряженное состояние, тяжелонагруженная поверхности деталей машин, контактные напряжения, деформация, нормальное и касательное напряжение, индентор, упрочнение.

O.G. Kokoreva
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

INVESTIGATION OF THE STRESS STATE OF THE SURFACE LAYER OF HEAVY-DUTY PARTS IN STATIC-PULSED HARDENING TREATMENT

The results of the study stress state of the surface layer of heavy-duty parts in static-hardening treatment pulse.

Key words: static-pulse treatment, stress state, heavily loaded surfaces of machine parts, contact stress, strain, normal and shear stress, the indenter, hardening.

Кокорева Ольга Григорьевна, кафедра «Сопротивление материалов и детали машин».
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 58, тел. (499) 976-38-37 доб. 288.

УДК 631.372:621.825.6:681.2

А.В. Ефимцев, *аспирант*
А.Г. Пастухов, *доктор техн. наук, профессор*
Белгородская государственная сельскохозяйственная академия

ПРИБОР И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА В КАРДАННЫХ ШАРНИРАХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТРАКТОРОВ

Описывается прибор и методика для замера радиального зазора в карданных шарнирах тракторов John Deere. Прибор позволяет оценить техническое состояние подшипниковых узлов.

Ключевые слова: радиальный зазор, методика, динамометрический ключ, измерительное усилие, прибор.

A.V. Yefimtsev, A.G. Pastukhov
Belgorod state agricultural academy

APPARATUS AND METHOD FOR MEASURING THE RADIAL CLEARANCE IN FOREIGN TRACTOR CARDAN JOINTS

In article the device and a technique for gaping of a radial backlash in cardan hinges of tractors John Deere is described. The device allows to estimate a technical condition bearing knots.

Key words: a radial backlash, a technique, dynamometer a key, measuring effort, the device.

УДК 621.43

В.А. Коченов, *канд. техн. наук, доцент*
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ ОТКАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Определено раздельное влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на особенности износа сопряжений и деталей двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, преждевременный отказ.

V.A. Kochenov
Nizhny novgorod state agricultural academy

IDENTIFYING THE CAUSES PREMATURE FAILURE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Separate determination of the influence of design, technological and operational factors on the characteristics of wear interfaces and components of internal combustion engines.

Key words: internal combustion engine, premature failure.

УДК 621.432

Р.А. Зейнетдинов, *канд. техн. наук, доцент*
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДОПУСКОВ НА ДИАГНОСТИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЕЙ

Рассмотрена через информационную энтропию взаимосвязь между вероятностным состоянием форсунки и тепловыделением внутри цилиндра поршневого двигателя.

Ключевые слова: энтропия, диагностический параметр, топливная система, форсунка, техническое состояние

R.A. Zeynetdinov
St.-Petersburg state agrarian university

THE INFORMATION APPROACH TO A SUBSTANTIATION OF OPTIMUM VALUES OF ADMISSIONS ON THE DIAGNOSED PARAMETERS OF FUEL SYSTEM OF DIESEL ENGINES

The interrelation between the likelihood Is considered through information entropy condition of an atomizer and thermal emission in the cylinder of the piston engine. On a basis principle of a minimum of information entropy the technique of optimization of admissions on diagnostic parameters of fuel system of a diesel engine is offered.

Key words: Entropy, diagnostic parameter, fuel system, an atomizer, a technical condition

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ PROBLEMS OF THE THEORY AND PRACTICE OF USE OF RESOURCES

УДК 631.24:635 (470.311)

Ю.В. Чутчева, *доктор экон. наук*
Д.И. Полевой, *соискатель*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ ОВОЩЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты научных исследований по вопросу оптимального размещения распределительных центров овощеводческой продукции на основе метода определения центра тяжести грузов применительно к Московской области.

Ключевые слова: распределительный центр, сельское хозяйство, овощеводство, метод определения центра тяжести грузопотоков.

Yu.V. Chutcheva, D.I. Polevoy
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

JUSTIFICATION ORGANIZE DISTRIBUTION CENTERS USING VEGETABLE-GROWING PRODUCTION LOGISTICS APPROACHES THE EXAMPLE OF MOSCOW REGION

The results of scientific studies on the optimal placement of distribution centers vegetable-growing products on the basis of determining the center of gravity of the load applied to the Moscow region.

Key words: distribution center, agriculture, horticulture, method of determining the center of gravity flows.

УДК 631.86:631.15

Л.С. Качанова, *канд. техн. наук, доцент*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

М.В. Вуколов, *доцент*
Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИЯХ АПК

Разработана экономико-математическая матричная модель применения системы удобрений с блочным расположением информации.

Ключевые слова: биологическое земледелие, минеральное удобрение, органическое удобрение, гумус, экономико-математическая модель, система удобрений, критерий оптимальности, дополнительный чистый доход.

L.S. Kachanova
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

M.V. Vukolov
Russian state agrarian university — Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING OF FERTILIZER APPLICATION IN ORGANIZATIONS AIC

The economic-mathematical matrix model fertilizer application system with block location information.

Key words: biological farming, fertilizer, organic fertilizer, humus, economic and mathematical model, the system of fertilizer, optimality criterion, the additional net income.

УДК 631.171/.173.003.12

Н.И. Селезнёва, *ст. преподаватель*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Анализируется существующая методика оценки технико-экономического уровня технологического оборудования. Обоснована необходимость совершенствования данной методики. Предложены новые показатели и метод их расчета.

Ключевые слова: технико-экономические показатели, оценка технологического оборудования, методика оценки, потери, обработка деталей.

N.I. Selezneva
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

THEORETICAL RESEARCHES IN THE FIELD OF THE ASSESSMENT OF TECHNICAL AND ECONOMIC LEVEL OF PROCESSING EQUIPMENT

In article the analysis of the existing methodology for estimation the technical and economic level of technological equipment. The necessity of improvement of this methodology is reasonable. New indexes and method of their calculation are offered.

Key words: technical and economic indexes, estimation of technological equipment, methodology of estimation, loss, treatment of details.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ
EFFICIENCY OF USE OF RESOURCES

УДК 681.142.1.001.57

Е.В. Худякова, *доктор экон. наук, профессор*
Н.А. Блакитная, *ассистент*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СРЕДЕ ANYLOGIC КАК МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ АПК

Описывается процесс разработки имитационной модели бизнес-процесса переработки молока на молокоперерабатывающем комбинате, представлена схема процесса, имитационная модель, результаты ее прогона и предложения производству по рационализации процессов, рассчитан эффект от внедрения предлагаемых мероприятий.

Ключевые слова: имитационное моделирование процессов, системы массового обслуживания, бизнес-процессы на предприятиях АПК, молокоперерабатывающие предприятия.

Ye.V. Khudyakova, N.A. Blakitnaya
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

SIMULATION MODELING OF QUEUING SYSTEMS IN ANYLOGIC ENVIRONMENT AS A METHOD OF IMPROVING BUSINESS PROCESSES IN THE ENTERPRISE AGRIBUSINESS

Describes the process of developing a simulation model of the business process in dairy milk processing plant, is a diagram of a process simulation model, the results of its run and suggestions to streamline production processes, calculated the effect of the implementation of the proposed activities.

Key words: simulation processes, queuing systems, business processes in the agriculture, milk processing enterprises.

УДК 338.49

А.М. Гатаулин, *чл.-корр. РАСХН, доктор экон. наук, профессор*
Н.В. Карпузова, *аспирантка*
Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

СИСТЕМА БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Представлены методические и практические результаты исследования проблемы оценки уровня зрелости информационной инфраструктуры АПК региона: предложена авторская система балльной оценки факторов уровня зрелости; представлены результаты использования предложенной системы при оценке уровня зрелости информационной инфраструктуры АПК регионального и районного уровней.

Ключевые слова: информационная инфраструктура, информатизация, модели уровня зрелости информационной инфраструктуры, формализация модели, система балльной оценки.

A.M. Gataulin, N.V. Karpuzova
Russian state agrarian university — Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev

SCORING SYSTEM FOR EVALUATION OF INFORMATION INFRASTRUCTURE MATURITY LEVEL

The article presents a methodological and practical results of the research problems of assessment of the maturity level of the information infrastructure of the agroindustrial complex: adduces the authors' scoring system for evaluation of maturity level; presents the results of using the proposed system when assessing the maturity level of informational infrastructure AIC regional and district levels.

Key words: information infrastructure, informatization, models of information infrastructure maturity level, formalization of a model, evaluation scoring system.

УДК (631.15:338.43)+631.3.004.67.003.13

О.А. Леонов, *доктор техн. наук, профессор*
Н.Ж. Шкаруба, *канд. техн. наук, доцент*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТРАТ И ПОТЕРЬ ПРИ КОНТРОЛЕ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Разработана и апробирована комплексная методика выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники, включающая в себя методику определения затрат на измерения и потерь из-за наличия погрешности измерений, а также методику расчета экономической эффективности применения более точного средства измерений.

Ключевые слова: комплексная методика выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники.

O.A. Leonov, N.Zh. Shkaruba
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

STUDY COSTS AND LOSSES IN THE CONTROL CRANKSHAFT JOURNALS UNDER REPAIR PRODUCTION

Developed and tested a complex method of choice of the means of a change of rhenium linear dimensions at repair of agricultural machinery, including a technique of definition of cost measurement and losses due to interbeing of the measurement error and methods of calculation of economic efficiency of application of a more accurate means of measurement.

Key words: complex methodology for the selection of measuring linear dimensions in the repair of agricultural machinery.

УДК 339.13:637.1:631.153 «405»

М.А. Романюк, *канд. экон. наук*
К.П. Личко, *доктор экон. наук*
Е.Ю. Насекина, *ассистент*
Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ РЫНКА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Предложены методики стратегического анализа рынка молока в РФ, отличительными особенностями которых являются: отраслевой анализ производителей молока учитывает региональный аспект и государственную поддержку, методика анализа развития рынка сырого молока связана с отраслевым анализом

и учитывает макроэкономические показатели, методика стратегического анализа рынка переработанного молока различается по крупным сегментным группам.

Ключевые слова: анализ рынка молока, структура производства молока по категориям хозяйств, структура импорта молока в Россию, конкурентный анализ в молокоперерабатывающей отрасли, потребление молочной продукции, особенности крупных переработчиков молока, стратегические группы, стратегический анализ, система показателей стратегического анализа.

M.A. Romanyuk, K.P. Lichko, E.Yu. Nasekina
Russian state agrarian university — Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev

FEATURES OF STRATEGIC ANALYSIS OF MILK MARKET DEVELOPMENT

In the article suggest the methods of strategic analysis of the milk market in the Russian Federation, the distinguishing features of which are: industry analysis of milk producers take into account a regional aspect and state support, the methodology of analysis of raw milk market associated with the industry analysis and takes into account the macroeconomic indicators, methods of strategic analysis of the market of processed milk varies by a large segment groups.

Key words: analysis of the milk market, the structure of milk production by type of farms, structure of milk import to Russia, competitive analysis of the milk processing industry, the consumption of milk product, features of the major milk processors, strategic groups, strategic analysis, complex of indicator of strategic analysis.

УДК 631.86:631.15

Л.С. Качанова, *канд. техн. наук, доцент*
Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

А.М. Бондаренко, *доктор техн. наук, профессор*
Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОГО НАВОЗА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Обоснована и разработана ресурсосберегающая технология производства высококачественных органических удобрений на основе твердого (подстилосного) навоза КРС, обеспечивающая повышение почвенного плодородия, рентабельности возделываемых с.-х. культур и улучшения экологической обстановки в условиях СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского района Ростовской области.

Ключевые слова: твердый (подстилочный) навоз, органическое удобрение, ресурсосберегающая технология, концентрированные органические удобрения, рентабельность производства, чистый дисконтированный доход, индекс доходности, внутренняя норма доходности, срок окупаемости.

L.S. Kachanova
Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin

A.M. Bondarenko
Azov-Black sea state agroengineering academy

FEASIBILITY STUDY OF SOLID MANURE HANDLING SYSTEMS OF LIVESTOCK ENTERPRISES IN HIGH-QUALITY ORGANIC FERTILIZERS AND THEIR USE IN PLANT

Founded and developed an alternative technology for the production of high quality organic fertilizers based on solid (podstilosnogo) cattle manure, providing increase soil fertility of cultivated agricultural profitability cultures and environmental improvement in the conditions of SEC (collective farm) «Kolos» Matveyev Kurgan district of Rostov region.

Key words: solid (litter) manure, organic fertilizer, alternative technology, concentrated organic fertilizers, profitability, net present value, profitability index, internal rate of return, payback period.

Научный журнал

ВЕСТНИК
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Выпуск 2(58)

Под редакцией Т.Б. Лещинской, О.А. Леонова, С.П. Казанцева, Ю.А. Конкина, В.Т. Водянникова

Индекс издания в каталоге агентства «Пресса России» — 42252

Редактор *Г.А. Кунахович*

Набор *В.И. Левина*

Верстка *Д.Н. Сахаров*

Подписано в печать 25.09.2013.
Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 11,2.
Тираж 300 экз. Заказ № 937.
Цена подписная.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

Отпечатано в издательском центре ФГБОУ ВПО МГАУ
Адрес: 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 58. Тел. (499) 976-0264. E-mail: t_sams@mail.ru